



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UNA RED PARA DAR SERVICIOS
DE TRÁFICO DE TELECOMUNICACIONES”**

TESINA DE SEMINARIO

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Presentada por:

PETER RAUL HIDALGO CEDEÑO
ROBERTO CARLOS GUZMAN BUSTAMANTE

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2011

AGRADECIMIENTO

A DIOS, a mis padres, a mi hijo, a mi esposa y hermanas, que siempre me han apoyado de forma incondicional para ampliar mis conocimientos y lograr mis metas profesionales. A todos mil gracias y que Dios los bendiga.

Peter Hidalgo

Agradezco a mis Padres y Hermanos por haberme enseñado a ser constante y perseverante en la vida, teniendo siempre presente la honestidad y los valores. A Dios, por haberme dado a mi esposa y mi hija que son mis razones para buscar siempre la felicidad.

Roberto Guzmán

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, principalmente a mi Papá que lo llevaré por siempre en mi memoria por haber sido el pilar fundamental en mi vida.

Peter Hidalgo

Dedico este trabajo a toda mi familia, principalmente a mi hermano mayor, por ser la mano derecha de mis padres y cuidarme siempre.

Roberto Guzmán

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Héctor Fiallos
PROFESOR DE SEMINARIO

Dr. Boris Ramos
DELEGADO DEL DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Peter Hidalgo C.

Mat. No. 200211506

Roberto Guzmán B.

Mat. No. 200002285

RESUMEN

Este documento el cual está dividido en tres capítulos tiene como objetivo indicar a través de un informe técnico la infraestructura de hardware que tanto personas o empresas deben considerar, para dar servicios de enlaces de telecomunicaciones a terceros, que tienen como fundamento teórico el sistema de transmisión SDH y Redes Metro Ethernet.

En el capítulo I, se describe una introducción teórica de un sistema de transmisión SDH, donde se podrá observar, la estructura de las tramas, esquemas de multiplexación, protecciones de la Red, entre otros. En el capítulo II, se describe una introducción teórica de un sistema de Redes Metro Ethernet y sus desafíos para dar servicios de tecnología TDMoIP.

Finalmente en el Capítulo III se presenta el informe técnico de un proyecto, dividido en dos partes, en donde se detalla el proceso técnico a seguir para la implementación de los servicios descritos, sus costos y un listado de conclusiones y recomendaciones generales.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ABREVIATURAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
INTRODUCCIÓN	XVIII
1. CAPITULO I FUNDAMENTO TEÓRICO DEL SISTEMA DE TECNOLOGÍA SDH	1
1.1 Jerarquía Digital Síncrona - SDH	2
1.1.1 Características de una red SDH	3
1.1.2 Capas o niveles SDH	5
1.1.3 Velocidades binarias jerárquicas	6
1.1.3.1 Estructura de la trama STM-1	7
1.1.4 Estructura de multiplexación SDH	9
1.1.5 Esquema de multiplexación ETSI	10
1.1.6 Componentes de una red SDH	11
1.1.7 Sincronización en redes SDH	12
1.1.7.1 Condiciones de operación del reloj	13
1.1.7.2 Métodos de sincronización	13
1.1.7.3 Niveles de sincronismo en la red SDH [8] [9]	14
1.1.8. SDH de nueva generación	15
1.1.9 Arquitecturas de protección	17

1.1.10 Topologías de red SDH	19
2. CAPITULO 2 REDES METRO ETHERNET (TDM Y SU CONVERGENCIA A REDES IP/ETHERNET).....	22
2.1. Características de la red Metro Ethernet.....	22
2.2. Descripción del servicio Metropolitano Ethernet.....	23
2.3. Características en el switch de la red Metro Ethernet	24
2.4. TDMoIP y su funcionamiento	26
2.4.1. Ancho de banda y retardo de paquetización	27
2.4.2 Ancho de banda Vs Retardo de paquetización.....	27
3. CAPITULO 3 INFORME TÉCNICO Y ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UNA RED SDH PARA DAR SERVICIOS DE 3 STM-1 Y DE UNA RED METROETHERNET PARA DAR SERVICIOS TDMOIP DE 10 E1 CLEAR CHANNEL.	29
3.1 Flujograma de la simulación.....	32
3.2 Análisis de una infraestructura para brindar un servicio a una empresa de telefonía celular con el fin de que transmita sus canales de voz entre Guayaquil y Quito.....	33
3.2.1 Descripción del diseño y consideraciones.	33
3.2.2 Implementación de la infraestructura de una red SDH	33
3.2.2.1 Selección de la ruta	33
3.2.2.2 Tipo de fibra óptica.....	35
3.2.3 Simulación de ambiente y pruebas de laboratorio	39
3.2.3.1 Configuración de equipos con tarjetas y servicios.....	45
3.2.4 Mediciones y resultados	85
3.2.4.1 Medición de potencia.....	85
3.2.4.2 Cálculo de distancia entre los nodos	87
3.2.5 Costo de implementación del proyecto.....	96

3.3	ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA PARA DAR SERVICIO DE 10 E1 CLEAR CHANNEL CON SALIDA AL NAP DE LAS AMÉRICAS POR TRANSNEXA PARA UN CALL CENTER UBICADO EN LA CIUDAD DE CUENCA CON TECNOLOGÍA TDMoIP.	97
3.3.1	Descripción del diseño y consideraciones	97
3.3.2	Implementación de la infraestructura de una red Metro Ethernet para brindar servicios de TDM o TDMoIP con equipos activos bajo la red SDH	98
3.3.2.1	Selección de la ruta	98
3.3.3	Simulación de ambiente y pruebas del laboratorio	100
3.3.4	Costo de implementación de la segunda parte del proyecto	110
3.4	Descripción detallada de los costos	111

Conclusiones y Recomendaciones

Anexo 1 Glosario

Anexo 2 Cables submarinos de Fibra Óptica

Anexo 3 Descripción de los equipos utilizados en el proyecto

Bibliografía

ABREVIATURAS

Abreviaturas	En Inglés	En Español
ADM	Add/Drop Multiplexer	Multiplexor de extracción-inserción
ANSI	American National Standards Institute	Instituto Nacional de Estándares Americanos.
APS	Automatic Protection Switching	Conmutación Automática de Protección
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Modo de transferencia asíncrona
AU	Administrative Unit	Unidad Administrativa
AUG	Administrative Unit Group	Grupo de Unidad Administrativa
B-ISDN	Broadband ISDN	Ancho de Banda ISDN
Bps	Bits per second	Bits por segundo
C	Container	Contenedor
CE	Customer Equipment	Equipo del Cliente
CSN	Circuit Switching Network	Red Conmutada de Circuito
DXC	Digital Cross Connect	Cross-Conectores Digitales
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones
Gbps	Giga Bits per second	Giga Bits por segundo
GFP	Generic Framing Procedure	Procedimiento Genérico de Tramado
GPS	Global Positioning System	Sistema de Posicionamiento Global
IP	Internet Protocol	Protocolo de Internet
IPTv	Internet Protocol Televisión	Protocolo de internet para televisión
IRU	Indefeasible Rights of Use	Derecho Irrevocable de Uso
ISDN	Integrated service digital network	(RDSI) Red digital de servicios integrados
ISP	Internet Service Provider	Proveedor de servicios de internet
ITU	International telecommunication unit	Unidad internacional de telecomunicaciones
LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme	Esquema de ajuste de capacidad del enlace
LNC	Local Node Clock	Reloj de Nolo Local
LOS	Loss Of Signal	Perdida de señal
LTM	Line Terminal Multiplexer	Multiplexador Terminal de Línea
MEF	Metro Ethernet Forum	Congreso Sobre Metro Ethernet
MMR	Meet Me Room	Cuarto de Conexiones
MSP	Multi-Section Protection	Protección de Multi-Sección
MSOH	Multiplex Section Overhead	Tara de Sección de Multiplexación
MSTP	Multiservice Transport Platform	Plataforma de Transporte de Multiservicios.

NNI	Network to network interface	Interface de red a red
NAP	Node Access Point	Punto de Acceso al Nodo
NE	Network Element	Elemento de la Red
PABX	Private Automatic Branch Exchange	Ramal Privado de Conmutación Automático
PCM	Pulse Code Modulation	Modulación por Impulsos Codificados
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Plesiócrono
PDV	Packet Delay Variation	Variación de retardo de paquetes
POH	Path Overhead	Tara de Trayectoria
PPP	Point to Point Procol	Protocolo punto a punto
PRC	Primary Reference Clock	Reloj Principal de Referencia
PSN	Packet Switching Network	Red Conmutada de Paquetes
PSTN	Public switched telephone network	Red telefónica conmutada
PTE	Path Termination Element	Elemento de Fin de Ruta
PTR	Pointer	Puntero
RSOH	Regeneration Section Overhead	Tara de sección de Regeneración
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Síncrona
SETS	Synchronous Equipment Timing Source	Fuente de Temporización de Equipo Sincrónico
SNCP	Sub-Network Connection Protection	Conexión de Protección para Subredes
SOH	Section Overhead	Tara de Sección
SONET	Synchronous Optical Network	Red Sincrónica Óptica
STM	Synchronous transfer mode	Modo de transferencia síncrona
STP	Spanning Tree Protocol	Protocolo de Árbol Expandible
TDM	Time division multiplexing	Multiplexación por división de tiempo
TDMoIP	TDM over IP	Multiplexación por división del tiempo sobre Protocolo de Internet
TNC	Transit Node Clock	Reloj de Nodo de Tránsito
TU	Tributary Unit	Unidad Tributaria
TUG	Tributary Unit Group	Grupo de Unidades Tributarias
VC	Virtual Container	Contenedor Virtual
VCAT	Virtual Concatenation	Concatenación Virtual
VLAN	Virtual Lan	Red de Área Local Virtual
VoIP	Voice over IP	Voz sobre IP

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1.1 Modelo de capas SDH	6
Figura 1.2 Estructura de la Trama STM-1	8
Figura 1.3 Esquema de Multiplexación ETSI	10
Figura 1.4 Componentes de una Red SDH	11
Figura 1.5 Esquema de Protección MSP	18
Figura 1.6 Esquema de Protección SNCP	19
Figura 1.7 Topología Punto a Punto	19
Figura 1.8 Topología Punto a Multipunto	20
Figura 1.9 Topología en Anillo	20
Figura 1.10 Topología Estrella/Hub/Mallada	21

Capítulo 2

Figura 2.1 Red Metropolitana y sus elementos.....	23
Figura 2.2 Ejemplo interconexión de tres switches con 802.1d.....	26
Figura 2.3 Transmisión TDMoIP	28

Capítulo 3

Figura 3.1 Diseño de la primera parte del proyecto	30
Figura 3.2 Diseño de la segunda parte del proyecto.....	31
Figura 3.3 Recorrido de la Fibra Óptica entre Guayaquil y Quito.....	34
Figura 3.4 Fibra Óptica para Ductos Monomodo	39
Figura 3.5 Distribución de los equipos activos en el laboratorio de telecomunicaciones	40
Figura 3.6 Etiquetas de nodos de cada uno de los Racks	41
Figura 3.7 Componentes de cada uno de los Racks en cada nodo.....	42
Figura 3.8 Equipos AC/DC Converter y PDP (Power Distribution Panel).....	42
Figura 3.9 Distribución de tarjetas en el equipo HUAWEI OSN 1500	43

Figura 3.10 Equipos de tipo ROUTER HUAWEI Quidway AR18-21 y HUAWEI Quidway AR28-30	44
Figura 3.11 Servidor de Administración	45
Figura 3.12 Inicializando T2000 Server	46
Figura 3.13 Ingresando al T2000 Server	46
Figura 3.14 Verificación de Servicios Recomendados	47
Figura 3.15 Inicializando el T2000 Client	48
Figura 3.16 Creando el Network Element	49
Figura 3.17 Parámetros de los Network Elements	50
Figura 3.18 Network Element ya creado	51
Figura 3.19 Creando el NE2 en la red	52
Figura 3.20 Figura que muestra los 3 “Network Elements” creados	53
Figura 3.21 Conectividad entre los 3 Nodos	53
Figura 3.22 Creando conexiones entre Nodos.....	54
Figura 3.23 Eligiendo Parámetros de la conexión.....	55
Figura 3.24 Vista de Tarjetas Mínimas requeridas en el equipo OSN 1500.....	56
Figura 3.25 Vista de Tarjetas instaladas en el equipo OSN 1500	57
Figura 3.26 Verificando la conexión configurada	58
Figura 3.27 Eligiendo el SUBRACK a Seleccionar	59
Figura 3.28 Configurando los parámetros de la conexión entre los Nodos	60
Figura 3.29 Conexiones realizadas entre los 3 Nodos.....	60
Figura 3.30 Creando las protecciones entre los Nodos	61
Figura 3.31 Eligiendo el Tipo de Protección entre los nodos	62
Figura 3.32 Configuración de los Parámetros de las Protecciones.....	63
Figura 3.33 Vista de las Rutas creadas por las Protecciones	64
Figura 3.34 Configuración exitosa de las Protecciones	65
Figura 3.35 Creación de los Servicios en la Red	66

Figura 3.36 Elección de la tarjeta para el Servicio deseado	67
Figura 3.37 Configuración de Parámetros del Servicio	68
Figura 3.38 Elección de la tarjeta para dar el Servicio	69
Figura 3.39 Paso para configurar la parte de Datos en el NE3	70
Figura 3.40 Configurando los parámetros del Internal Port.....	71
Figura 3.41 Configurando los parámetros del Bound Path	72
Figura 3.42 Configurando los Parámetros del External Port	73
Figura 3.43 Configurando la Sincronización en NE3	74
Figura 3.44 Seleccionando Clock Source Priority	75
Figura 3.45 Configurando la opción Clock Source Switching en NE3.....	76
Figura 3.46 Configurando la Prioridad del Clock en el NE3	77
Figura 3.47 Eligiendo las clases de Clock y dándole prioridad en el Nodo NE2	78
Figura 3.48 Eligiendo las clases de Clock y dándole prioridad en el Nodo NE1	79
Figura 3.49 Configurando los Parámetros del OrderWire	80
Figura 3.50 Configurando los Puertos Agregados para Call Conference.....	81
Figura 3.51 Pantalla que muestra el servicio habilitado GIGABIT Ethernet del NE2.....	82
Figura 3.52 Pantalla que muestra el servicio GIGABIT Ethernet del NE3.....	83
Figura 3.53 Conectividad entre los equipos NE3 y NE2	84
Figura 3.54 Medición de Potencia con el Power Meter	86
Figura 3.55 Anillo Guayaquil – Quito- Cuenca	99
Figura 3.56 IPMUX8 y Switch Cisco 3550	100
Figura 3.57 IPMUX11 – IPMUX1	101
Figura 3.58 Ambiente de Laboratorio proyecto parte B: TDMoIP.....	102
Figura 3.59 Conectividad entre los IPMUX	104
Figura 3.60 Pantalla de “BUNDLE CONNECTION CONFIGURATION” del IPMUX-8	105
Figura 3.61 Resumen de configuración del IPMUX-8 con IP 172.21.0.106	105
Figura 3.62 Pantalla de “E1/T1 CONFIGURATION” del IPMUX-1	106

Figura 3.63 Pantalla de “BUNDLE CONNECTION CONFIGURATION” del IPMUX-1	107
Figura 3.64 Pantalla de “Log In” del IPMUX-11 con IP 172.21.0.110.....	108
Figura 3.65 Pantalla de “BUNDLE CONNECTION CONFIGURATION” del IPMUX-11	109

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1 Velocidades Binarias Jerárquicas SDH ^[2]	6
---	---

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1 Distancia de la Fibra Óptica Guayaquil - Quito [14]	34
Tabla 3.2 Características de la Fibra Monomodo ITU-T G.655 [15].....	36
Tabla 3.3 Comparación de la Fibra Óptica de 12 hilos entre 3 fabricantes	37
Tabla 3.4 Valores de Potencia del NE-1	86
Tabla 3.5 Valores de Potencia del NE-2	87
Tabla 3.6 Valores de Potencia del NE-3	87
Tabla 3.7 Características de las tarjetas SLD4	88
Tabla 3.8 Resumen de Datos Calculados.....	95
Tabla 3.9 Matriz de Servicios STM-1 de la primera parte del proyecto.....	96
Tabla 3.10 Matriz de Servicios E1 de la segunda parte del proyecto.....	96
Tabla 3.11 Costos de Implementación de la primera parte del Proyecto	97
Tabla 3.12 Recorrido de la Fibra entre Gye - Cuenca ^[14]	98
Tabla 3.13 Recorrido de la Fibra Cuenca – Quito ^[14]	99
Tabla 3.14 Puertos Utilizados en el Switch 3550	102
Tabla 3.15 Configuración IP de los IPMUX.....	103
Tabla 3.16 Costos de Implementación del proyecto	110
Tabla 3.17 Costos de Implementación de la Fibra entre Guayaquil - Quito	111
Tabla 3.18 Costos de Implementación de la Fibra entre Guayaquil - Cuenca	112
Tabla 3.19 Costos de Implementación de la Fibra entre Cuenca - Quito	112
Tabla 3.20 Costo de implementación de Nodo Principal ^[19]	113
Tabla 3.21 Costo de implementación de Nodo Secundario ^[19]	114

Tabla 3.22 Costo de Equipamiento TDMoIP.....	115
Tabla 3.23 Costos Mensuales por alquiler del servicio de 3 STM-1.....	115
Tabla 3.24 Costos Mensuales por alquiler del servicio de 10 E1	116

INTRODUCCIÓN

El proyecto que se analiza en el presente informe técnico, el cual se incluye en el capítulo 3, tiene como fundamento teórico el sistema de transmisión SDH y las redes Metro Ethernet. La primera parte del proyecto, tiene como objetivo describir los componentes de infraestructura de telecomunicaciones que debe considerar una empresa para brindar servicios de 3 STM-1 a una empresa de telefonía celular, para que esta pueda aumentar la transmisión de sus canales voz entre las ciudades de Guayaquil y Quito, a través de un sistema de transmisión SDH.

La Segunda Parte, tiene como objetivo describir los componentes de infraestructura que se deben considerar por una empresa para brindar servicios de 10 E1 Clear Channel a un CALL CENTER que está ubicado en la ciudad de Cuenca, para que a su vez ésta brinde servicios integrados de comunicaciones a través de una conexión TDM pura o TDMoIP (Redes Metro Ethernet) por el NAP de las Américas, con un SLA (Service Level Agreement) del 99,5%.

CAPITULO I

1. FUNDAMENTO TEÓRICO DEL SISTEMA DE TECNOLOGÍA SDH

Ante la evidente demanda en el mundo por tener sistemas de comunicaciones más flexibles y rápidos, apoyados en la constante evolución tecnológica del sector de telecomunicaciones, que son liderados por las potencias mundiales actuales como EEUU, La Comunidad Europea y Países Asiáticos como Japón y China, aproximadamente a finales de los años 80's del siglo pasado, EEUU logró desarrollar un sistema de comunicaciones llamado "SONET" o "ANSI T1 X1". Dentro de esa misma década "SONET" fue renombrado como SDH por el comité de normalización de las telecomunicaciones, que es parte de un organismo internacional cuyo nombre es la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), este comité en la actualidad es conocido como UIT-T.

En su aparición, el sistema de transmisión SDH debía convivir con el sistema vigente hasta ese momento conocido como PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy). Debido a esto la ITU-T normalizó el proceso de transportar las antiguas tramas en la nueva a través de los estándares G.707, G.708 y G.709. La trama básica de SDH es el STM-1

(Synchronous Transport Module level 1), con una velocidad de 155 Mbps.

La misión de SDH es transportar y gestionar grandes cantidades de diferentes tipos de tráfico sobre una infraestructura física, que en la actualidad es basada en redes de Fibra Óptica de banda ancha, sobre las cuales el sistema de transmisión permite la integración de servicios de voz, datos y video a nivel de transmisión.

1.1 Jerarquía Digital Síncrona - SDH

SDH ofrece dos beneficios principales: Es flexible, ya que permite configurar nodos en una red y aumenta las posibilidades de administración tanto del tráfico como de los elementos de la red. Algunas de las características de SDH son:

Auto-Reparable: re-enrutamiento automático del tráfico sin interrupción del servicio.

Servicios/demanda: rápida provisión de servicios punto a punto bajo demanda.

Acceso flexible: administración flexible de una gran variedad de servicios de ancho de banda fijo.

Actualmente SDH es la alternativa tecnológica de más futuro para la transmisión en las redes de comunicaciones. Los equipos PDH están

siendo desplazados por equipos de la tecnología SDH, compatibles con PDH, pero más versátiles y económicos. La introducción a SDH significa la inmediata simplificación en el manejo de las infraestructuras básicas de comunicaciones utilizadas en redes extensas.

1.1.1 Características de una red SDH

Las principales características que encontramos en cualquier sistema de Red de Transporte SDH implementado hasta ahora son las siguientes:

Simplificación de Red, es uno de los beneficios de SDH frente a redes basadas exclusivamente en PDH. Un multiplexor SDH puede incorporar tráfico básico (2Mbps en SDH) en cualquier nivel de la jerarquía, sin necesidad de utilizar una cascada de multiplexores, reduciendo las necesidades del equipamiento.

Fiabilidad, En una red SDH los elementos se monitorean extremo a extremo y se gestiona el mantenimiento y la integridad de la misma.

Software de Control, La inclusión de canales de control dentro de una trama SDH posibilita la implementación de un software de control total de la red. Los sistemas de gestión de red no sólo incorporan funcionalidades típicas como gestión de alarmas, sino otras más

avanzadas como monitorización del rendimiento, gestión de recursos, seguridad de red, planificación y diseño de red.

Estandarización, Los estándares SDH permiten la interconexión de equipos de distintos fabricantes en el mismo enlace.

Fibra Óptica, Es el medio Físico desplegado en la redes actuales por su gran capacidad que posee para portar tráfico en comparación a los coaxiales o los pares de cobre.

Topologías en Anillo, Actualmente se están desplegando en mayor número. Si un enlace se pierde, hay un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo. Los operadores pueden minimizar el número de enlaces y fibra óptica desplegada en la red. Esto es muy importante considerando que el costo de colocar nuevos cables de fibra óptica sobre el terreno es elevado.

Sincronización, Los operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda. La sincronización se está convirtiendo en un punto crítico entre los operadores, con avances tecnológicos cada vez más sensibles al tiempo.

1.1.2 Capas o niveles SDH

Las tecnologías en telecomunicaciones son generalmente explicadas utilizando los llamados modelos de capas. SDH también puede ser representado en esta forma. SDH ha sido dividida en 4 capas que están directamente relacionados con la topología de red y son:

Interfase Físico (Physical Interface): el cual representa el medio de transmisión

Sección de Regenerador (Regenerator section): Esta capa especifica los niveles básicos de las tramas para convertir las señales eléctricas en señales ópticas.

Sección de Multiplexación (Multiplexer Section): Este nivel es el responsable de la sincronización, el multiplexado de los datos en las tramas, las protecciones de las funciones de mantenimiento y de la conmutación.

Encaminamiento (VC – N Layer): Es el nivel responsable del transporte extremo a extremo de los contenedores virtuales (VC¹) con la apropiada velocidad de señalización.

¹ Un contenedor Virtual VC es la estructura de la información transportada en una trama SDH.

La figura 1.1 muestra el modelo de capas para SDH.

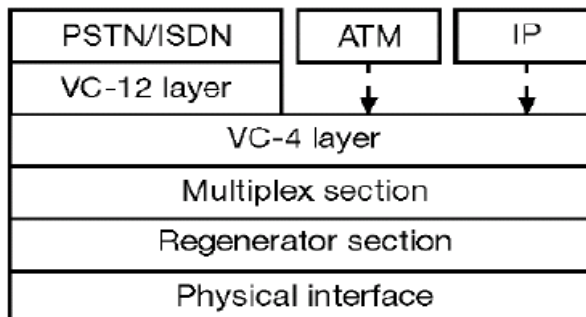


Figura 1.1 Modelo de capas SDH ^[2]

1.1.3 Velocidades binarias jerárquicas

La primera Jerarquía de velocidad Síncrona fue definida como STM-1 (Synchronous Transport Module, Módulo de Transporte Sincrónico), es la estructura numérica base en SDH y tiene una velocidad de 155.52 Mbps. A partir de STM-1, y multiplexando bytes se construyen las tramas de orden superior o STM-N.

En la tabla 1.1 se muestra las velocidades binarias jerárquicas de SDH.

Nivel de jerarquía digital sincrónica	Velocidad Binaria Jerárquica (Mbps)
STM-1	155.52
STM-4	622.08
STM-16	2488.32
STM-64	9953.28
STM-256	39813.12

Tabla 1.1 Velocidades Binarias Jerárquicas SDH ^[2]

1.1.3.1 Estructura de la trama STM-1

A partir de un STM-1 y multiplexando de byte a byte, de manera que la trama quede inalterada, se obtienen velocidades mayores o de otros niveles. Una trama consiste en una matriz de 9 hileras de 270 bytes cada una. Cada byte se compone de 8 bits. La trama se transmite de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. La frecuencia de la trama es igual a 8Khz, seleccionada de modo que 1 byte de la trama pueda corresponder a la velocidad de transmisión de un canal de 64kbps. De esto resulta que la capacidad de transmisión es de:

$$C_{STM-1} = a \times b \times c \quad (1.1)$$

Donde:

a= Número de bits de los que se compone cada byte

b= Número de bytes contenidos en una trama

c= Frecuencia de la trama, corresponde a la tasa de muestreo de un canal PCM de Kbps.

Reemplazando esta expresión por sus valores numéricos:

$$C_{STM-1} = 8 \times (9 \times 270) \times (8 \times 10^3) = 155.52 \text{ Mbps}$$

Esencialmente cada trama se compone de:

Section Overhead, representada con la sigla “SOH”, que utiliza los 9 primeros bytes de cada hilera, excepto la cuarta, normalmente usada para la transmisión de información de servicio

Un campo, de 261 x 9 bytes más los 9 primeros bytes de la cuarta hilera del STM-1, que constituye la Unidad Administrativa, indicada con la sigla “AU-4” en la que se carga la información útil a transportar.

En la figura 1.2 se muestra la estructura de la trama de una señal STM-1.

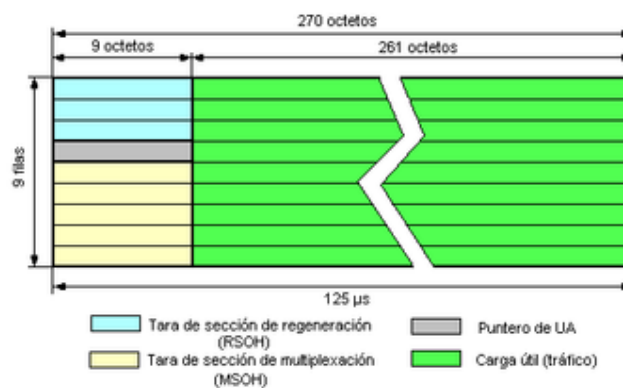


Figura 1.2 Estructura de la Trama STM-1 [7]

La función principal del puntero es designar en que posición dentro del área de carga empieza la trama tributaria (Contenedor Virtual). El puntero es quien indica la posición que ocupa el inicio del

contenedor virtual dentro del área de carga en donde es transportado.

Los contenedores Virtuales VC, de acuerdo a su capacidad y estructura pueden dividirse en 2:

Contenedores Virtuales de orden Superior, transportados en unidades administrativas: VC-3, VC-4.

Contenedores virtuales de orden inferior, transportados en unidades tributarias: VC-11, VC-12, VC-2.

1.1.4 Estructura de multiplexación SDH

En la multiplexación y generación de las tramas SDH se prevén dos estados de multiplexación en cascada, el primer nivel de unidad tributaria (TU), y el otro a nivel de Unidad Administrativa (AU), donde es posible realizar un proceso de sincronización de los flujos numéricos destinados a construir la trama SDH.

Los contenedores son empaquetados en STM por los NE. La manera de cómo un NE extraiga un contenedor virtual, en el extremo contrario, es conociendo la posición exacta del VC dentro de la carga útil (PAYLOAD) de la trama. En una red SDH todos los equipos están sincronizados al mismo reloj.

La agrupación de contenedores virtuales (VC) más el Puntero (P), forman las Unidades Tributarias (TU). La Unidad Tributaria es empaquetada en Grupos de Unidades Tributarias y éstas en Grupos de Unidades Administrativas (AUG). El empaquetamiento es secuencial y se realiza anidando pequeños contenedores virtuales (VC) junto con otros mayores.

Todo Network Element (NE), puede identificar exactamente en el área de carga útil a un contenedor virtual (VC), esto es una ventaja de la Multiplexación en SDH.

1.1.5 Esquema de multiplexación ETSI

A continuación mostramos el esquema de Multiplexación ETSI, el cual es el utilizado en nuestra región. Lo mostramos en la figura 1.3 dicho esquema detallado:

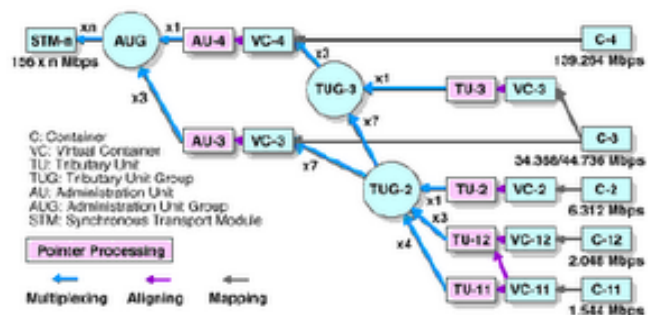


Figura 1.3 Esquema de Multiplexación ETSI [8]

1.1.6 Componentes de una red SDH

Dentro de la estructura de una red SDH existen diferentes procesos que son efectuados por dispositivos cuyo funcionamiento se describe a continuación. Las señales de todos los niveles Jerárquicos de SDH se organizan en tramas de la misma duración, igual a $125\mu\text{s}$ (el periodo de muestreo de la señal telefónica). En la figura 1.4, se distinguen 4 clases de equipos característicos de una red SDH:

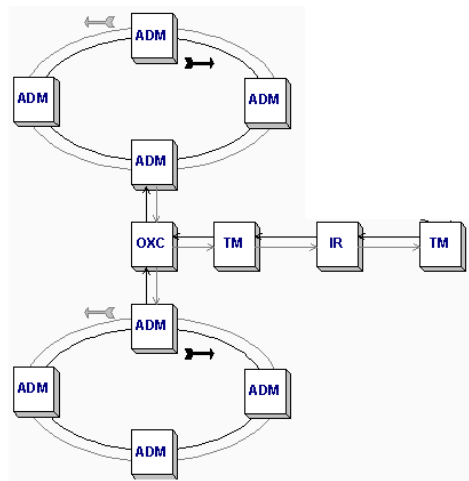


Figura 1.4 Componentes de una Red SDH

Regeneradores (IR), para regenerar las señales STM-N a lo largo de las líneas de transmisión muy extensas. Los ADM son los que realizan la regeneración de la señal en la mayoría de fabricantes.

Multiplexores (TM), para ensamblar varios tributarios de PDH o SDH en una señal SDH Multiplexada.

Digital Cross-Connect (DXC), para realizar conexiones cruzadas de señales SDH/PDH desde puertos de entrada a puertos de salida.

Add-Drop multiplexers (ADM), Pueden extraerse PDH, SDH de bajo nivel, IP (MSTP) hacia altas velocidades. Esto hace posible instalar estructura de anillos poderosos, el cual es una ventaja en eventos de falla y automatización de conmutación, usando elementos del mismo anillo óptico.

1.1.7 Sincronización en redes SDH

La sincronización de una RED SDH es el proceso por el cual se establece como principal la señal de "CLOCK" de un equipo para que la operación de los otros dispositivos de la red, tomen esta como referencian y los procesos que se ejecuten sobre la red coincidan en el tiempo. A nivel del hardware, la sincronización se logra distribuyendo una señal de tiempo común a todos los módulos del sistema. A continuación realizaremos una exposición de los términos y parámetros que deben ser considerados en la planificación de una red de sincronismo en un sistema de transmisión SDH. En los sistemas de

comunicaciones digitales se utiliza la multiplexación a fin de utilizar adecuadamente el ancho de banda disponible.

1.1.7.1 Condiciones de operación del reloj

Locked Condition, Condición de operación de un reloj esclavo en la cual la señal de salida es controlada por una señal (reloj) de referencia externa.

Hold Over, La condición Hold Over inicia cuando se pierde el reloj de referencia y termina cuando éste se restablece.

Free Running, En esta condición la salida de un reloj depende únicamente de la estabilidad propia de su elemento oscilador. Esta condición termina cuando el reloj vuelve a engancharse con la referencia externa que se perdió al inicio.

1.1.7.2 Métodos de sincronización

En las redes de comunicación digitales se tiene una mezcla de áreas sincrónicas y áreas pleosíncronas. Una forma de clasificar las formas de operación es la siguiente:

Operación sincrónica despótica, La sincronización despótica ocurre cuando un reloj asume el control sobre los otros. La sincronización despótica tiene tres modalidades: subordinada, jerárquica y externa. En el método subordinado, conocido como maestro/esclavo, uno de los relojes actúa como maestro. En el

método jerárquico existe un orden entre los relojes para ocupar la función de maestro en caso de falla. En el caso de reloj externo, la sincronización se recibe desde fuera de la red.

Operación sincrónica mutua, En la sincronización mutua se elimina la necesidad de un reloj maestro haciendo que cada uno de los relojes se sincronice con el valor promedio de todos los relojes entrantes al nodo.

1.1.7.3 Niveles de sincronismo en la red SDH ^{[8][9]}

Se ha jerarquizado la red de sincronismo en cuatro niveles, cada uno con sus propios objetivos de estabilidad, dependiendo del cuerpo de estandarización: ANSI para Norteamérica y UIT-T para Europa. Los niveles de la ANSI y UIT-T son equivalentes, por lo tanto se dará una breve descripción de la jerarquía UIT-T, que es la que se aplica en Ecuador.

PRC (Primary Reference Clock, Reloj de Referencia Primaria), Está definido en la recomendación UIT-T G.811. Se utiliza para sincronizar centrales internacionales. La alta estabilidad de funcionamiento requerida hace necesarios relojes de Cesio para esta aplicación.

TNC (Transit Node Clock, Reloj de Nodo de Tránsito), Está definido en la recomendación UIT-T G.812. Se utiliza para

sincronizar centrales nacionales, centrales de tránsito y redes troncales SDH. Requiere relojes de menor estabilidad, por lo que se usan aparatos de Rubidio o Cuarzo Mejorado.

LNC (Local Node Clock, Reloj de Nodo Local), Está definido en la recomendación UIT-T G.812. Se utiliza para sincronizar centrales locales y redes SDH de acceso. Requiere relojes de estabilidad media, por lo que se usan aparatos de Cuarzo.

SETS (Synchronous Equipment Timing Source), (Fuente de Temporización de Equipo Sincrónico): definido en la recomendación UIT-T G.811. Se usa para sincronizar PABX, concentradores remotos y en general equipos de usuario. Requiere relojes de baja estabilidad, generalmente VCOs, y son los que los elementos de red incorporan en su sistema. El número máximo de SETS es 20 entre cada PRC (Recomendación G.813)

1.1.8. SDH de nueva generación

Actualmente se siguen desarrollando extensiones al protocolo para solucionar algunos de sus inconvenientes para el transporte de datos como por ejemplo:

GFP (Generic Framing Protocol), UIT-T G.7041 que es un protocolo que estandariza el empaquetado de datos en tramas SDH/SONET, y es superior a POS (Packet over Sonet).

El procedimiento de entramado genérico GFP (Generic Framing Procedure en inglés) es una técnica de multiplexación definida por la ITU-T G.7041.

VCAT (Virtual Concatenation), es una extensión de G.707 para la concatenación de contenedores virtuales (VC) de bajo y alto nivel. (VC-12, VC-3, VC-4. La concatenación virtual o VCAT (en inglés, Virtual Concatenation) es una técnica de multiplexación inversa usada para dividir un ancho de banda SDH/SONET en grupos lógicos, los cuales son transportados o enrutados de forma independiente. VCAT es considerada la mejora primordial para voz optimizada sobre SDH/SONET, por soportar el transporte de flujo de datos de bit variable. Otras mejoras reciente SDH/SONET incluyen LCAS y GFP.

LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme), G.7042 un mecanismo que permite la reconfiguración dinámica de los contenedores virtuales que transportan los datos.

El Esquema de Ajuste de la Capacidad del Enlace (en inglés, Link Capacity Adjustment Scheme), o LCAS es un método empleado para aumentar o disminuir dinámicamente el ancho de banda de un contenedor virtual concatenado.

1.1.9 Arquitecturas de protección

Existen 2 tipos de arquitectura de protección, las cuales mencionamos a continuación:

Automatic Protection Switching (APS), que permite la recuperación automática ante fallas, pérdida de señal si posee un alto BER. Con caminos muy largos, el retardo de propagación puede hacer difícil conseguir esos tiempos busca tiempos de recuperación de 50-60ms. Los operadores buscan fiabilidad de “5 nueves”, es decir, un tiempo de funcionamiento del 99.999%, lo que quiere decir 4 segundos de caída por mes.

Multiplex Section Protection (MSP): Entre dos nodos, este procedimiento opera con una sección de tráfico ubicada entre dos nodos adyacentes. Entre estos dos nodos hay dos enlaces separados o dos diferentes fibras: la operativa y la de protección. Ante un evento de fallo del enlace, la señal entrante debe ser conmutada de la fibra activa a la de protección.

Hay tres tipos diferentes de protección de Sección de Multiplexación (MSP), como son:

Protección 1:1 es un esquema de doble extremo. El tráfico es inicialmente enviado por el enlace activo únicamente. Se detecta un fallo en el extremo contrario cuando no recibimos tráfico por un periodo prolongado de tiempo. Y conmuta a la otra línea.

Protección 1:N es similar al tratado 1:1 con la excepción de que varios canales operativos pueden ser protegidos por un único canal de back-up.

Protección 1+1 (MSP) donde el tráfico es inicialmente enviado tanto por la ruta activa como por la ruta de protección. Si se detecta una pérdida de tráfico, en el extremo receptor se comienza un proceso de conmutación hacia el camino de protección.

Los tipos de protección mencionados los podemos observar en la figura 1.5:

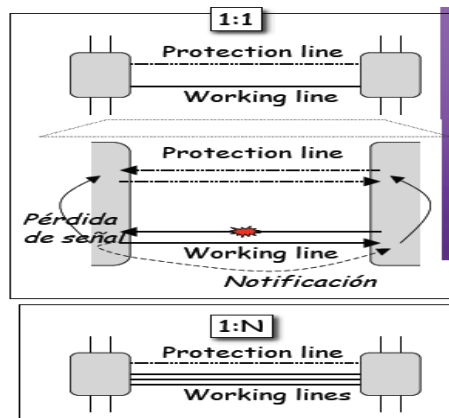


Figura 1.5 Esquema de Protección MSP ^[3]

Sub-Network Connection Protection (SNCP), en este tipo de Protección el objetivo es proteger el camino de la conexión. Esta protección es 1+1 y unidireccional, es decir, la señal va por dos caminos diferentes y se selecciona la mejor ruta.

En la figura 1.6 se muestra el esquema de protección SNCP:

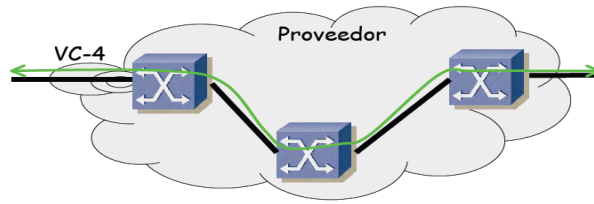


Figura 1.6 Esquema de Protección SNCP ^[3]

1.1.10 Topologías de red SDH

Existen 4 tipos de Redes que podemos diferenciar:

Punto a Punto, Es la topología que permite el transporte de señales entre dos ubicaciones o localidades, por ejemplo entre dos PTE, como se muestra en la figura 1.7:

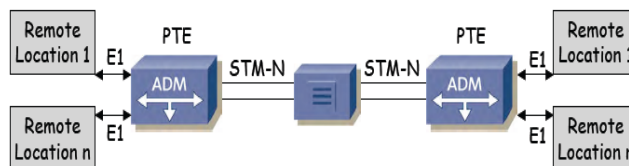


Figura 1.7 Topología Punto a Punto ^[3]

Punto a Multipunto ó en Bus, Esta topología sigue la estructura básica punto a punto pero incorpora multiplexores ADM, de forma que las funciones de inserción y extracción de señales afluentes quedan incorporadas en puntos intermedios entre las ubicaciones extremas.

En la figura 1.8 se muestra la topología punto a multipunto:

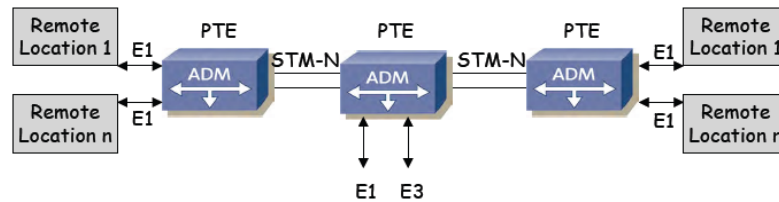


Figura 1.8 Topología Punto a Multipunto ^[3]

Anillo, Esta topología permite insertar y extraer afluentes en cada nodo de la red. Proporcionan circuitos de reserva para el caso de caídas de línea o fallo de equipos. Ofrece robustos mecanismos de protección, como se muestra en la figura 1.9 donde se aprecian 2 anillos SDH:

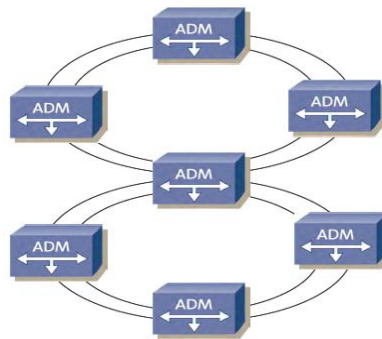


Figura 1.9 Topología en Anillo ^[3]

Estrella/Hub/Mallada, Topología que facilita la concentración de tráfico, optimizando el uso de las señales SDH, se realiza a través de elementos DXC.

En la figura 1.10 se aprecia la configuración estrella

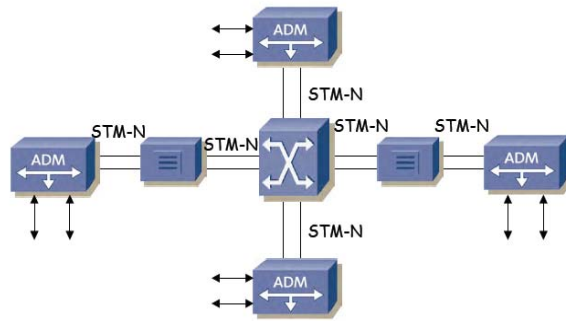


Figura 1.10 Topología Estrella/Hub/Mallada ^[3]

CAPITULO II

2. REDES METRO ETHERNET (TDM Y SU CONVERGENCIA A REDES IP/ETHERNET)

2.1. Características de la red Metro Ethernet

En 1972, Bob Metcalfe desarrolló un sistema para la comunicación entre un computador y una impresora, siendo la primera red LAN bautizada como Ethernet, hoy en día conocida como 802.3 por IEEE. El organismo encargado de definir a Ethernet como un servicio Metropolitano es el MEF (Metro Ethernet Forum).

Las Ventajas de implementar una Red Metro Ethernet son por ejemplo que posee un bajo costo de implementación, tiene un rápido proceso de configuración, es fácil de interconectar con otras redes (el 98% de las redes son implementadas con Ethernet), no hay limitantes en cuanto a distancia debido a que las tecnologías ópticas nos permiten transportar Ethernet a miles de Km, y por su Fiabilidad y Redundancia los fabricantes de equipos Ethernet aportan soluciones tan fiables como las de Telefonía tradicional TDM. Los retos de un proveedor Metro Ethernet Network (MEN) son varios pero lo resumimos en los siguientes puntos:

Seguridad de datos en la red: como separar el tráfico de un usuario, para que cada usuario trabaje como si estuviese en su propia y aislada red metropolitana.

Calidad de servicio: como garantizar cierto ancho de banda para cada enlace Ethernet.

Resiliencia: como armar una red tan confiable como otras redes tradicionales resistente a fallas tales como SDH, ATM.

Escalabilidad: Armar una red metropolitana que soporte el crecimiento sostenido del número de usuarios y no tenga problemas al hacerlo, esta es la función de un Capacity Manager o Gerente de Capacidad de red.

2.2. Descripción del servicio Metropolitano Ethernet

El modelo básico de un servicio metropolitano Ethernet consta de 3 partes: CE, UNI y MEN, tal como se muestra en la figura 2.1:

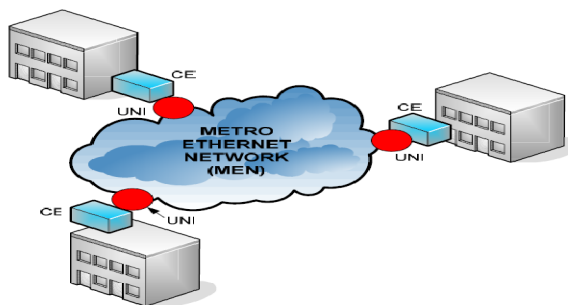


Figura 2.1 Red Metropolitana y sus elementos

El dispositivo instalado del lado del usuario, como Routers o Switches llamados Customer Equipment (CE).

La interfaz de conexión del usuario a la red, como un puerto RJ45 o de Fibra, conocido como User Network Interface (UNI)

La Red Metropolitana, conocida como Metro Ethernet Network (MEN).

Es posible tener múltiples UNI conectadas a una MEN de una simple localización. Los servicios pueden soportar una variedad de tecnologías y protocolos de transporte como SONET/SDH, DWDM y MPLS. Un proveedor de red Metro Ethernet, llega hacia sus usuarios con un cable de red, tal como si fuese a conectar otro PC más en su LAN. Existe diversidad de tipo CE que puede conectarse a la red ya sea por switches o routers asegurando que los datos viajen de manera segura e independiente del resto de tráfico.

2.3. Características en el switch de la red Metro Ethernet

La parte principal de una Red Metro Ethernet, es el arreglo de switches sobre la red para tener la cobertura necesaria y así brindar un buen servicio. Es necesario que un switch para una red Metro Ethernet permita el manejo de capa 3, configuraciones de Spanning Tree, VLANS y que permita el control de ancho de banda por cada puerto. Si la red MEN consta de 2 o más switches, es muy importante configurar el “Spanning Tree Protocol” (estándar 802.1d) en todos los switches. El estándar

802.1d nos ayuda a eliminar los bucles en la red, ya que señala a cada puerto en 4 estados como son: blocking, listening, learning y forwarding.

El switch posee un tiempo de 50 segundos para enviar sus paquetes pasando los puertos por los 4 estados. El mecanismo de elección de los puertos es de la siguiente manera:

Primero se elige el Switch ROOT, que siempre es el que tiene el menor ID Switch o el que tiene el menor Mac Address.

Luego de esto se elige a los puertos Designados, que son aquellos puertos del switch elegido como ROOT y de los otros switches que tengan la menor trayectoria hacia el ROOT.

Por último, se elige los puertos no designados y el Bloqueado. Todos los puertos Designados y del ROOT están en Forwarding.

“Spanning Tree Protocol” proporciona a la red rutas redundantes y con gran escalabilidad al impedir los bucles en la red gracias al método que bloquea un puerto.

La figura 2.2 muestra tres switches configurados con spanning tree (STP):

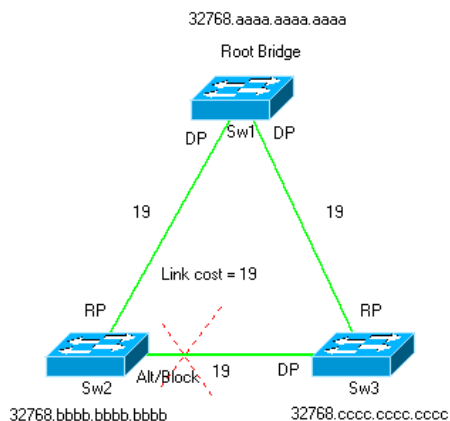


Figura 2.2 Ejemplo interconexión de tres switches con 802.1d

2.4. TDMoIP y su funcionamiento

La convergencia entre redes de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes (CSN & PSN), resultó gracias al descubrimiento patentado por el fabricante RAD llamado TDMoIP. TDMoIP es un pseudowire, es decir es una emulación de un servicio L2 orientada a conexión (punto a punto) sobre una red PSN. TDMoIP es la solución para la introducción de voz sobre Redes IP sin modificar la planta instalada de centrales, debido a una conversión simple, transparente y económica.

El funcionamiento se basa en el flujo de bit síncrono que es segmentado, se adiciona control TDMoIP y cabeceras PSN (IP), los paquetes son

transportados por la red conmutada al destino, las cabeceras PSN son utilizadas y eliminadas, y el flujo TDM es reconstruido y entregado.

2.4.1. Ancho de banda y retardo de paquetización

El método más eficiente de tener un mejor Ancho de Banda y menor Retardo para utilizar el 100% de Ancho de Banda depende del número de time slots a transportar, donde el número de bytes TDM por tramas configurables varía entre 48 – 384. El Overhead varía entre 49% y 11% y se trabaja en paquetes de hasta 1440 bytes.

El Retardo de Paquetización dependerá de la suma del total de Bytes TDM por trama, número de Time Slot, el tamaño del Jitter Buffer y el procesado interno 0.5 ms.

2.4.2 Ancho de banda Vs Retardo de paquetización

Podemos indicar que entre menos TDM Bytes por Trama, el retardo sería menor y por lo tanto mayor overhead y Throughput. En cambio entre mayor cantidad de TDM Bytes por Trama, existirá mayor retardo y por lo tanto menor overhead y menor throughput. La sincronización dando este servicio se lo maneja en 2 partes tanto en la red CSN (Circuit Switching Network) como en la red PSN (Packet Switching Network).

En la parte CSN se trabaja con una referencia de Clock, en la parte PSN los paquetes se sincronizan dependiendo de la variación de paquetes (PDV), este PDV es aleatorio por lo que nos ayuda el Jitter Buffer con el envío de paquetes vacíos para que la señal esté siempre sincronizada de lo contrario se perdería. El Jitter Buffer soporta de 0 a 300 ms. En la figura 2.3 se muestra como el paquete viaja a través de una Red IP /Ethernet por medio de los IPMUX.

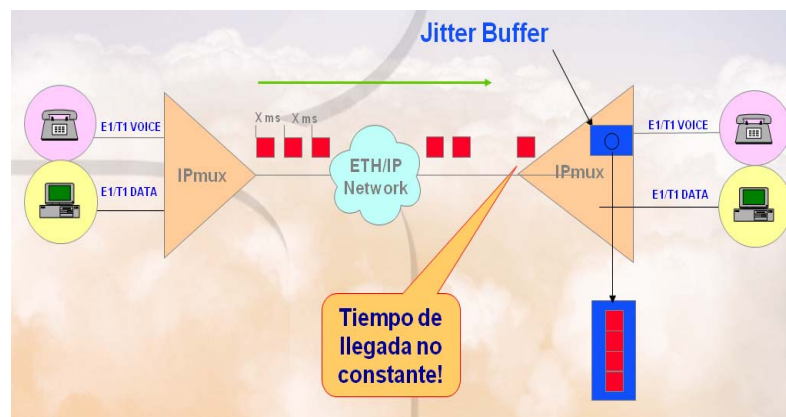


Figura 2.3 Transmisión TDMoIP [6]

CAPITULO III

3. INFORME TÉCNICO Y ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UNA RED SDH PARA DAR SERVICIOS DE 3 STM-1 Y DE UNA RED METROETHERNET PARA DAR SERVICIOS TDMoIP DE 10 E1 CLEAR CHANNEL.

El objetivo de nuestro informe, es detallar el proceso técnico y los costos de implementación de la infraestructura a considerar por una empresa, para brindar los servicios de 3 STM-1 y 10 E1 Clear Channel.

En una primera parte del proyecto, vamos a detallar la infraestructura necesaria para darle un servicio a una empresa de telefonía celular, para que esta pueda transmitir los canales de voz de sus abonados con mayor rapidez. Para lograrlo, vamos a implementar una infraestructura que pueda proveer 3 STM-1 entre las ciudades de Guayaquil y Quito, los cuales van ser transmitidos sobre un BACKBONE SDH STM-64.

El diseño de esta primera parte la podemos observar en la figura 3.1 que consta de 2 nodos, uno en Guayaquil y el otro en Quito, interconectados

por la red SDH STM-64 para dar el servicio al cliente por medio de un ROUTER:

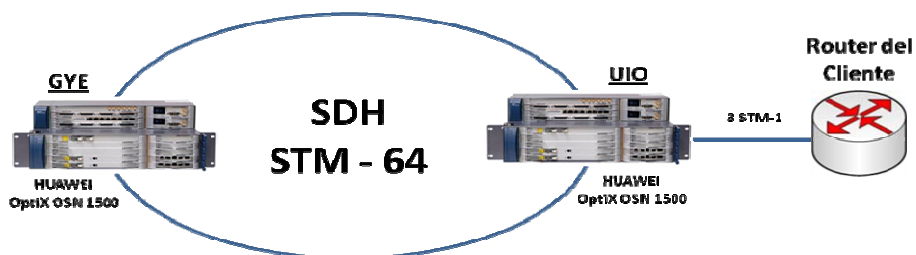


Figura 3.1 Diseño de la primera parte del proyecto

En una segunda parte del proyecto, vamos a describir los componentes de infraestructura que se deben considerar por una empresa para brindar 10 E1 Clear Channel a un CALL CENTER que está ubicado en la ciudad de Cuenca, para que a su vez ésta, de servicios integrados de comunicaciones a través de una conexión TDM pura o TDMoIP (Redes Metro Ethernet) por el NAP de las Américas, con un SLA (Service Level Agreement) del 99,5%.

Para esta parte del proyecto hemos considerado que el NAP esté situado en la ciudad de Quito, ya que la salida sería por TRANSNEXA que está ubicado en esa ciudad.

El diseño de la segunda parte del proyecto describe los tres equipos SDH ubicados en Guayaquil, Quito y Cuenca. La parte del NAP es simulado en la ciudad de Quito que lleva el servicio de E1 al NAP, mientras que la parte de la red Metropolitana tenemos una TDM y TDMoIP, tal como se puede observar en la figura 3.2.

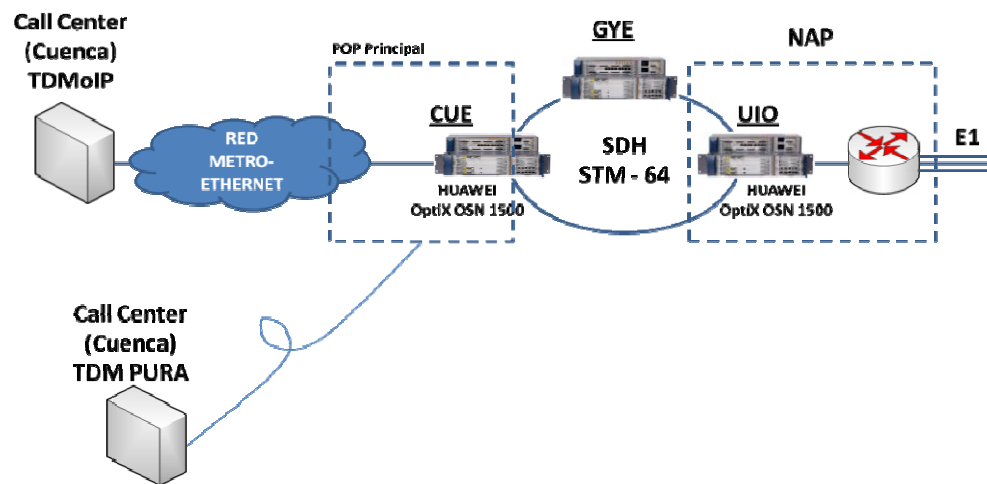
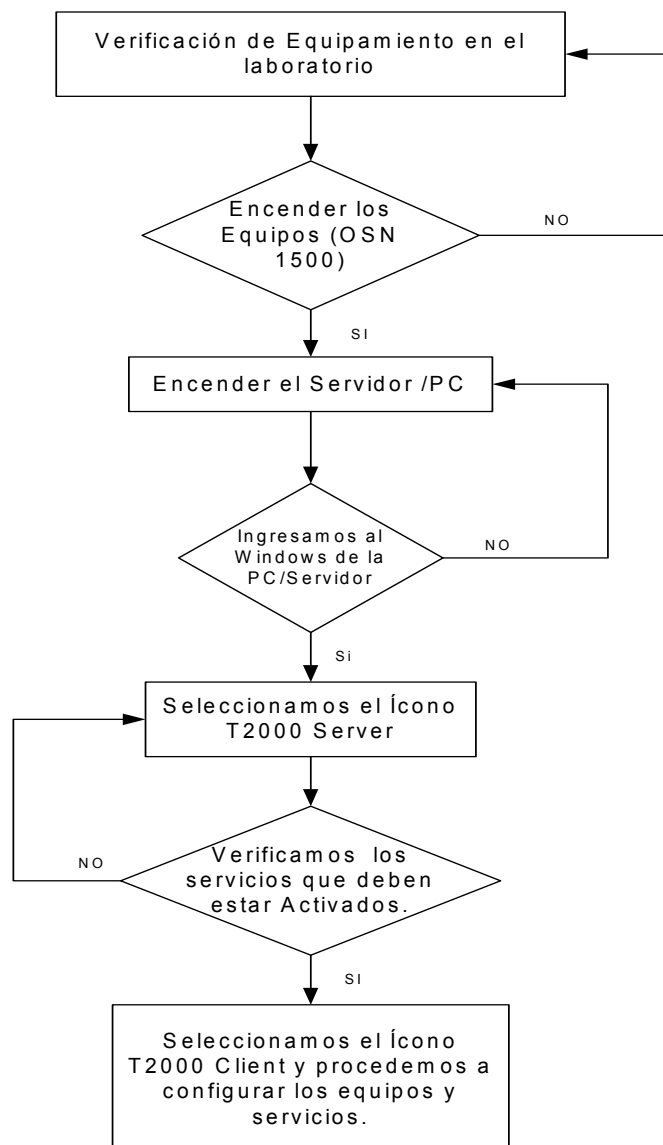


Figura 3.2 Diseño de la segunda parte del proyecto

3.1 Flujograma de la simulación

A continuación presentamos el flujograma que se recomienda seguir una vez que se inicia el PC/Servidor, para configurar las tarjetas y servicios en el software de administración T2000 de los equipos marca HUAWEI.



3.2 Análisis de una infraestructura para brindar un servicio a una empresa de telefonía celular con el fin de que transmita sus canales de voz entre Guayaquil y Quito.

3.2.1 Descripción del diseño y consideraciones.

Para poder cumplir los objetivos de la esta primera parte del proyecto se describirá el proceso de implementación de una RED SDH con equipos activos y pasivos, donde el proceso a seguir es realizar el tendido de la fibra entre las 2 ciudades y levantar información técnica sobre los equipos activos a utilizar para conexión entre ambas.

3.2.2 Implementación de la infraestructura de una red SDH con equipos activos y pasivos

A continuación detallaremos los pasos a seguir para la implementación de la infraestructura:

3.2.2.1 Selección de la ruta

Para realizar el trazado de la fibra óptica, se debe analizar el mejor camino para hacerlo, considerando las facilidades para la instalación y mantenimiento de la misma.

En la siguiente tabla 3.1 presentamos las distancias del recorrido de la fibra óptica sugerido desde la ciudad de Guayaquil hacia la ciudad de Quito.

Ruta	Distancia
Guayaquil – Babahoyo	117 km
Babahoyo – Quevedo	115 km
Quevedo - Santo Domingo	105 Km
Santo Domingo – Aloag	103 Km
Aloag – Quito	65 Km
Total de la Ruta	505 km

Tabla 3.1 Distancia de la Fibra Óptica Guayaquil - Quito ^[14]

En la figura 3.3, se despliega la ruta a seguir desde Guayaquil hasta Quito, pasando por Babahoyo, Quevedo, Santo Domingo y Aloag. Ciudades conocidas en el medio y con un potencial muy alto en para brindar servicios en un futuro.

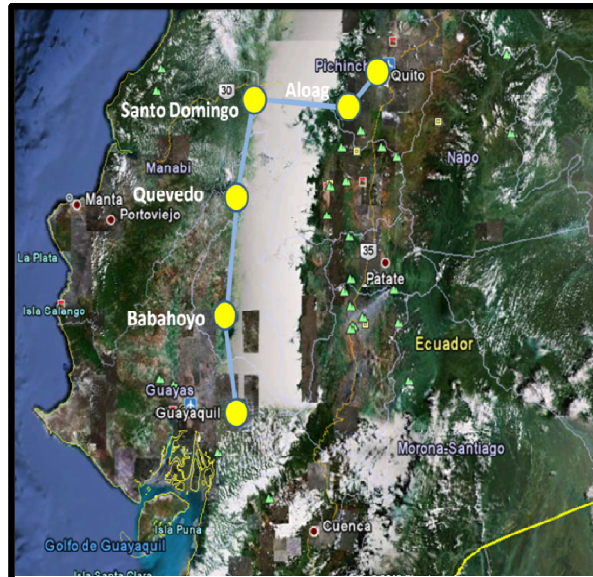


Figura 3.3 Recorrido de la Fibra Óptica entre Guayaquil y Quito

Para tener un esquema que brinde mayor seguridad, hemos considerado el trazado de la fibra de forma subterránea por medio de la técnica de zanjas. La opción descartada, es realizar el tendido de la fibra de forma aérea utilizando postes que pueden ser de propiedad de la empresa eléctrica o de algún ente de gobierno, encontramos que esta puede tener inconvenientes burocráticos con el Gobierno y además está expuesta a posibles incidentes naturales que complicarían y aumentarían los costos de instalación y mantenimiento de la fibra.

Debido a la distancia total del recorrido de la fibra se ha considerado separar ésta en tramos, creando así sub-nodos los cuales estarán ubicados en las ciudades mencionadas en la tabla 3.1.

3.2.2.2 Tipo de fibra óptica

En el cálculo de un enlace óptico es de primordial importancia determinar la fibra óptica existente en el mercado de acuerdo a las consideraciones requeridas en el sistema. Es decir debemos escoger la fibra que presente entre sus principales características baja atenuación y menor dispersión.

En la actualidad la ITU recomienda dos tipos de estándares para los enlaces ópticos de alta capacidad, los cuales son las G.652D y G.655. Para este proyecto utilizaremos la fibra óptica mono-modo de 12 hilos en carretes de 4KM que cumpla la norma G.655, ya que utilizando una fibra que cumpla la norma G.652D, tiene una alta dispersión en la ventana de 1550nm, lo cual limita la distancia para las transmisiones a altas velocidades y además es necesario utilizar módulos de compensación de dispersión aumentando así los costos. Los valores más importantes a tomar en cuenta en este tipo de fibra es el tipo de ventana que soporte con la menor atenuación, la dispersión cromática, el índice de refracción. En la tabla 3.2, presentamos las especificaciones definidas por la ITU-T en la recomendación ITU-T G-655

Características	Unidad	Valor
Atenuación a 1550 nm	db/km	< 0.35
Atenuación a 1625 nm	db/km	< 0.4
Dispersión Cromática entre 1530 y 1565	ps/nm .km	1.0 a 10.0 (Típico 8 a 1550 nm)
Dispersión Cromática entre 1565 y 1625	ps/nm .km	7.5 a 13.4 (Típico 12 a 1625 nm)
Índice de Refracción a 1550 nm		1.4692
Longitud de onda corta		1450

Tabla 3.2 Características de la Fibra Monomodo ITU-T G.655 ^[15]

Para poder seleccionar la fibra óptica optima a utilizar en el diseño, se realiza una comparación entre las principales características de la fibra óptica que ofrecen algunos fabricantes, así podremos elegir la mejor opción. En la tabla 3.3 presentamos una comparación de las características más importantes de la fibra óptica de los fabricantes Alcatel, Mercury y Alcoa Fujikura. Tomando en consideración las características importantes de las mismas procederemos a seleccionar el mejor fabricante.

Parámetro	Unidad	Alcatel	Mercury	Alcoa Fujikura
Rango de longitud de onda utilizable	Nm	1510 a 1575	1525 a 1565	1530 a 1565
Máxima atenuación	db/km	≤ 0.3	≤ 0.22	≤ 0.25
Diámetro del campo modal a 1550	Mm	10.2 ± 1.0	9.2	10.5 ± 1.0
Diámetro de la cubierta	Mm	125 ± 1.0	125 ± 0.7	125 ± 1.0
Dispersión Cromática	ps/nm.km	≤ 9	2.6 - 6	≤ 10
Longitud de onda corta	Nm		1450	
Radio de curvatura mínimo	Cm	22	27.8	24

Tabla 3.3 Comparación de la Fibra Óptica de 12 hilos entre 3 fabricantes

De acuerdo a la comparación de la tabla anterior el fabricante MERCURY tiene valores más bajos de atenuación y dispersión que son características apropiadas para el tendido.

Esta es una fibra óptica monomodo de 12 hilos, de los cuales un hilo se utiliza para la transmisión, otro para la recepción y quedarán de respaldo para la escalabilidad de la red. Los hilos restantes podrán utilizarse en un futuro en nuevos servicios que se puedan ofrecer como portafolio de productos y servicios de la compañía.

Una consideración importante para realizar el tendido de la fibra óptica, es determinar el bucle de exceso, estos son longitudes sobrantes de fibra óptica que nos servirán para futuros mantenimientos en posibles daños en la fibra.

Es recomendable que el bucle de exceso sea del 5% de la longitud total del carrete de fibra óptica que para nuestro caso 4KM por lo tanto el bucle de exceso será de 200 metros. En la

siguiente figura 3.4, mostramos parte de una fibra óptica monomodo, que se utiliza para el tendido a través de los ductos.

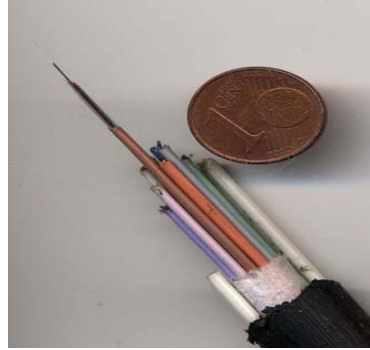


Figura 3.4 Fibra Óptica para Ductos Monomodo

3.2.3 Simulación de ambiente y pruebas de laboratorio

Una vez realizado el tendido de la fibra, debemos seleccionar los equipos activos de tipo ADM que estarán en cada nodo principal ó ciudad en este caso (Guayaquil y Quito), los cuales se interconectarán para brindar los servicios.

Para poder comprobar y confirmar lo antes descrito simulamos en el laboratorio de telecomunicaciones de la ESPOL un ambiente similar, en el cual comprobamos el funcionamiento antes detallado. Dado que en el laboratorio de telecomunicaciones hay 3 equipos HUAWEI OptiX OSN 1500 cada uno de ellos en un rack independiente. Como parte de

este proyecto vamos a proceder a detallar como armar un anillo entre esos 3 equipos simulando un anillo entre tres ciudades (Guayaquil, Quito y Cuenca). Sin embargo, para el detalle de los costos de la primera parte del proyecto, solo tomaremos en cuenta la conexión Guayaquil-Quito. Existe un cuarto rack donde se localizan los Routers HUAWEI con los cuales se confirma la conectividad de los tres nodos.

Toda la descripción anterior, se puede observar de mejor forma en la siguiente figura 3.5:



Figura 3.5 Distribución de los equipos activos en el laboratorio de telecomunicaciones

El orden que le dimos a cada uno de los RACK para el desarrollo de la simulación, es de nombrar a cada uno para ambientar un nodo en diferentes sitios, donde el NE3 (Network Element 3) es el nodo principal de la red o gateway y los NE1 y NE2 son sub nodos.

En la siguiente figura 3.6 se muestra la forma como se etiqueto cada uno de los rack:

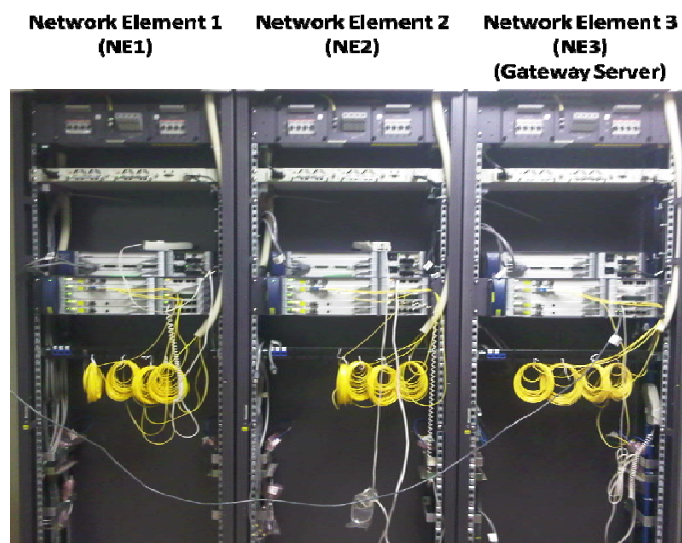


Figura 3.6 Etiquetas de nodos de cada uno de los Racks

Cada uno de los Racks tiene 2 componentes, el AC/DC Converter con el PDP (Power Distribution Panel) para la parte de alimentación eléctrica y el equipo activo HUAWEI OptiX OSN 1500. El PDP no se utilizó en la práctica debido a que en el laboratorio de telecomunicaciones no existe un banco de baterías, pero en la implementación es muy importante el uso del mismo.

Lo indicado en el párrafo anterior se puede observar en la figura 3.7, donde consta el PDP, el AC/DC converter y el OSN 1500 de HUAWEI.

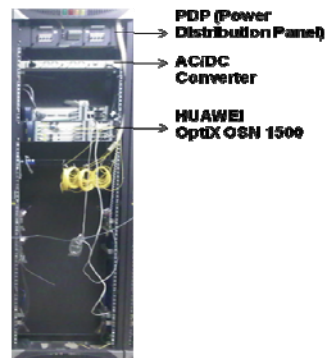


Figura 3.7 Componentes de cada uno de los Racks en cada nodo

En la figura 3.8 podemos observar el equipo AC/DC CONVERTER el cual realiza la conversión de la entrada AC de Energía eléctrica a DC y el PDP (Power Distribution Panel), que es el que distribuye la energía eléctrica en caso de que existan bancos de baterías. Para el caso de la simulación del ambiente solo se utilizó la parte de AC/DC Converter, dado que no hay bancos de baterías:

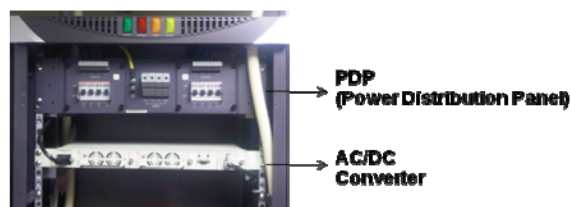


Figura 3.8 Equipos AC/DC Converter y PDP (Power Distribution Panel)

En la siguiente figura 3.9, se muestra la distribución de tarjetas que se encuentran configuradas en cada uno de los equipos HUAWEI OptiX OSN1500 de cada uno de los nodos:

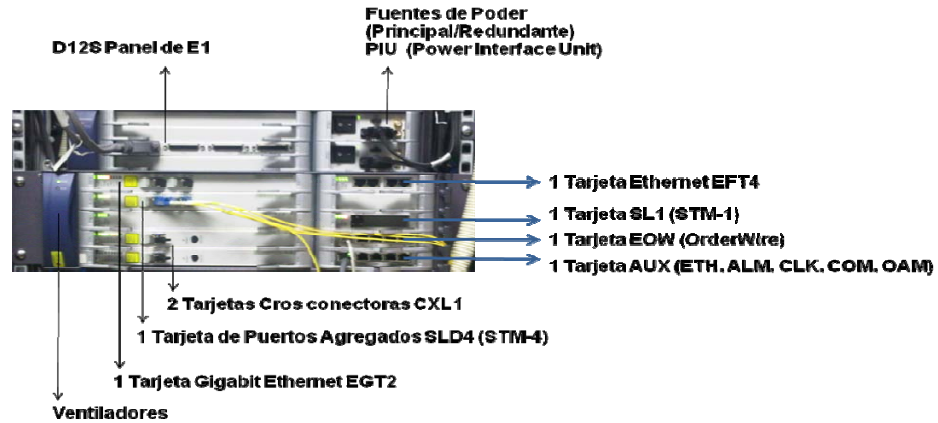


Figura 3.9 Distribución de tarjetas en el equipo HUAWEI OSN 1500

En el cuarto rack, se encuentran los equipos de tipo router HUAWEI Quidway AR18-21 y router HUAWEI Quidway AR28-30.

Utilizando el Router Quidway AR28-30 verificaremos la conectividad de Gigabit Ethernet por la RED de transporte SDH entre los nodos, realizando un PING de router a router.

En la figura 3.10, se muestra los Routers mencionados ubicados en el 4to Rack del laboratorio de Telecomunicaciones.

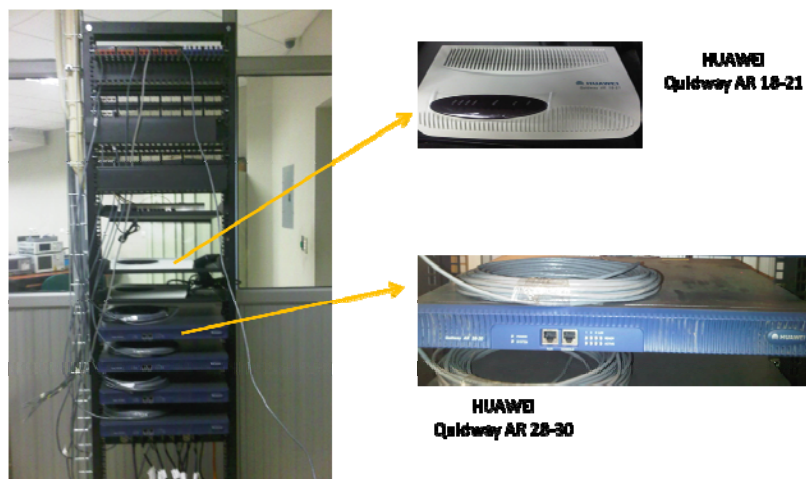


Figura 3.10 Equipos de tipo ROUTER HUAWEI Quidway AR18-21 y HUAWEI Quidway AR28-30

En el nodo principal, se debe tener un servidor, que para el caso del laboratorio es un equipo de DELL OPTIPLEX 745, en este va a estar instalado el software T2000 Server y T2000 Client. Este equipo con requerimientos mínimos debe tener un Sistema Operativo Windows 2000 Server, 1 Procesador Intel Xeon Dual Core de 2.5 Ghz. 4 GB en Memoria RAM, 2 Discos de 146GB/10KRPM en RAID1, 2 Tarjetas de RED LAN Gigabit Ethernet y Fuentes de Poder Redundantes. El Software T2000 Client permitirá administrar los equipos de la red y el T2000 Server contiene la base de datos MySQL (para el caso de

HUAWEI) que administrará los servicios TRAIL. En la figura 3.11 se muestra el servidor utilizado en el laboratorio de la marca Dell.



Figura 3.11 Servidor de Administración

3.2.3.1 Configuración de equipos con tarjetas y servicios

Luego del reconocimiento del ambiente de trabajo en el Laboratorio de Telecomunicaciones, iniciaremos la configuración por medio del servidor el cual contiene el T2000 Server y el T2000 Client, con los cuales levantaremos el servicio de los equipos:

Paso 1: Inicializamos seleccionando y haciendo doble click en el icono T2000 Server, dando lugar a la pantalla que se puede observar en la figura 3.12.

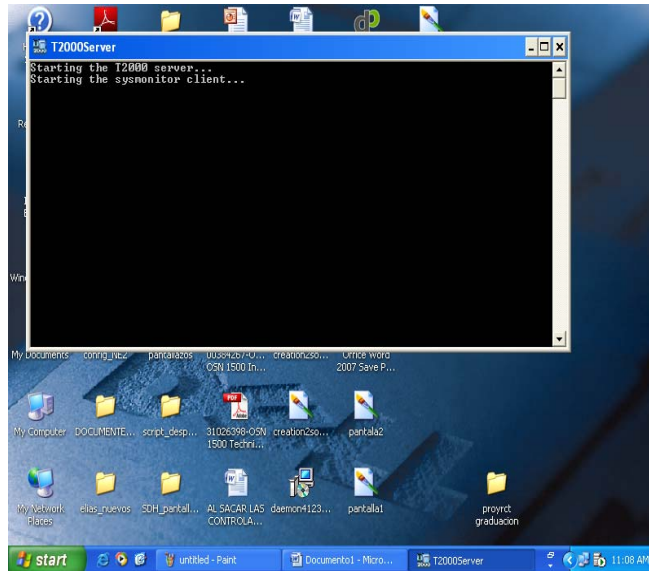


Figura 3.12 Inicializando T2000 Server

Paso 2: Poner el User: admin, Password: T2000, como se puede observar en la figura 3.13:

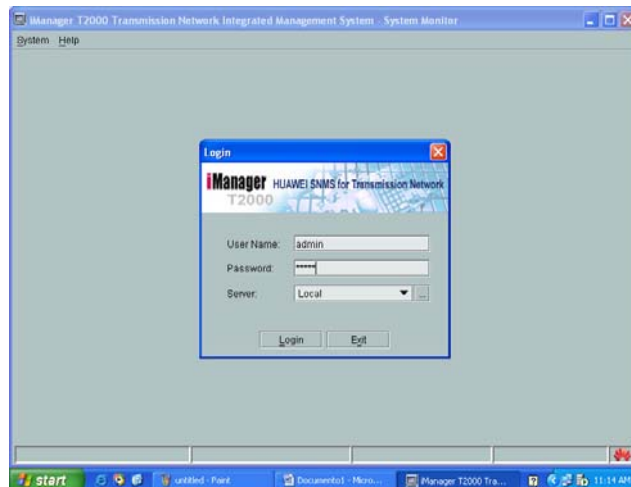
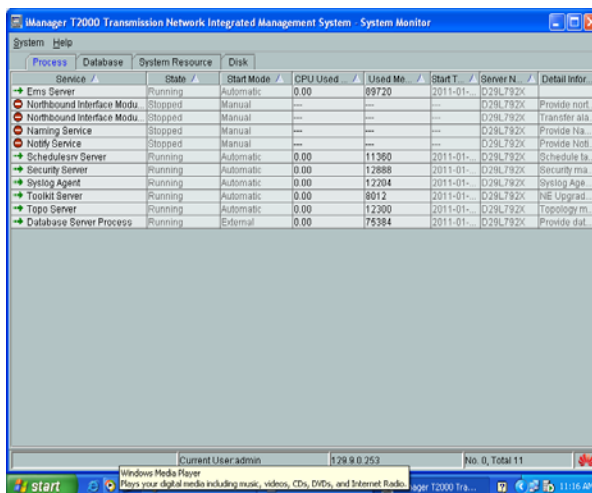


Figura 3.13 Ingresando al T2000 Server

Paso 3: Verificamos que los servicios “SCHEDULESRV SERVER”, “TOPO SERVER” y “DATABASE SERVER PROCESS” estén en estado de “RUNNING”. Estos servicios son indispensables al momento de levantar el software de administración T2000 Server, servicios de las topologías, servicios de la base de datos y el de tareas del servidor, respectivamente según la traducción en español.

Luego de que revisemos que estos servicios indispensables se encuentren en estado de Running, procedemos a levantar el software T2000 Client para continuar con las configuraciones respectivas en cada equipo. Los servicios indispensables descritos en el párrafo anterior se muestran en la figura 3.14.



Service	State	Start Mode	CPU Used	Used Me	Start T	Server N.	Detail Infor.
Emo Server	Running	Automatic	0.00	89720	2011-01-	029L792X	
Northbound Interface Modu.	Stopped	Manual	---	---	---	029L792X	Provide not.
Northbound Interface Modu.	Stopped	Manual	---	---	---	029L792X	Transfer aia.
Naming Service	Stopped	Manual	---	---	---	029L792X	Provide Na.
Notify Service	Stopped	Manual	---	---	---	029L792X	Provide Not.
ScheduleSRV Server	Running	Automatic	0.00	11900	2011-01-	029L792X	Schedule ta.
Security Server	Running	Automatic	0.00	12888	2011-01-	029L792X	Security ma.
Systog Agent	Running	Automatic	0.00	12204	2011-01-	029L792X	Systog Age.
Toolkit Server	Running	Automatic	0.00	8012	2011-01-	029L792X	INE Upgrad.
Topo Server	Running	Automatic	0.00	12300	2011-01-	029L792X	Topology m.
Database Server Process	Running	External	0.00	75384	2011-01-	029L792X	Provide dat.

Figura 3.14 Verificación de Servicios Recomendados

Paso 4: Inicializamos el T2000 Client, realizando doble click sobre el ícono respectivo y digitando el User: admin y Password: T2000. Una pantalla de lo explicado en el párrafo anterior lo mostramos en la figura 3.15.

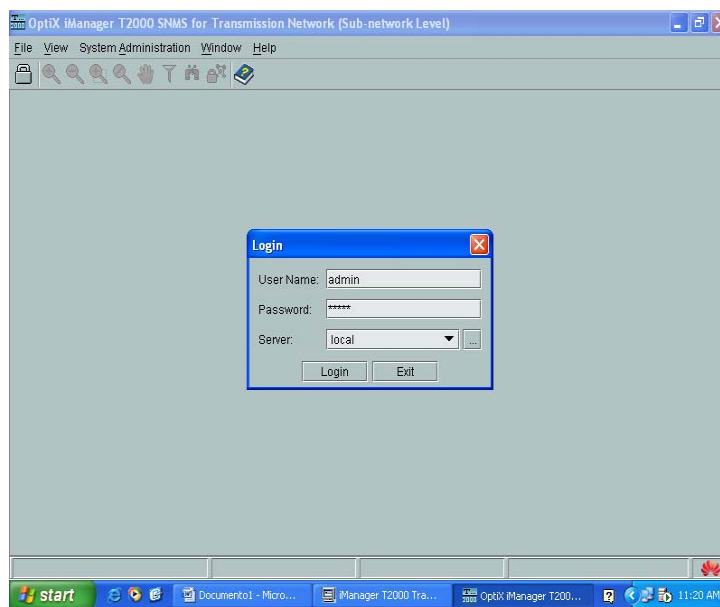


Figura 3.15 Inicializando el T2000 Client

Paso 5: Creación de los Network Elements, haciendo click derecho en la pantalla central y a través de la opción “CREATE”, seleccionamos “TOPOLOGY OBJECT”.

En la figura 3.16, visualizamos los pasos a realizar para crear un network element, en este caso un nodo.

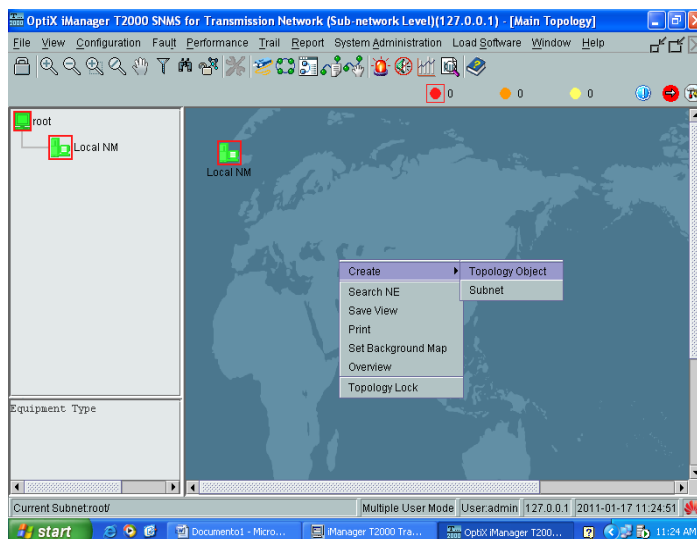


Figura 3.16 Creando el Network Element

Paso 6: Luego procedemos a seleccionar el tipo de equipo “OptiX OSN 1500” y realizamos la configuración del “Network Element” principal, que en este caso es el NE3 (Gateway Server), el cuál es el más cercano al servidor T2000. Los parámetros más importantes a considerar para esta configuración son: ID, Name, Gateway Type, User y Password; los demás parámetros se configuran automáticamente.

Luego hacemos click en “Apply”, como se muestra en la figura 3.17:

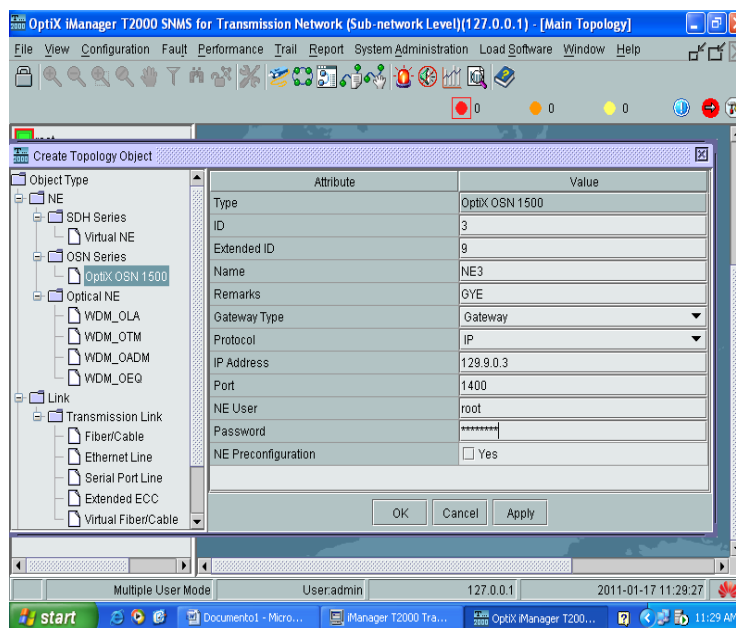


Figura 3.17 Parámetros de los Network Elements

Luego de configurar los parámetros como la IP, el Nombre, el Password, damos click en APPLY y nos aparecerá el ícono de dicho equipo configurado.

En la figura 3.18, observamos el “Network Element” creado con todos los parámetros como por ejemplo la IP del equipo a configurar, nombre del nodo, entre otros.

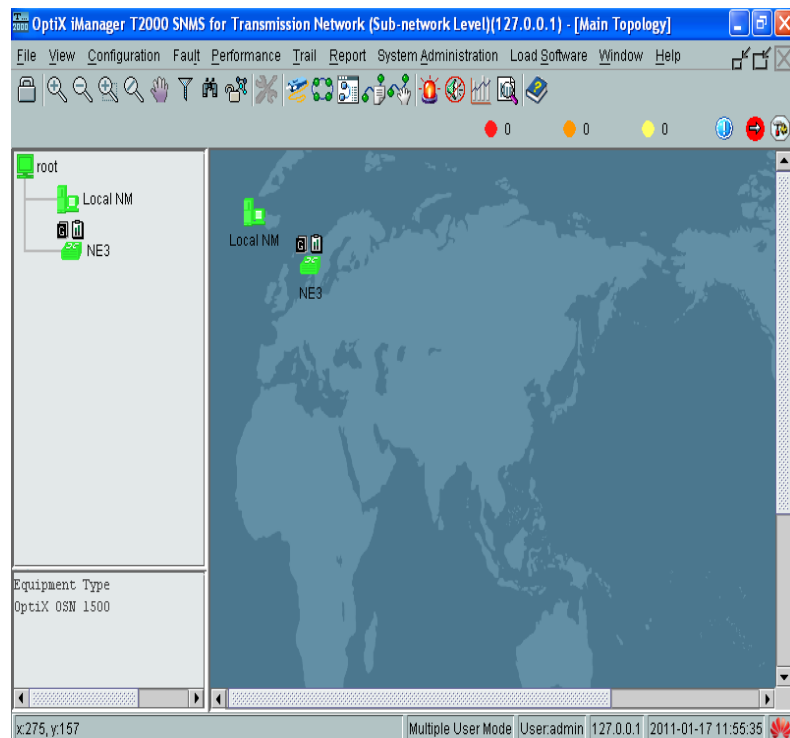


Figura 3.18 Network Element ya creado

Paso 7: Luego creamos los restantes nodos, NE1 y NE2, configurando parámetros similares al NE3 principal, con la única diferencia que estos NE se lo establece como “NON-GATEWAY”. Aplicando los respectivos cambios en cada configuración por nodo se obtendrán los tres nodos configurados.

La tabla de configuración de los nodos se muestra en la figura 3.19.

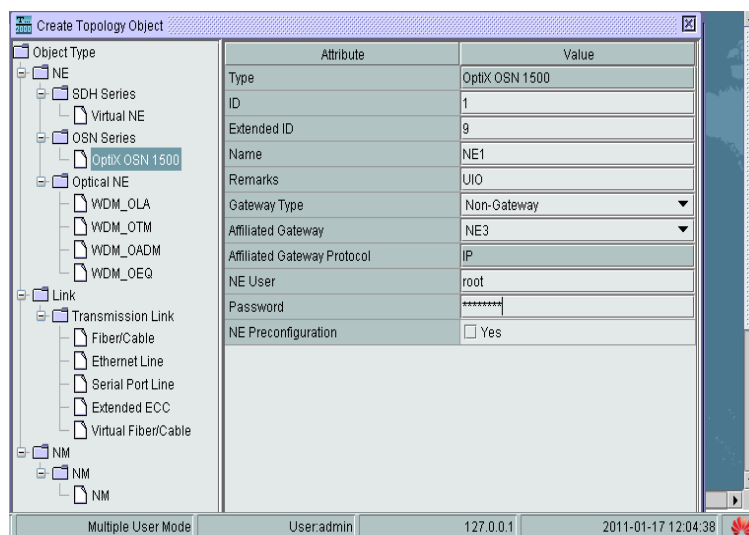


Figura 3.19 Creando el NE2 en la red

Luego de realizar las respectivas configuraciones para todos los tres nodos, tomando en cuenta que solo un nodo es configurado como Gateway, y dando click en “APPLY” obtendremos los 3 nodos configurados.

Los tres íconos de los nodos configurados se observan en la figura 3.20.

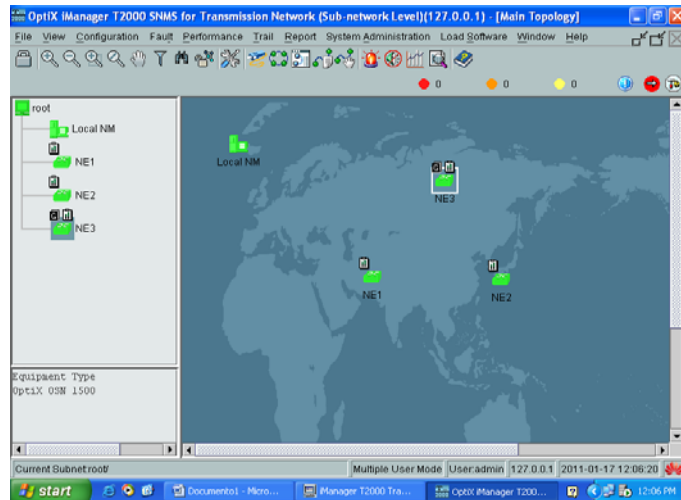


Figura 3.20 Figura que muestra los 3 “Network Elements” creados

Paso 8: Luego, procedemos a establecer la Conectividad entre los nodos (NE3 – NE2 – NE1), para esto nos basaremos en el orden establecido en la figura 3.21.

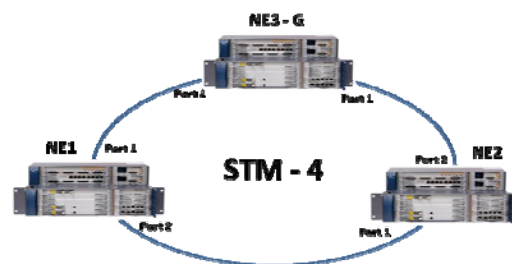


Figura 3.21 Conectividad entre los 3 Nodos

Señalamos el Network Element 3, donde se mostrará la ventana “NE Configuration Wizard” y seleccionamos “Manual Configuration”, luego aparecerán dos advertencias, sobre la interrupción de los servicios, a las cuales hay que seleccionar “OK”, debido a que es una nueva configuración. La ventana que saldrá para configurar en configuración manual se muestra en la figura 3.22.

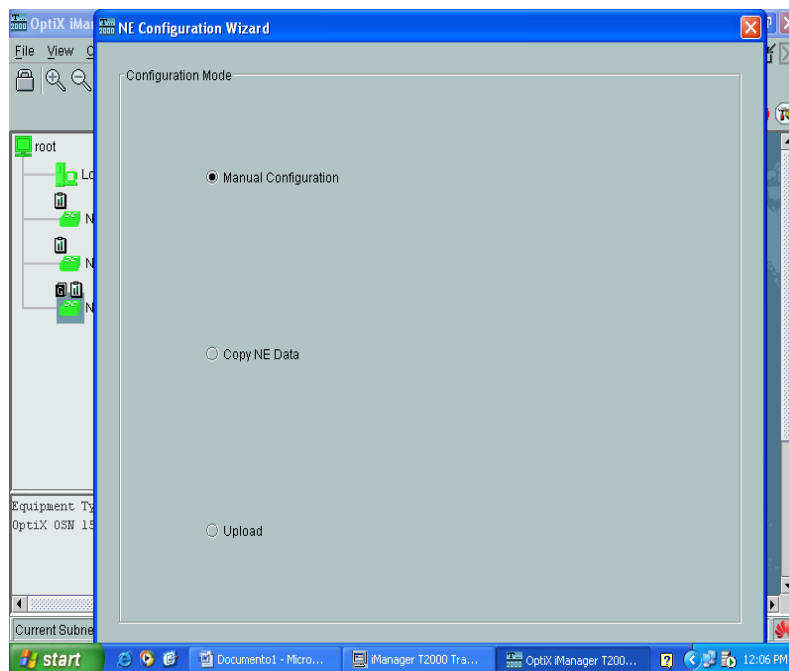


Figura 3.22 Creando conexiones entre Nodos

Luego, nos aparecerá una nueva ventana donde configuramos el parámetro “Subrack Type”, para nuestro caso debe elegirse “Subrack Type B” y el parámetro “NE Remarks” que es opcional y en el cuál se puede añadir un comentario, para identificar la ruta de la conexión y luego hacemos click en “NEXT”.

La configuración del subrack se puede observar la figura 3.23.

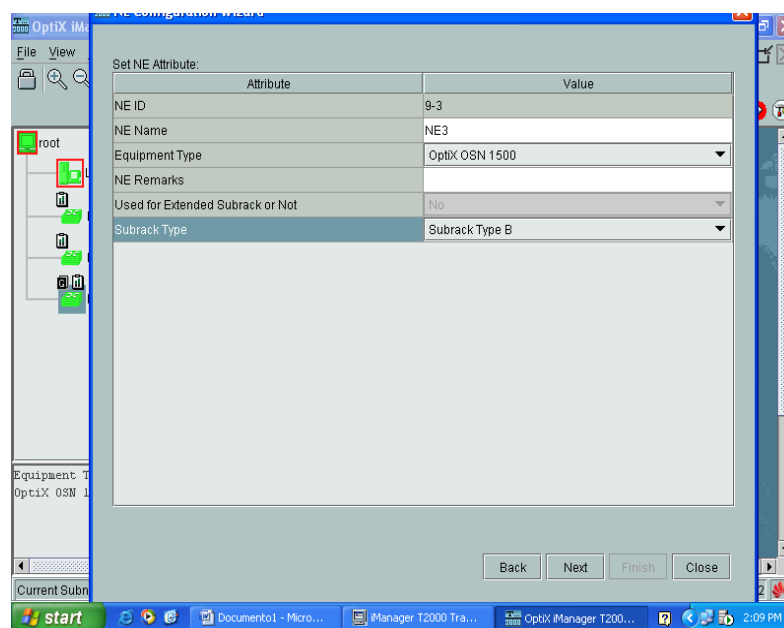


Figura 3.23 Eligiendo Parámetros de la conexión

A continuación nos aparecerá, las tarjetas mínimas recomendadas por el fabricante para que el equipo pueda estar

en funcionamiento. Las tarjetas mínimas son: Ventilador (FAN), Fuentes de Poder (PIU), Tarjeta Cross-Connect (ECXL) y la tarjeta de configuración (GSCC). En la tarjeta GSCC, es donde se guardan las configuraciones y base de datos de los equipos.

En la figura 3.24 se visualizan las tarjetas mínimas mencionadas.

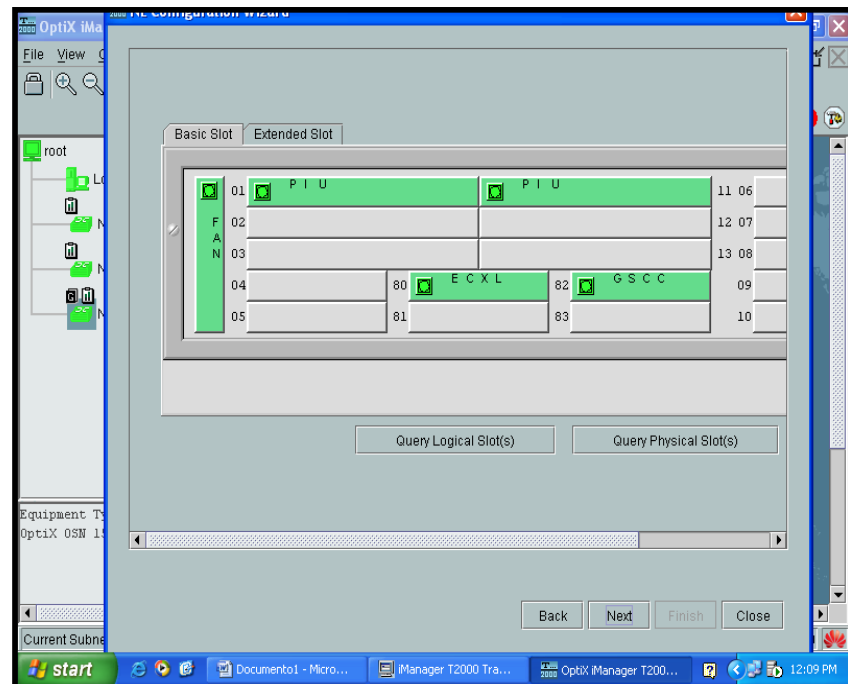


Figura 3.24 Vista de Tarjetas Mínimas requeridas en el equipo OSN 1500

Luego hacemos click en “Query Physical Slot(s)”, donde se mostrarán todas las tarjetas que el equipo OSN Optix 1500 tiene instaladas. Seleccionando la tarjeta “N1SLD4” la cual es STM-4 y

tiene 2 puertos. Se elegirá el puerto a conectar en base al orden establecido en la figura 3.21 y hacemos click en “NEXT” para guardar la configuración, luego en “CLOSE”.

En la figura 3.25 se muestra las tarjetas instaladas en el OSN 1500 del laboratorio.

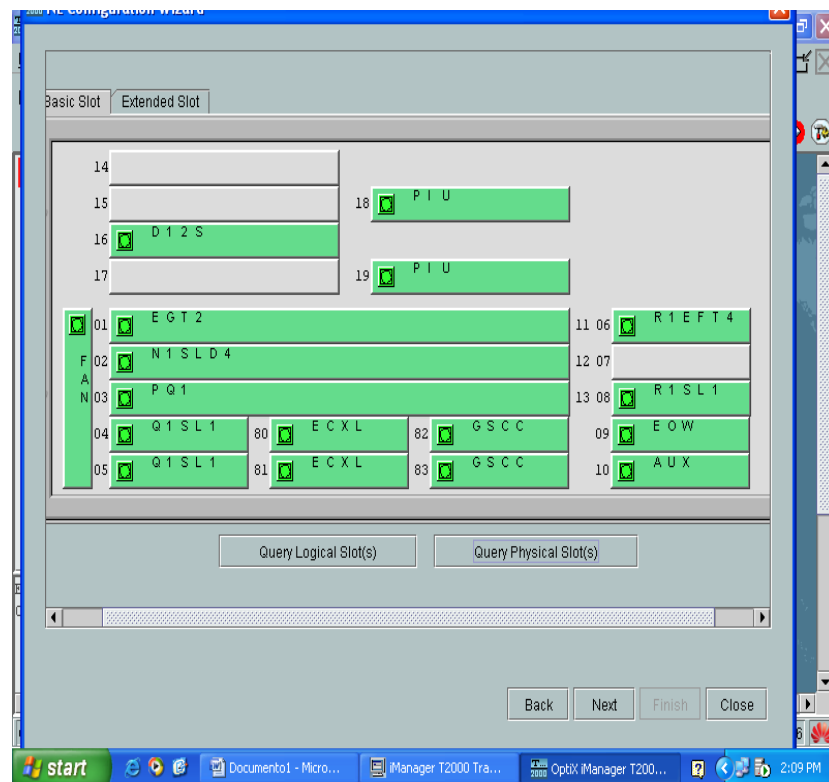


Figura 3.25 Vista de Tarjetas instaladas en el equipo OSN 1500

Luego en la figura 3.26, se muestra la ventana que guarda y verifica la configuración del equipo.



Figura 3.26 Verificando la conexión configurada

Se debe repetir estos pasos para los equipos “Network Element 1” y “Network Element 2”.

En la figura 3.27 se muestra los parámetros de configuración para el NE2.

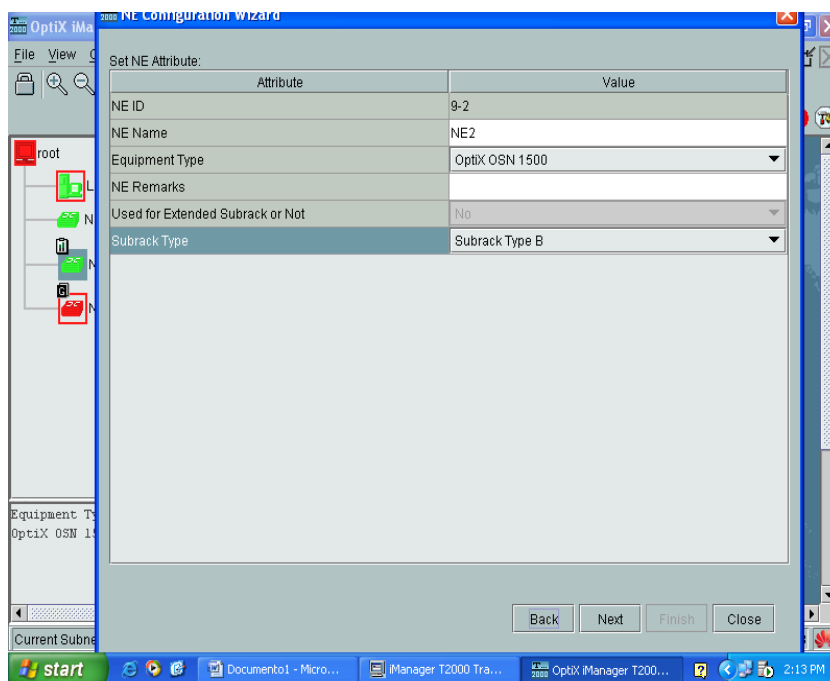


Figura 3.27 Eligiendo el SUBRACK a Seleccionar

Paso 9. Inicialmente vamos a establecer la conectividad entre el NE3 port 1 hacia el NE2 port 2 tal como se muestra en la figura 3.21. En el software señalamos el ícono de la barra de herramientas “Create Fibre/Cable”, el cual me permitirá seleccionar el origen (N2SLD4-Puerto 1) del NE3 y el destino (N2SLD4-Puerto 2) del NE2.

En la figura 3.28, nos muestra los parámetros a configurar para realizar la conexión entre dos nodos

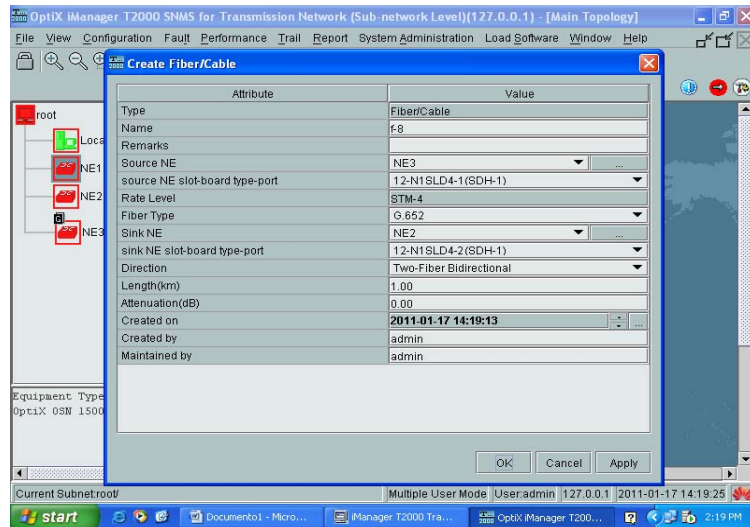


Figura 3.28 Configurando los parámetros de la conexión entre los Nodos

En base al orden establecido en la figura 3.21, desde el Puerto 1 del NE Origen, al Puerto 2 del NE destino, finalmente se obtiene la vista de la figura 3.29

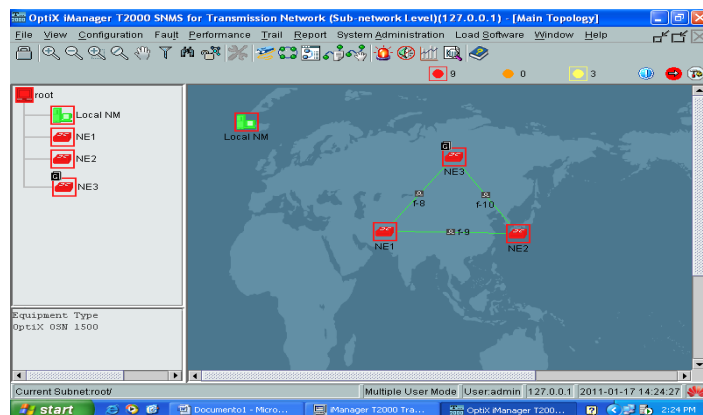


Figura 3.29 Conexiones realizadas entre los 3 Nodos

Paso 10: En este paso realizaremos la creación de las protecciones, con lo cual vamos a establecer rutas alternas en caso de alguna falla inesperada. Para realizar esta configuración nos basaremos en el tipo de protección PSP que es la que esta soportada por las licencias del equipo. En la barra de menú seleccionamos “Configuration” y elegimos “Protection View” donde se abrirá un nuevo menú como observamos en la figura 3.30.

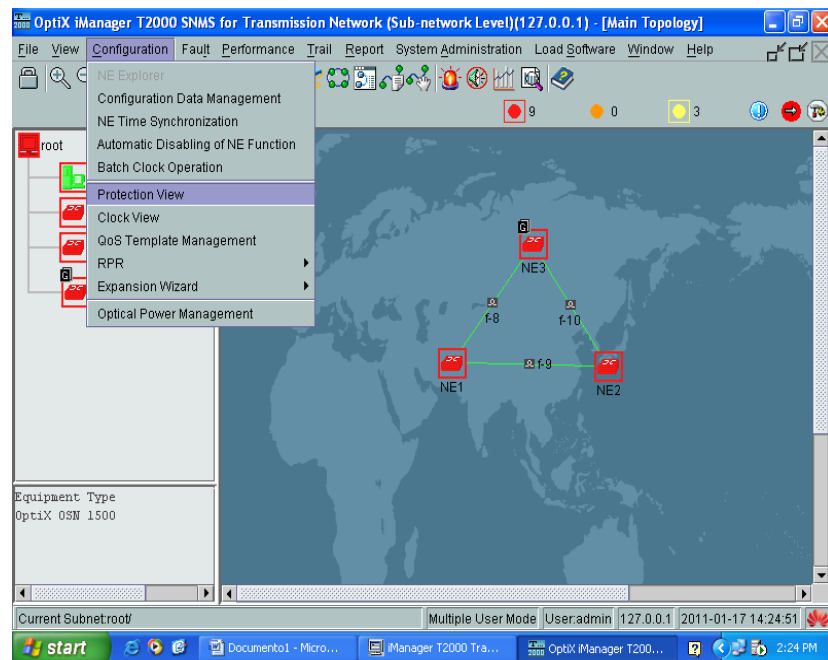


Figura 3.30 Creando las protecciones entre los Nodos

En este nuevo menú como se observa en la figura 3.31, hacemos click en “Create SDH Protection Subnet” y elegimos “PP (Uniform Route)”.

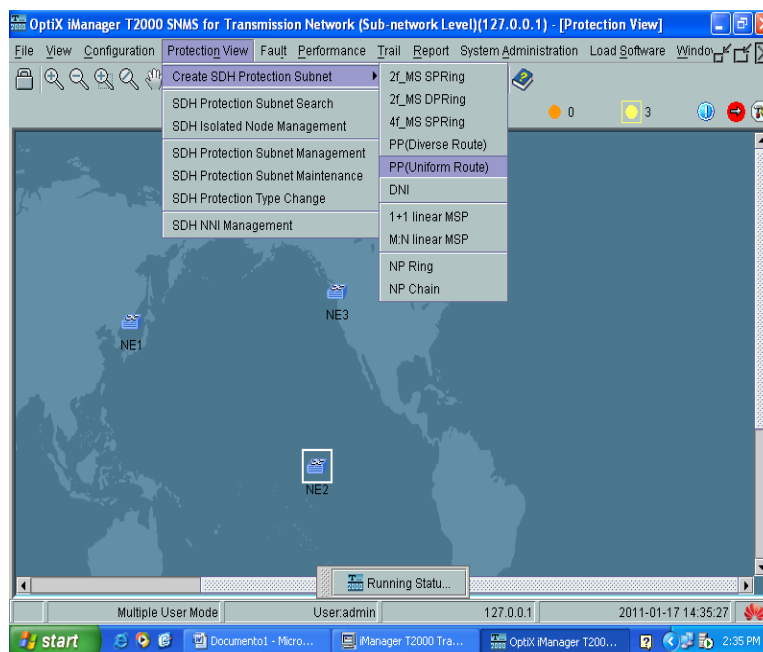


Figura 3.31 Elijiendo el Tipo de Protección entre los nodos

Luego de ese paso, se abrirá una nueva ventana, donde debe elegirse el “Level”, que en este caso es STM-4, ya que así están configurados los enlaces entre nodos. Se procede a seleccionar los nodos a proteger (NE1, NE2 y NE3), se seleccionan las casillas “Resources Sharing” y “Assigned by VC-4” y hacemos click en NEXT, para luego visualizar las protecciones creadas en los tres nodos. Las protecciones son importantes, ya que nos

permiten tener nodos con rutas redundantes. Esto en la práctica nos ayuda a tener alternativas de recuperación más rápidas, ante incidentes como cortes de fibra u otro. En la figura 3.32 podemos observar las protecciones configuradas en cada NE.

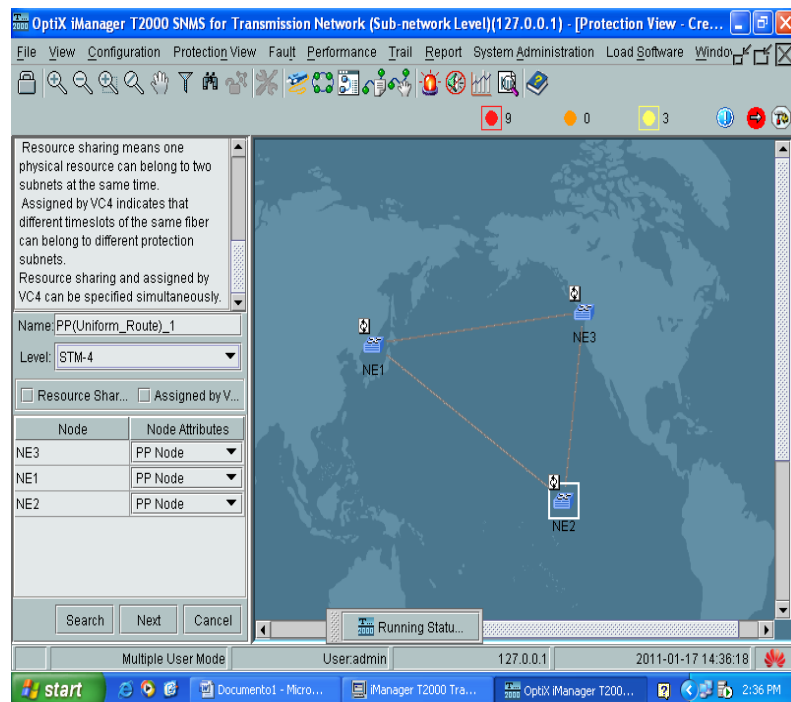


Figura 3.32 Configuración de los Parámetros de las Protecciones

Luego nos aparecerá una ventana con las rutas que se crearon al seleccionar los tres nodos y eligiendo la protección PP (Uniform), tal como se muestra en la figura 3.33.

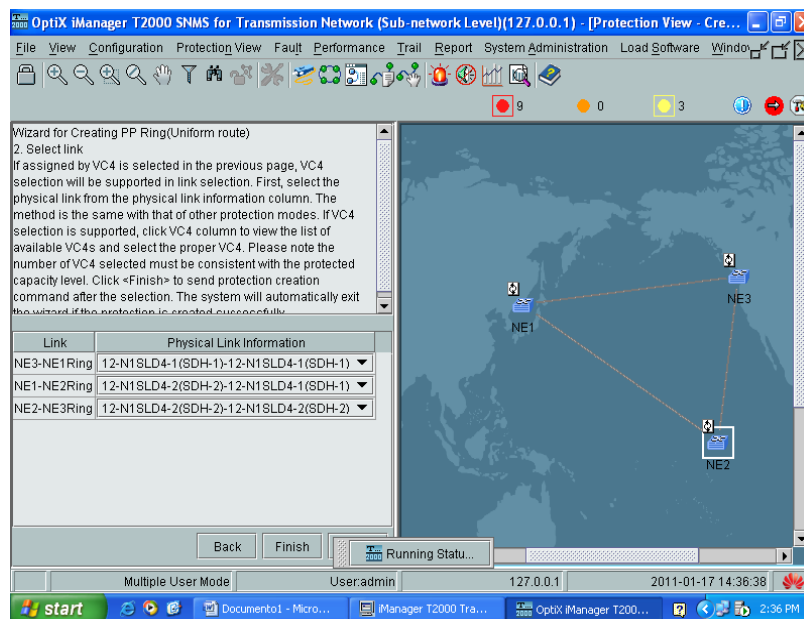


Figura 3.33 Vista de las Rutas creadas por las Protecciones

Una vez realizado los pasos y configuraciones antes mencionadas nos aparecerá una ventana, la cual es para comprobar que el servicio se lo ha realizado de manera satisfactoria entre los nodos.

La figura 3.34, nos muestra que el servicio creado se ha realizado correctamente.

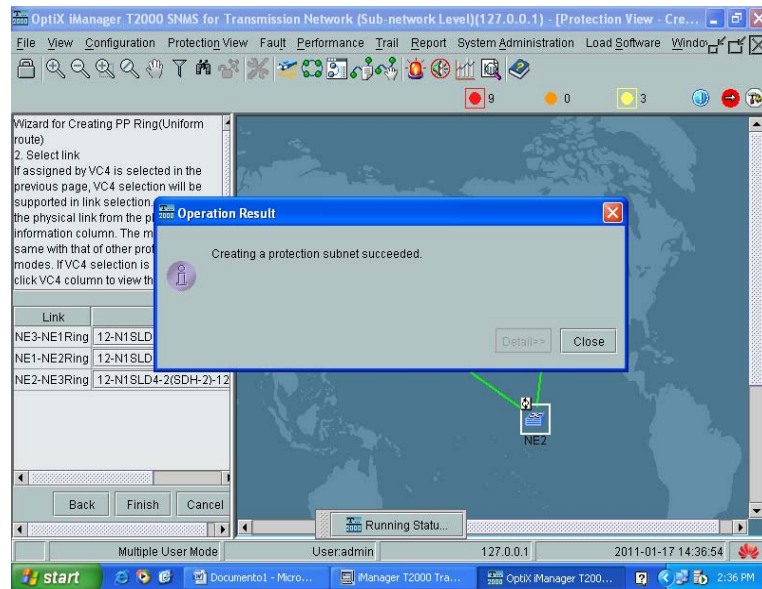


Figura 3.34 Configuración exitosa de las Protecciones

Paso 11: Realizaremos la creación de los servicios a nivel de STM-1. En la barra de menú, seleccionamos la opción “TRAIL” y hacemos click en la opción “SDH Trail Creation”, en la cual configuraremos los diferentes servicios que soporta el equipo HUAWEI OptiX OSN 1500, como por ejemplo conexiones Gigabit Ethernet entre nodos o una conexión a nivel de STM-1.

Luego, aparecerá una pantalla tal como se muestra en la figura 3.35.

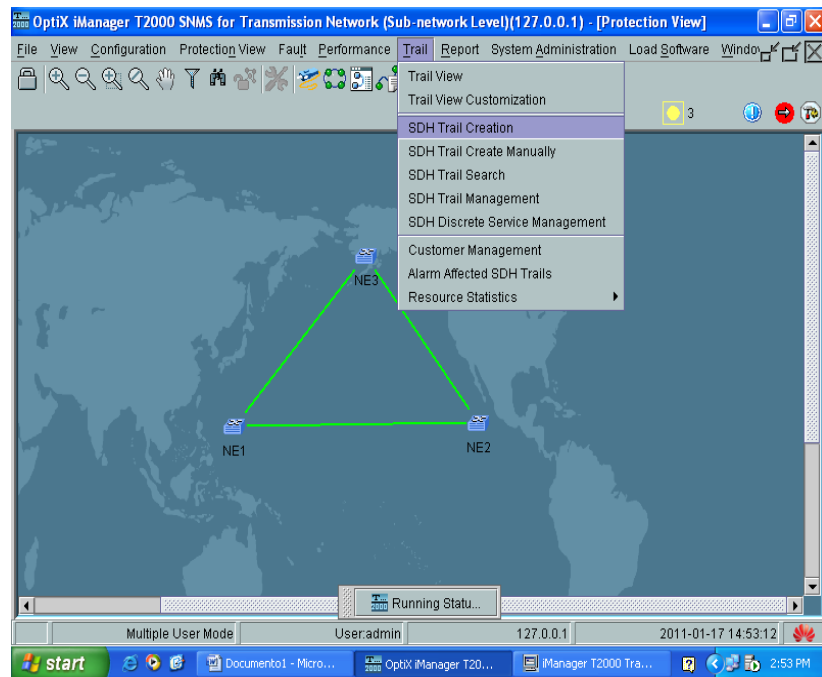


Figura 3.35 Creación de los Servicios en la Red

Siguiendo con la configuración, aparecerá una ventana con los nodos a seleccionar y las tarjetas con las cuales debemos realizar la conexión. Se debe elegir el nodo de origen “Source” y el nodo destino “Sink”, de la misma manera seleccionando la tarjeta Q1SL1 (STM-1) de cada nodo.

En nuestro caso levantamos un servicio entre NE3 y NE2. Al seleccionar el nodo, se elegirá la tarjeta Q1SL1 que es la tarjeta de STM-1 y dando click en “OK”, aparecerá la ventana que se muestra en la figura 3.36, donde se observa el nodo “source” elegido y se repite el paso para elegir el nodo “destino”. También se debe elegir “Direction: Bidirectional” y “Level: VC4”. Además seleccionamos las casilla “Auto-calculation”, “Activate the Trail” y damos click en “Apply”.

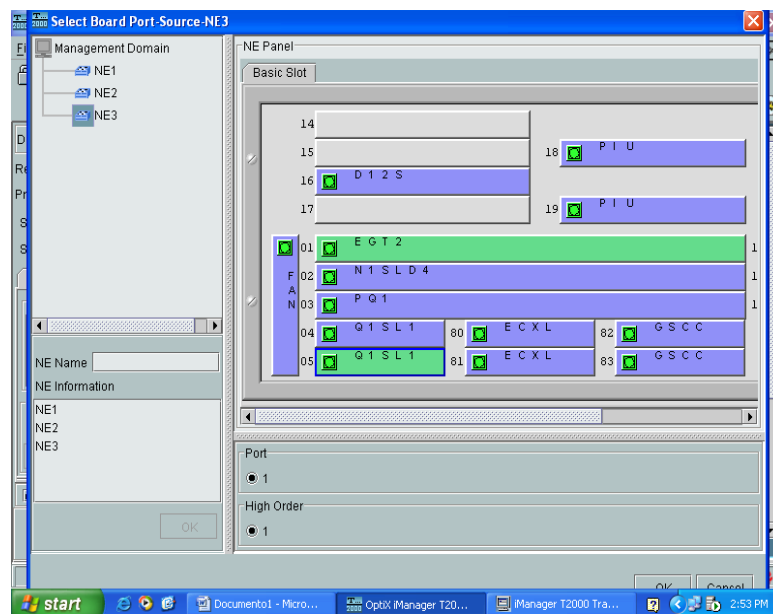


Figura 3.36 Elección de la tarjeta para el Servicio deseado

Finalmente, se muestra una pantalla donde se graba el servicio creado entre los nodos. Si el servicio muestra errores, debemos de verificar que los parámetros de los nodos para dicho servicio

sean los apropiados. Se muestra en la figura 3.37 la creación del servicio y el proceso de grabado.

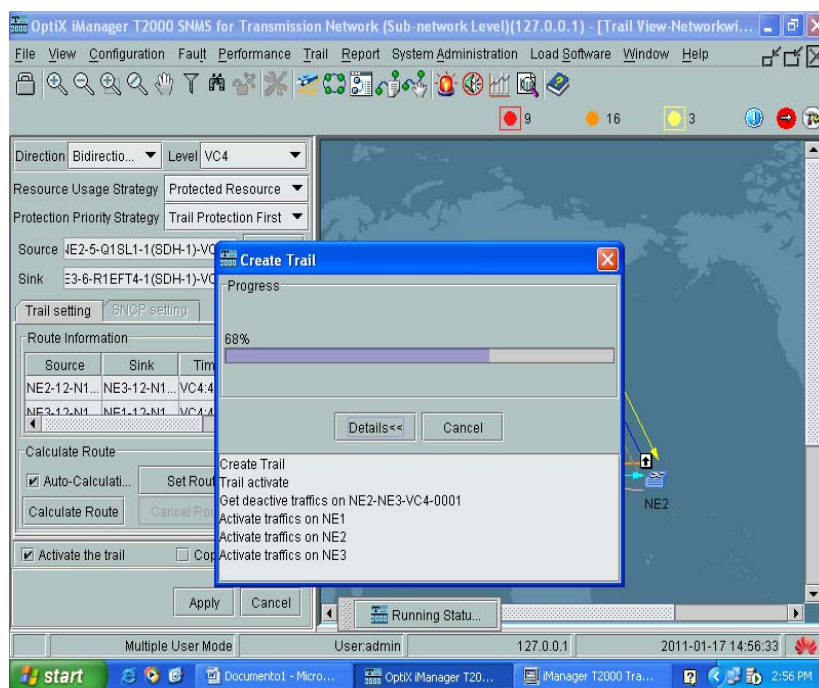


Figura 3.37 Configuración de Parámetros del Servicio

Paso 12: En este paso realizaremos la configuración de la parte de datos Gb/Ethernet. En la barra de menús seleccionamos “TRAIL” y elegimos opción “SDH Trail Creation”, aparecerá una ventana, donde debemos elegir la tarjeta (EGT2) y puerto, tanto en el origen como para el destino. En nuestro caso utilizaremos los nodos NE3 y NE1.

Tener en cuenta que se deben de tener activas las casillas de “Auto-Calculation” y “Activate Trail”, damos click en “Apply”. Esto se puede observar en la figura 3.38.

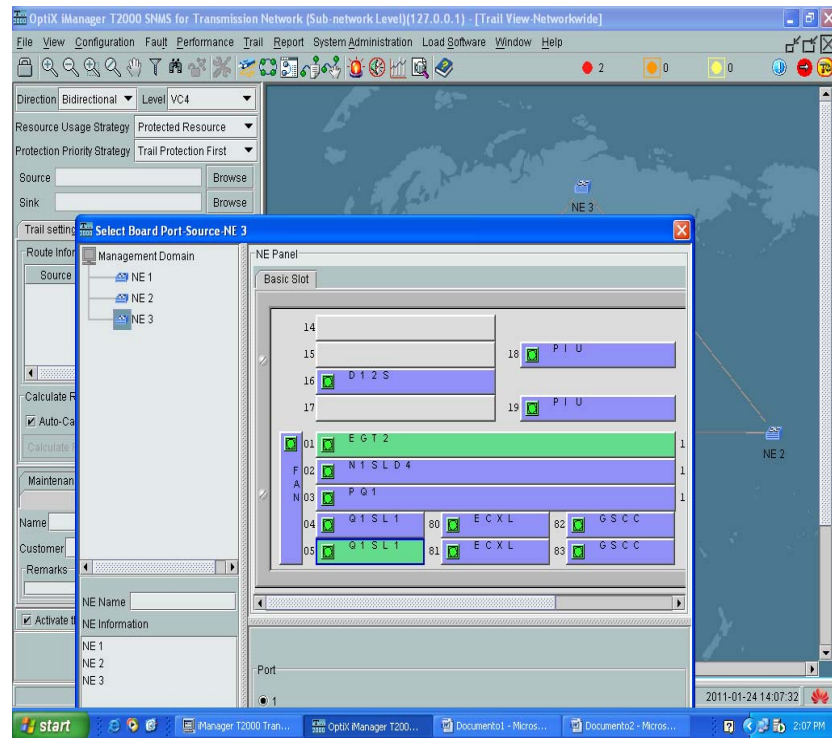


Figura 3.38 Elección de la tarjeta para dar el Servicio

Luego se debe configurar la parte de datos, para esto sobre el nodo NE3 se da click derecho y se elige “Service Configuration”, tal como se muestra en la figura 3.39.

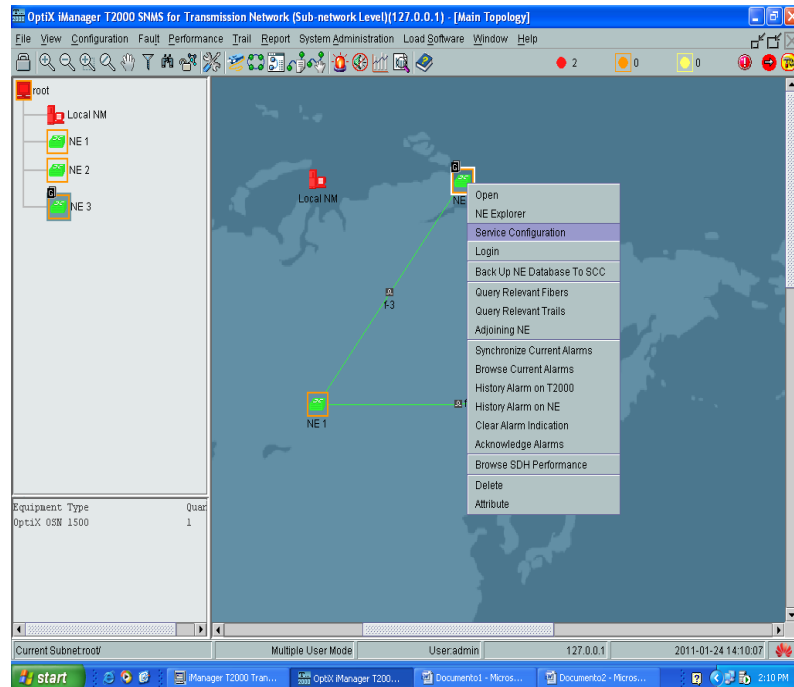


Figura 3.39 Paso para configurar la parte de Datos en el NE3

Luego se elige el tipo de tarjeta (EGT2), que es la tarjeta de Gigabit Ethernet y se selecciona en las opciones que se visualizan en el lado lateral izquierdo la opción “Ethernet Interface Management” y luego “Ethernet Interface”. A continuación se configura el “Internal Port” y el “External Port”. En el “Internal Port” se configura el encapsulamiento y mapeo, seleccionando siempre “GFP” como tipo de encapsulamiento.

“GFP” es el encapsulamiento que permite tener conectividad entre dos mundos: uno síncrono y otro asíncrono, tal como se muestra en la Figura 3.40.

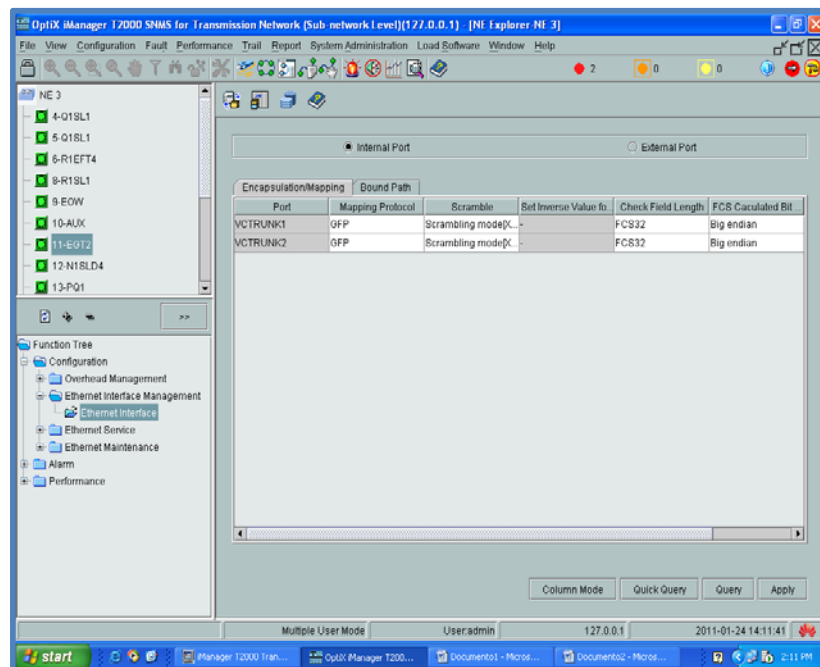


Figura 3.40 Configurando los parámetros del Internal Port

En la pestaña Bound Path de la opción “Internal port”, se selecciona la opción “Configuration” y se escoge al VC-Trunk a nivel de VC-4, bidireccional y se hace click en OK.

En la figura 3.41, se visualiza los parámetros a configurar en la pestaña Bound Patch.

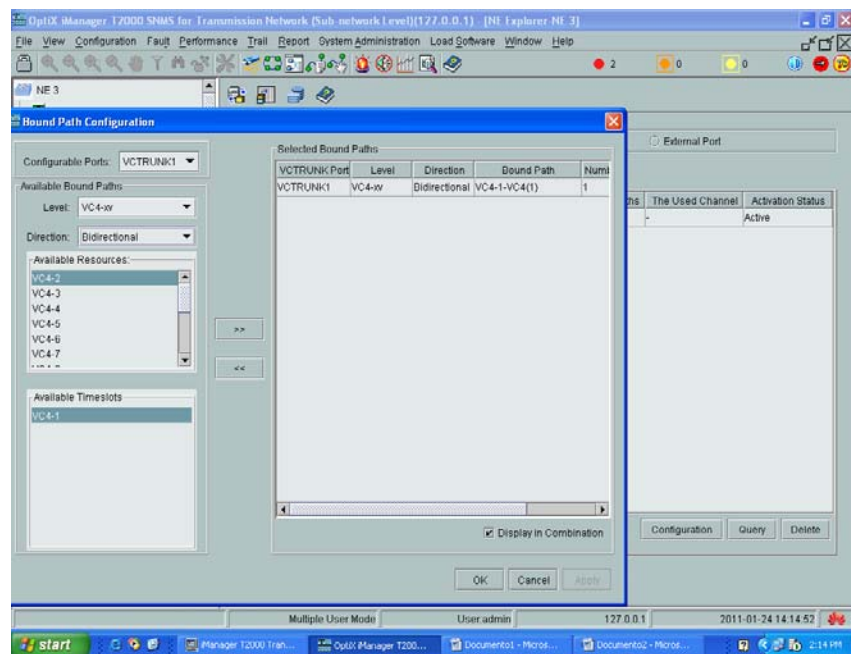


Figura 3.41 Configurando los parámetros del Bound Path

En el “External Port” (Puerto Físico), se habilita el o los puertos configurados anteriormente (VC-Trunk) y se hace un click en “Apply”.

En la figura 3.42 se muestra la pantalla de configuración de los parámetros del “External port”.

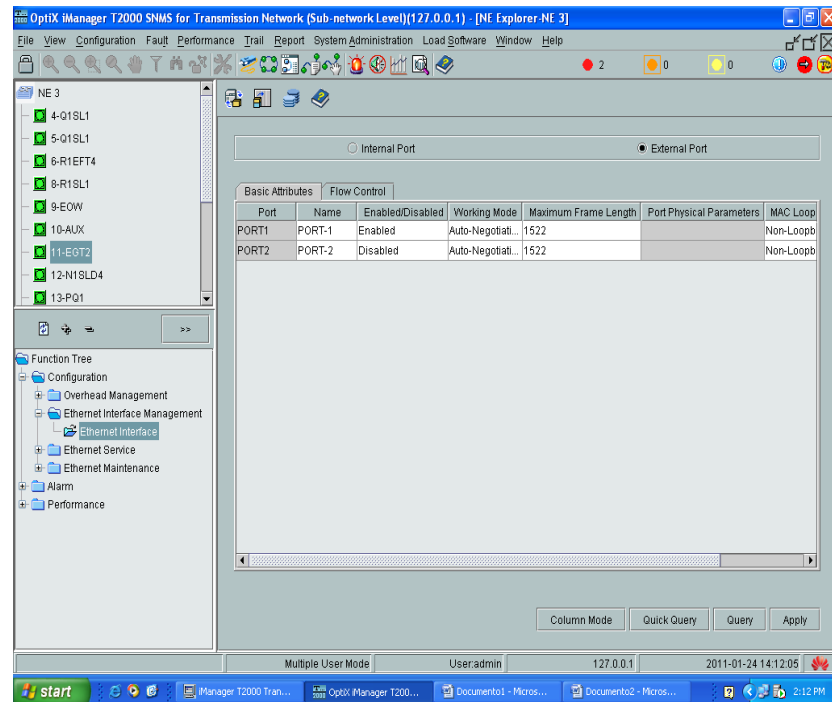


Figura 3.42 Configurando los Parámetros del External Port

Paso 13: En este paso realizaremos la configuración del “Clock” para tener sincronización en la red SDH.

El “CLOCK” fundamentalmente lo sincronizaremos en sentido horario, el cual es el orden tal cual se realizó la conectividad de los nodos, iniciando desde el NE3.

Iniciamos dando click derecho en el nodo y eligiendo la opción “NE EXPLORER”, en nuestro caso iniciamos con el NE3 que es el Gateway server, tal como visualizamos en la figura 3.43.

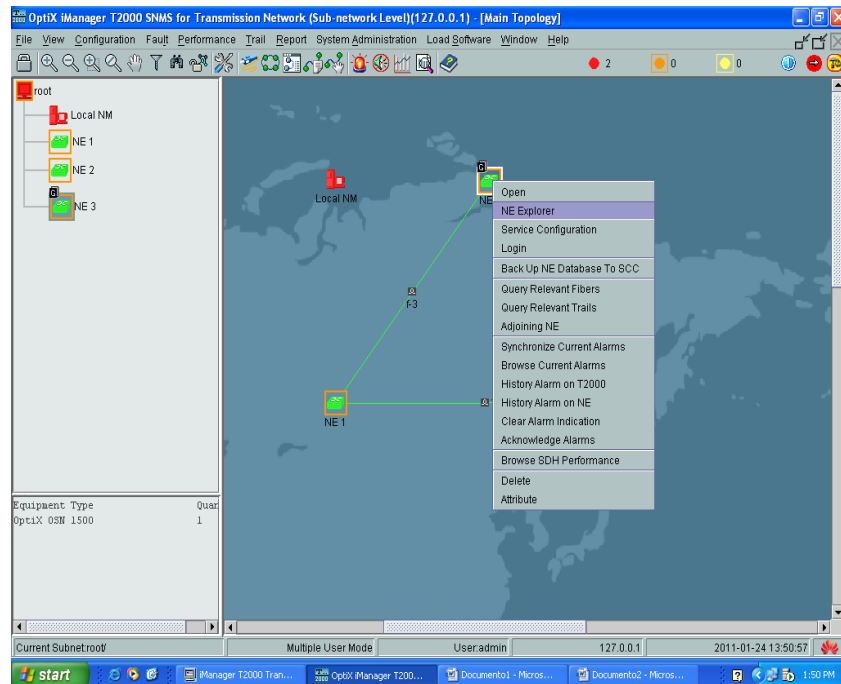


Figura 3.43 Configurando la Sincronización en NE3

Luego de esto aparecerá una ventana de varias opciones en el lado lateral izquierdo y seleccionamos “CONFIGURATION” seguido de “CLOCK”.

En la figura 3.44, se muestra la pantalla para seleccionar las prioridades y los “Clock” del nodo.

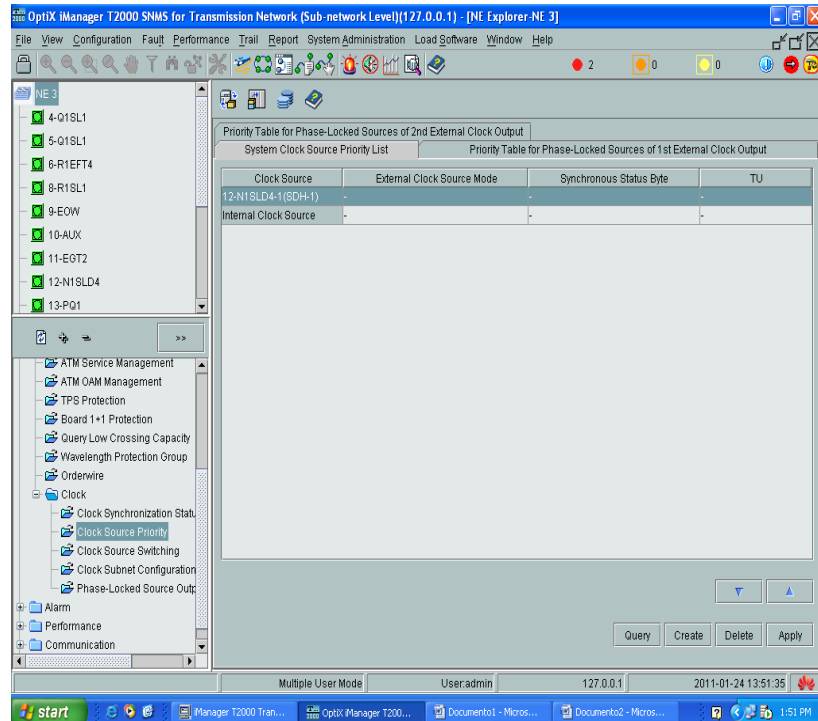


Figura 3.44 Seleccionando Clock Source Priority

Luego se elegirá la prioridad del clock, (CLOCK SOURCE PRIORITY) basado en los puertos, eligiendo, en nuestro caso la prioridad para el Nodo3: “Clock Internal” y para que el clock interno, hacia el port2:N1SLD4-2(SDH-2), luego damos click en “Apply”. Este procedimiento se lo realiza en la pestaña “System Clock Source Priority List”, la elección se realiza dando click derecho en y eligiendo “Add Clock”.

Ahora en la opción “CLOCK SOURCE SWITCHING”, en la pestaña “Clock Source Reversion Parameter”, establecemos el “Clock Source WTR Time” en 5 minutos y también en “Auto-Revertive”.

El parámetro “Clock Source WTR Time”, indica el máximo tiempo de falla de un servicio al momento de producirse algún incidente en la red. En la figura 3.45, se muestra la configuración de este parámetro:

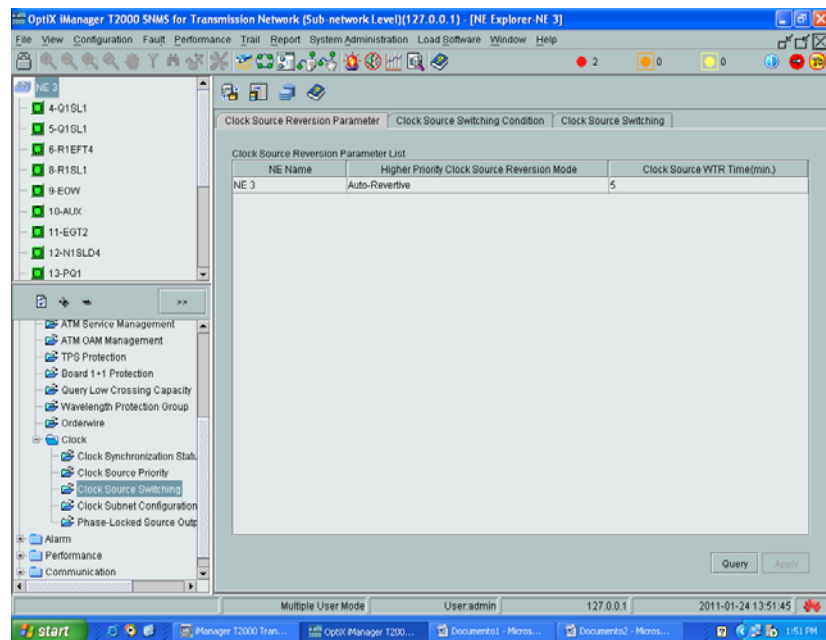


Figura 3.45 Configurando la opción Clock Source Switching en NE3

Luego nos dirigimos a la opción “CLOCK SUBNET CONFIGURATION”, y en la pestaña “Clock Subnet”

establecemos la prioridad del reloj en ese nodo, antes, debemos comprobar que este seleccionada la opción “Start Standard SSM Protocol”. En nuestro caso señalamos el “Clock internal” con prioridad 1 en el NE3 y el reloj que ingresa por el “Port2” con prioridad 2, luego de hacemos click en “Apply”.

En esta misma ventana en la pestaña “Clock Quality” se selecciona el tipo de reloj, se eligió el G.811 como se muestra en la figura 3.46

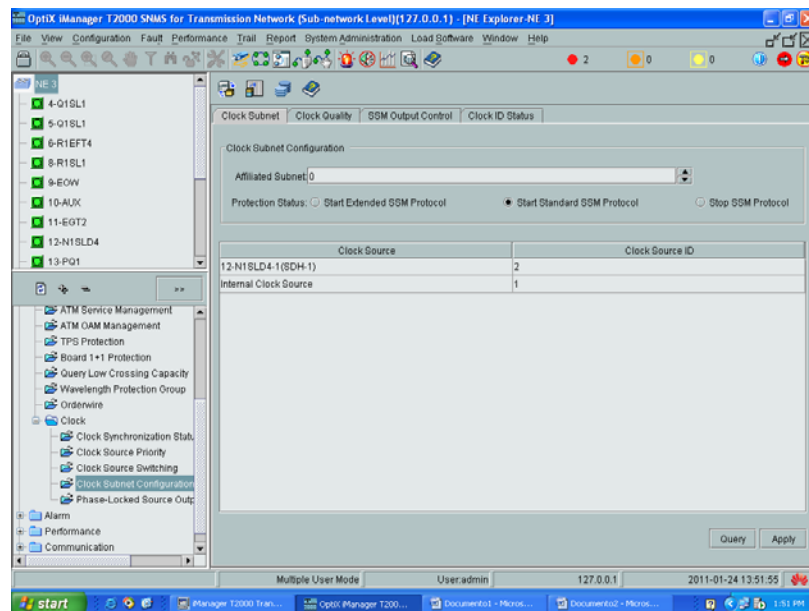


Figura 3.46 Configurando la Prioridad del Clock en el NE3

Para el NE2, se realizan los mismos pasos, pero se seleccionaron 3 Clases de relojes: “Internal Clock Source” con

prioridad 3, el 12-N1SLD4-2(SDH-2) con prioridad 1 y el 12-N1SLD4-1(SDH-1) con prioridad 2, todos de tipo G.811, así como se muestra en la figura 3.47.

El Reloj tipo G.811 es prioridad 1, lo más recomendable como prioridad 1 es tener un Reloj Externo sincronizado por satélites.

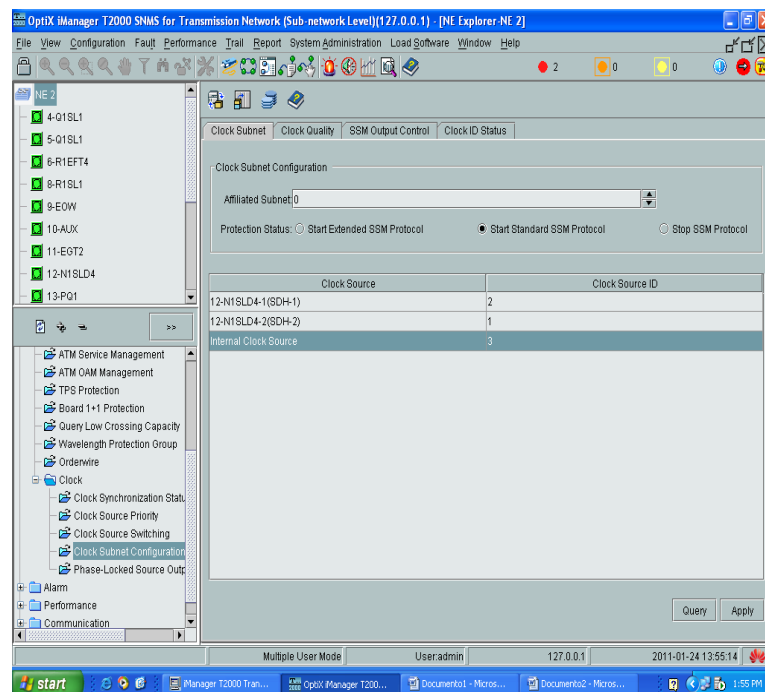


Figura 3.47 Elijiendo las clases de Clock y dándole prioridad en el Nodo NE2

Para el NE1, se hicieron los mismos pasos seleccionando también 3 clases de relojes: el 12-N1SLD4-2(SDH-2) con prioridad 1, el 12-N1SLD4-1(SDH-1) con prioridad 2 y el "Internal

Clock Source” con una prioridad 3. Todos de tipo G.811. Tal como se muestra la figura 3.48

El procedimiento para la sincronización de cada nodo es el mismo, la única diferencia es la prioridad, que depende del puerto de cada equipo.

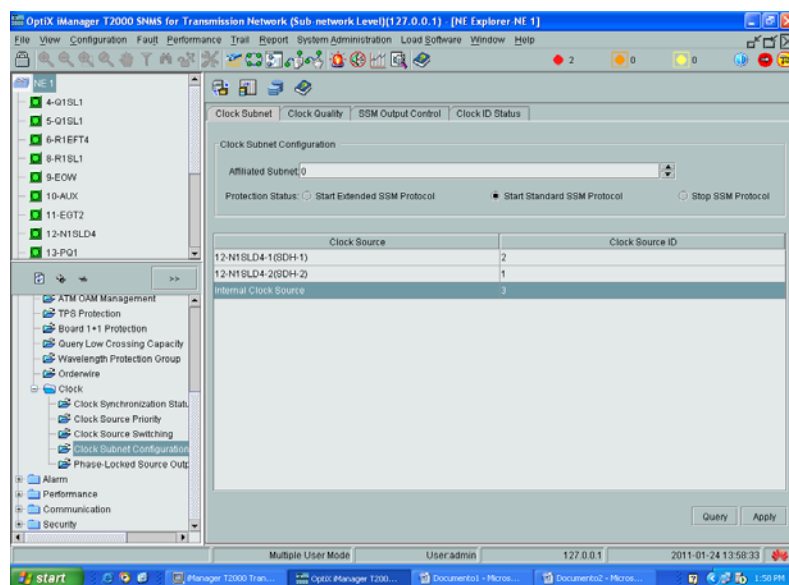


Figura 3.48 Eliendo las clases de Clock y dándole prioridad en el Nodo NE1

Paso 14: En este paso veremos la configuración del “OrderWire”. El “OrderWire” es utilizado en situaciones complejas, lugares donde no existe comunicación como celular, telefonía convencional u otro. Configurando la opción “OrderWire” del equipo OSN 1500, el personal que esté haciendo la configuración

se podrá comunicar entre los nodos e inclusive hacer conferencias entre los distintos nodos.

Para configurar el “OrderWire” se hace click derecho sobre el nodo, se elige la opción “Service Configuration” y luego “OrderWire”. En la ventana siguiente se escoge la pestaña “General”, se configura el “Phone 1”, el “Conference Call” y el “Call Waiting time” seguido de un “click” en “Apply”.

La parte de “phone1” corresponde al ID del equipo del nodo, se establece un código para la “Conference Call” (999) y el tiempo de espera de la llamada. En la figura 3.49, se muestra la pantalla que aparecerá cuando se desea configurar el teléfono.

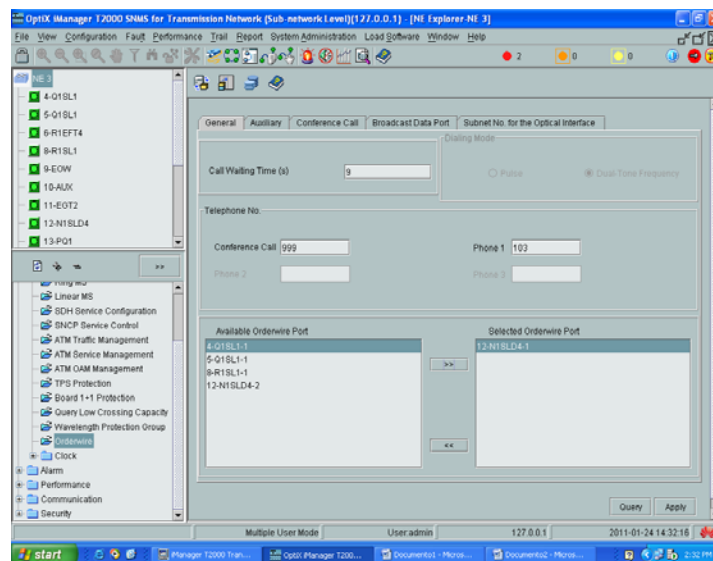


Figura 3.49 Configurando los Parámetros del OrderWire

En la pestaña “Conference Call” se seleccionan los puertos agregados, en nuestro caso “SLD4” y damos click en “Apply”.

Vamos a mencionar como realizar una conferencia entre los “Phone” de los 3 nodos, Nodo1 (101), Nodo2 (102) y Nodo 3 (103), tomando como referencia que se está en el Nodo2. Se digita en el teléfono 103 luego 999 y por último 101. Tal como se muestra en la figura 3.50.

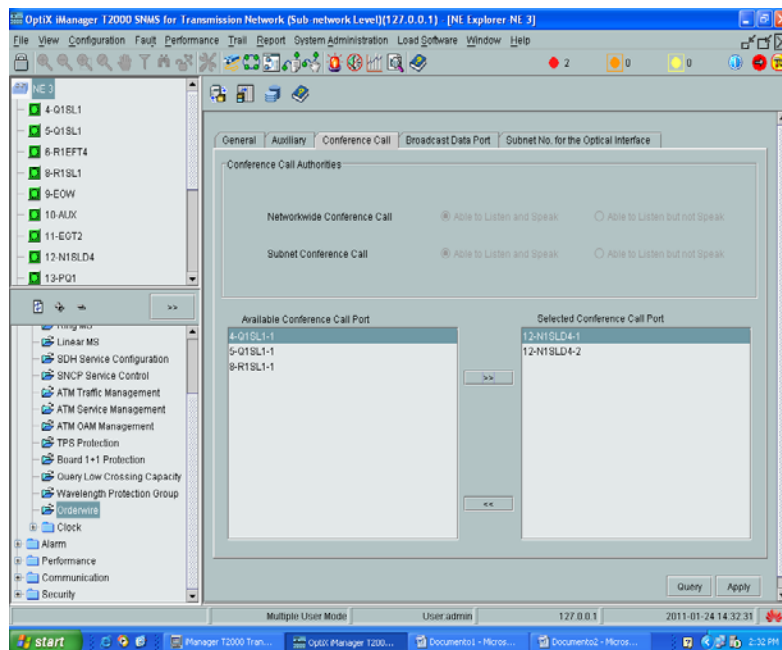
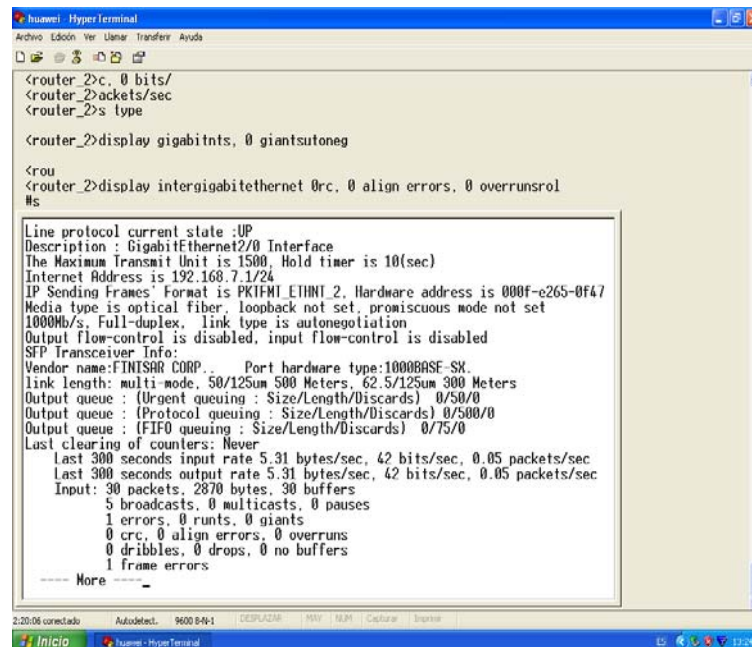


Figura 3.50 Configurando los Puertos Agregados para Call Conference

Una vez realizadas todas las configuraciones antes descritas hemos finalizado el objetivo de levantar los servicios en la red SDH. Para verificar que hay comunicación entre los nodos,

realizamos una prueba de conectividad Gigabit-Ethernet entre dos nodos, el NE3 y NE2. Para esta verificación se utilizó los Routers HUAWEI AR 28-30 los cuales tienen puertos Gigabit-Ethernet.

Entonces, primero realizamos la verificación de que la interface de cada "Router" este "UP" con el comando: "Display Interface Gigabit Ethernet 0", donde nos apareció una pantalla como la que se muestra en la Figura 3.51.



```
<router_2>c. 0 bits/
<router_2>ackets/sec
<router_2>s type

<router_2>display gigabitntns, 0 giantsutoneg

<rou
<router_2>display intergigabitethernet 0rc, 0 align errors, 0 overrunsrol
#s

Line protocol current state :UP
Description : GigabitEthernet2/0 Interface
The Maximum Transmit Unit is 1500, Hold timer is 10(sec)
Internet Address is 192.168.7.1/24
IP Sending Frames' Format is PKTFWI_ETHNI_2, Hardware address is 000f-e265-0f47
Media type is optical fiber, loopback not set, promiscuous mode not set
1000Mb/s, Full-duplex, link type is autonegotiation
Output flow-control is disabled, input flow-control is disabled
SFP Transceiver Info:
Vendor name:FINTSAR CORP. Port hardware type:1000BASE-SX.
link length: multi-mode, 50/125um 500 Meters, 62.5/125um 300 Meters
Output queue : (Urgent queuing : Size/Length/Discards) 0/50/0
Output queue : (Protocol queuing : Size/Length/Discards) 0/500/0
Output queue : (FIFO queuing : Size/Length/Discards) 0/75/0
Last clearing of counters: Never
Last 300 seconds input rate 5.31 bytes/sec, 42 bits/sec, 0.05 packets/sec
Last 300 seconds output rate 5.31 bytes/sec, 42 bits/sec, 0.05 packets/sec
Input: 30 packets, 2870 bytes, 30 buffers
5 broadcasts, 0 multicasts, 0 pauses
1 errors, 0 runt, 0 giants
0 crc, 0 align errors, 0 overruns
0 drubbles, 0 drops, 0 no buffers
1 frame errors
----- More -----
```

Figura 3.51 Pantalla que muestra el servicio habilitado GIGABIT Ethernet del NE2

Luego, con el comando “Router# display Interface Gigabit Ethernet 0” verificamos la interface Gigabit-Ethernet del Router que se encuentra conectado al otro nodo NE3, como se muestra en ventada de la figura 3.52.

```

La
<router_3>nds input
<router_3>ytes/sec.
<router_3>displ packets/sec In
<router_3>display inte0 packets/sec_
D
phys
<router_3>display interface gig Last 300 seconds output rate 0
<router_3>display interface GigabitEthernet 001 is PP

Line protocol current state :UP
Description : GigabitEthernet2/0 Interface
The Maximum Transmit Unit is 1500, Hold timer is 10(sec)
Internet Address is 192.168.7.2/24
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 000f-e265-0f39
Media type is optical fiber, loopback not set, promiscuous mode not set
1000Mb/s, Full-duplex, link type is autonegotiation
Output flow-control is disabled, input flow-control is disabled
SFP Transceiver Info:
Vendor name:FINISAR CORP., Port hardware type:1000BASE-SX.
link length: multi-mode, 50/125um 500 Meters, 62.5/125um 300 Meters
Output queue : (Urgent queuing : Size/Length/Discards) 0/50/0
Output queue : (Protocol queuing : Size/Length/Discards) 0/500/0
Output queue : (FIFO queuing : Size/Length/Discards) 0/75/0
Last clearing of counters: Never
Last 300 seconds input rate 3.40 bytes/sec, 27 bits/sec, 0.03 packets/sec
Last 300 seconds output rate 3.40 bytes/sec, 27 bits/sec, 0.03 packets/sec
Input: 28 packets, 2742 bytes, 28 buffers
  2 broadcasts, 0 multicasts, 0 pauses
  1 errors, 0 runts, 0 giants
  0 crc, 0 align errors, 0 overruns
  0 dribbles, 0 drops, 0 no buffers
  1 frame errors
---- More ----

```

Figura 3.52 Pantalla que muestra el servicio GIGABIT Ethernet del NE3

Una vez verificado que ambas interfaces de los dos Routers se encuentran habilitadas, procedemos a realizar un ping de un equipo al otro de la siguiente manera:

```
Router# ping 192.168.7.1
```

La conectividad efectiva se muestra en la figura 3.53.

```

Internet protocol processing : disabled 1 errors, 0 runts
Output queue : (Protocol queuing : Size/Length/Discards) 0/500/0interface/se
Output queue : (Urgent
Aux0 current state :
Last cl
Output queue : (FIFO queuing : Size/Length/Discards) 0/75/0 Last 300 seconds in
Last clearing of counters: Neverum Transmit Unit is 1500
Last 300 seconds input rate 3.40 bytes/sec, 27 bits/sec, 0.03 packets/secs/

0 crc, 0 align errors, 0 overruns
0 dribbles, 0 drops, 0 no buffers
1 frame errors
Output:37 packets, 3318 bytes, 0 buffers
12 broadcasts, 0 multicasts, 0 pauses
0 errors, 0 underruns, 0 collisions
0 deferred, 0 lost carriers

<router_3>ping 192.168.7.1
PING 192.168.7.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 192.168.7.1: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=1 ms
Reply from 192.168.7.1: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=2 ms
Reply from 192.168.7.1: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=1 ms
Reply from 192.168.7.1: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=2 ms
Reply from 192.168.7.1: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=2 ms

--- 192.168.7.1 ping statistics ---
5 packet(s) transmitted
5 packet(s) received
0.00% packet loss
round-trip min/avg/max = 1/1/2 ms

<router_3>_

```

Figura 3.53 Conectividad entre los equipos NE3 y NE2

Finalmente, luego de las pruebas de diagnostico suficientes para asegurar el funcionamiento de la RED SDH, podemos entregar los 3 STM-1 como servicio o puerto tributario requeridos por la empresa portadora de telecomunicaciones para que pueda transmitir de forma más rápida sus canales de voz.

3.2.4 Mediciones y resultados

En esta parte presentaremos los resultados de las mediciones que realizamos en el laboratorio. En la vida real, estos resultados nos permitirán calcular con mayor exactitud la distancia que debe haber entre cada nodo, antes de que se atenúe la señal, para poder regenerarla. Los datos fueron tomados utilizando las tarjetas de los equipos del laboratorio. Para los cálculos tomamos como referencia los datos de tres tarjetas, una de similares características a la de los equipos del laboratorio y las otras dos, son la que se deberían utilizar en la vida real, esto se debe a que las tarjetas que están en los equipos del laboratorio, son para ser utilizadas con una fibra óptica de tipo multimodo de corto alcance, las otras dos son para ser utilizadas con fibra óptica de tipo monomodo.

3.2.4.1 Medición de potencia

Utilizando el "Power Meter" realizamos la medición de las Potencias de Transmisión de las Tarjetas agregadas en cada uno de los Puertos. Teniendo presente el modelo de las tarjetas se realizó la medición a un $\lambda = 1550\text{nm}$.

En la figura 3.54, se muestra el equipo Power meter midiendo la potencia de un puerto de la tarjeta agragada STM-4.



Figura 3.54 Medición de Potencia con el Power Meter

Se obtuvo los valores de potencia tanto con el “Power Meter” (Datos Prácticos), como con el software “T2000 Client” (Datos Teóricos) y calculamos el margen de error por cada “Network Element”, esto, se muestra en las tablas 3.4, 3.5 y 3.6:

Medición de Potencias Puertos Agregados NE-1 [dBm]						
Medición	NE-1		Software T2000		Margen de Error	
	Port 1	Port2	Port 1	Port 2	Port 1	Port 2
sin atenuador	-10,16	-11,03	-9,86	-10,63	-3,04%	-3,76%

Tabla 3.4 Valores de Potencia del NE-1

Medición de Potencias Puertos Agregados NE-2 [dBm]							
		NE-2		Software T2000		Margen de Error	
Medición	Port 1	Port2	Port 1	Port 2	Port 1	Port 2	
sin atenuador	-11,15	-11,8	-10,85	-11,4	-2,76%	-3,51%	

Tabla 3.5 Valores de Potencia del NE-2

Medición de Potencias Puertos Agregados NE-3 [dBm]							
		NE-3		Software T2000		Margen de Error	
Medición	Port 1	Port2	Port 1	Port 2	Port 1	Port 2	
sin atenuador	-11,64	-10,21	-11,34	-9,81	-2,65%	-4,08%	

Tabla 3.6 Valores de Potencia del NE-3

3.2.4.2 Cálculo de distancia entre los nodos

En esta parte mostraremos, como realizar el cálculo de la distancia a la que tienen que estar los nodos y sub-nodos, a lo largo de la ruta entre GYE-UIO, GYE-CUE y UIO-CUE.

En la simulación nosotros utilizamos tarjetas SLD4 S-4.1, es decir, tarjetas con 2 puertos agregados STM-4 de corto alcance (soportan hasta 15Km) ya que solo es para laboratorios. Pero para la práctica se recomienda trabajar con las tarjetas SLD4 Ve-

4.2 (propia de HUAWEI) y SLD4 L-4.2, las cual soportan hasta 100Km y 80 Km respectivamente.

En la siguiente tabla 3.7 se muestra las características de las 3 tarjetas.

Nombre de la Tarjeta	Tipo de Interfac e Óptica	Longitud de Onda [nm]	Tipo de Fibra	Distancia [Km]	Potencia de Transmisión [dBm]	Ps=Prx [dBm]
SLD4	S-4.1	1310	MM	2-15	-15 hasta -8	-28
SLD4	L-4.2	1550	SM	40-80	-3 hasta +2	-28
SLD4	Ve-4.2	1550	SM	80-100	-3 hasta +2	-34

Tabla 3.7 Características de las tarjetas SLD4

Basándonos en la tabla 3.7, calcularemos la distancia máxima que debe existir entre los Nodos hasta completar la ruta.

Para realizar estos cálculos utilizaremos las siguientes fórmulas:

Para calcular la Atenuación Total.

$$A_t = A_l L + A_e N_e + A_c N_c, (3.1)$$

Donde:

A_t = Atenuación Total del enlace

A_l = Atenuación del cable

L = Distancia del cable

A_e = Atenuación del empalme

N_e = Número de empalmes

A_c = Atenuación del conector

N_c = Número de conectores

Para calcular el Número de empalmes:

$$N_e = L / L_c , (3.2)$$

Donde:

L= Distancia del cable soportado por la tarjeta

L_c = Cantidad de Fibra que viene en el carrete en Km

Para calcular la Potencia de Recepción o Sensibilidad:

$$P_{RX} = P_t - A_t, (3.3)$$

Donde:

P_{RX} = Potencia de Recepción

P_t = Potencia de Transmisión

A_t = Atenuación del enlace

Para hallar la diferencia de Potencia de Recepción:

$$\Delta P_{RX} = P_{RXC} - P_{RXF}, \quad (3.4)$$

Donde:

ΔP_{RX} = Diferencia de Potencias de Recepción

P_{RXC} = Potencia de Recepción calculada

P_{RXF} = Potencia de recepción por el Fabricante

Para Hallar la Distancia que podemos Agregar al enlace:

$$D' = \Delta_{RX} / A_l, \quad (3.5)$$

Donde:

D' = Distancia faltante para la máxima que soporta la tarjeta

Δ_{RX} = Diferencia de Potencias de Recepción

A_l = Atenuación del cable

Para éstos cálculos asumimos que $A_l = 0.2$ db/Km (ITU-G.655), que el carrete sería de 4 Km, $A_c = 0.5$ db, $A_e = 0.05$ db y que el $N_c = 2$ (origen –Destino).

Basados en estos datos y fórmulas procedemos a realizar las mediciones respectivas.

1.- Utilizando la tarjeta SLD4 del laboratorio (corto alcance y multimodo). Obteniendo la atenuación total:

$$A_t = A_l L + A_e N_e + A_c N_c$$

$$A_t = 0,2(15) + 0,05(4) + 0,5(2)$$

$$A_t = 4,10 \text{ db} \sim 4 \text{ db}$$

Luego calculamos la Potencia de recepción (Sensibilidad):

$$P_{RX} = P_t - A_t$$

$$P_{RX} = -10 - 4$$

$$P_{RX} = -14 \text{ db}$$

Lo que significa, que con ésta tarjeta de corto alcance podemos recorrer 15Km, dando una atenuación aproximada de 4db y con Sensibilidad de -14db, pero el valor en las especificaciones técnicas de la tarjeta tiene una Sensibilidad de -31db por lo que calcularemos la diferencia de Potencia de Sensibilidad y así calcular hasta la distancia que podemos aumentar en el enlace.

Calculando la Δ_{RX} se tiene:

$$\Delta P_{RX} = P_{RXC} - P_{RXF}$$

$$\Delta P_{RX} = -14 - (-28) = 14 \text{ db}$$

Como margen de protección dejaremos 3db, por lo que se trabajará con 14db, con lo cual calculamos la distancia D':

$$D' = \Delta P_{RX} / A_l$$

$$D' = 11 / 0,2 = 55 \text{ Km}$$

Por lo que:

$$D_{max} = 15 + 55 = 70 \text{ Km}$$

Como resultado tenemos que con dicha tarjeta podemos tener una distancia máxima entre nodos de 70 Km.

2.- Utilizando la tarjeta SLD4 de largo alcance L-4.2:

$$A_t = A_l L + A_e N_e + A_c N_c$$

$$A_t = 0,2 (80) + 0,05(20) + 0,5(2)$$

$$A_t = 18\text{db}$$

Luego calculando la Potencia de recepción (Sensibilidad) se tiene:

$$P_{RX} = P_t - A_t$$

$$P_{RX} = -1 - 18$$

$$P_{RX} = -19 \text{ db}$$

Lo que significa, que con ésta tarjeta de largo alcance L-4.2, podemos recorrer 80Km, dando una atenuación aproximada de 18db y con sensibilidad de -19db, dado que el valor en las especificaciones técnicas de la tarjeta tiene una sensibilidad de -28db procedemos a calcular la diferencia de potencia de sensibilidad para así calcular la distancia que podemos aumentar de nodo a nodo.

Calculando la ΔP_{RX} se tiene:

$$\Delta P_{RX} = P_{RXC} - P_{RXF}$$

$$\Delta P_{RX} = -19 - (-28) = 9 \text{ db}$$

Como margen de protección utilizamos 3db, por lo que se trabajará con 6db, y calculando la distancia D' tenemos:

$$D' = \Delta P_{RX} / A_l$$

$$D' = 6 / 0,2 = 30 \text{ Km}$$

Por lo que:

$$D_{max} = 80 + 30 = 110 \text{ Km}$$

Como resultado tenemos que con dicha tarjeta podemos tener una distancia máxima entre nodos de 110Km.

3.- Utilizando la tarjeta SLD4 de largo alcance Ve- 4.2:

$$A_t = A_l + A_e N_e + A_c N_c$$

$$A_t = 0,2 (100) + 0,05(25) + 0,5(2)$$

$$A_t = 22,25\text{db} \sim 22 \text{ db}$$

Luego calculando la Potencia de recepción (Sensibilidad) se tiene:

$$P_{RX} = P_t - A_t$$

$$P_{RX} = -1 - 22$$

$$P_{RX} = -23 \text{ db}$$

Lo que significa, que con ésta tarjeta Ve-4.2, podemos recorrer 100Km, dando una atenuación aproximada de 18db y con sensibilidad de -23db, pero el valor en las especificaciones técnicas de la tarjeta tiene una sensibilidad de -34db por lo que calculando la diferencia de potencia de sensibilidad se podrá calcular la distancia que podemos aumentar en el enlace.

Calculando la ΔP_{RX} se tiene:

$$\Delta P_{RX} = P_{RXC} - P_{RXF}$$

$$\Delta P_{RX} = -23 - (-34) = 11 \text{ db}$$

Como margen de protección utilizamos 3db, por lo que se trabajará con 8db, y calculando la distancia D' tenemos:

$$D' = \Delta P_{RX} / A_l$$

$$D' = 8 / 0,2 = 40 \text{ Km}$$

Por lo que:

$$D_{max} = 100 + 40 = 140 \text{ Km}$$

Como resultado tenemos que, con dicha tarjeta podemos tener una distancia máxima entre nodos de 140Km.

Basados en los cálculos realizados elaboramos la tabla 2.8 de la siguiente manera:

Potencia de Transmisión elegida [dBm]	Atenuación del sistema [db]	Ps=Prx Calculada [dBm]	Distancia Máxima calculada [Km]
-10	4	-14	70
-1	18	-19	110
-1	22	-23	140

Tabla 3.8 Resumen de Datos Calculados

Para el proyecto hemos seleccionado 2 tarjetas: la SLD4 L-4.2 y Ve-4.2, que se las utilizaría dependiendo de la distancia que exista de nodo a nodo, eligiendo la más óptima.

En las tablas 3.9 y 3.10 se detallan las tablas de matrices de los servicios de STM-1 y E1's del proyecto.

	Guayaquil	Babahoyo	Quevedo	Santo Domingo	Aloag	Quito
Guayaquil						3
Babahoyo						
Quevedo						
Santo Domingo						
Quito	3					

Tabla 3.9 Matriz de Servicios STM-1 de la primera parte del proyecto

	Guayaquil	Naranjal	Machala	Sta. Isabel	Cuenca
Guayaquil					10
Naranjal					
Machala					
Sta. Isabel					
Cuenca	10				

Tabla 3.10 Matriz de Servicios E1 de la segunda parte del proyecto

3.2.5 Costo de implementación del proyecto

A continuación en la tabla 3.11, se mostrará el costo de la implementación de esta parte del proyecto, el cual incluye la implementación de la fibra, costos del nodo principal y Secundario. Para los costos de equipamiento nos basamos en los precios de lista que se encuentran en el laboratorio de telecomunicaciones de la

ESPOL. En la sección, “Descripción detallada de costos” detallaremos cada uno de los ítems mencionados en la siguiente tabla 3.11.

Costos de Implementación			
Cantidad	Descripción	P.Unitario	P.Total
1	IMPLEMENTACION DE LA FIBRA GYE – UIO	\$ 11.018.748,00	\$ 11.018.748,00
2	NODO PRINCIPAL	\$ 175.345,00	\$ 350.690,00
4	NODO SECUNDARIO	\$ 65.284,00	\$ 261.136,00
SubTotal			\$ 11.630.574,00

Tabla 3.11 Costos de Implementación de la primera parte del Proyecto

3.3 Análisis de la infraestructura para dar servicio de 10 E1 clear channel con salida al Nap de las Américas por TRANSNEXA para un call center ubicado en la ciudad de Cuenca con tecnología TDMoIP.

3.3.1 Descripción del diseño y consideraciones

Para esta segunda parte del proyecto, se considera que la infraestructura SDH de la primera parte está implementada y sobre esta adicionamos los equipos activos para brindar el servicio basado en la tecnología TDM/TDMoIP. Para esto, debemos realizar el tendido de fibra óptica para completar un anillo entre las 3 ciudades Guayaquil, Quito y Cuenca. Luego, levantamos la información técnica sobre los equipos activos para brindar el servicio TDM/TDMoIP, que serían Switches y Multiplexores IP. Es importante mencionar, que hemos asumido que el equipo que se identifica como la ciudad de Quito en el

anillo SDH de la primera parte del proyecto, simula la conexión hacia al NAP de las AMÉRICAS dado que TRANSNEXA se encuentra ubicado en la ciudad de Quito.

3.3.2 Implementación de la infraestructura de una red Metro Ethernet para brindar servicios de TDM o TDMoIP con equipos activos bajo la red SDH

A continuación detallaremos los pasos a seguir para la implementación de la infraestructura:

3.3.2.1 Selección de la ruta

Para realizar el trazado de la fibra óptica, vamos a complementar la ruta existente de la primera parte del proyecto entre las ciudades de Guayaquil y Quito, para obtener un anillo entre las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca. En las siguientes tablas 3.12 y 3.13 presentamos las distancias del recorrido de la fibra óptica sugerido para formar el anillo entre las tres ciudades.

RUTA	DISTANCIA
Guayaquil – Naranjal	58 Km
Naranjal – Machala	99 Km
Machala - Sta Isabel	77 Km
Sta Isabel – Cuenca	70 km
Total de la Ruta	304 Km

Tabla 3.12 Recorrido de la Fibra entre Gye - Cuenca^[14]

SUB-RUTA	DISTANCIA
Cuenca – Zhud	93 Km
Zhud – Riobamba	139 Km
Riobamba – Ambato	63 km
Ambato – Latacunga	95 km
Latacunga – Quito	90 Km
Total de la Ruta	480 Km

Tabla 3.13 Recorrido de la Fibra Cuenca – Quito ^[14]

En la figura 3.55, mostramos la ruta total para formar el anillo entre las tres ciudades.

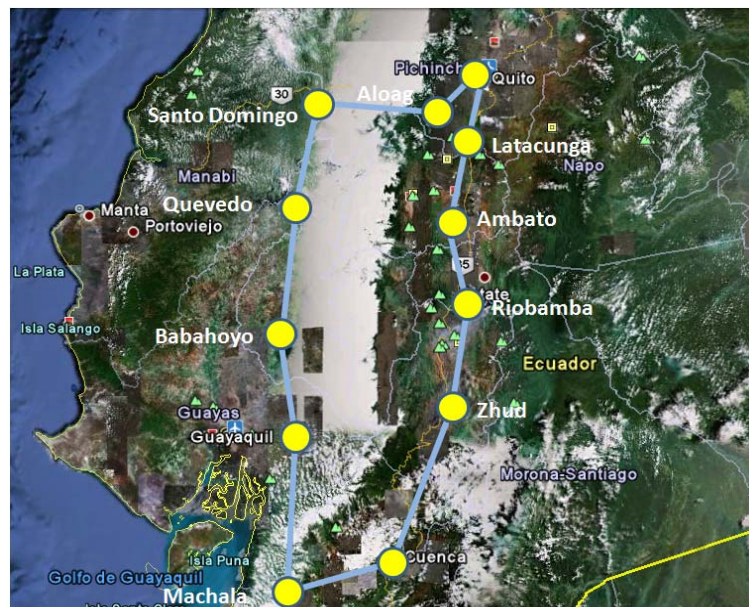


Figura 3.55 Anillo Guayaquil – Quito- Cuenca

Las consideraciones técnicas para la implementación de la fibra óptica son idénticas a las utilizadas en la primera parte del proyecto.

3.3.3 Simulación de ambiente y pruebas del laboratorio

Tomando como base la arquitectura de la red SDH que se configuró en la primera parte del proyecto y ahora utilizando el anillo completo entre los tres nodos, nos basamos en ésta, para tener un ambiente similar en el laboratorio de telecomunicaciones de la ESPOL complementándolo con una red METROTHERNET utilizando switches y multiplexores IP para poder brindar el servicio de TDMoIP. En este laboratorio utilizaremos un switch Cisco modelo 3550 de 24 puertos para simular una Red METRO ETHERNET y multiplexores IP (IPMUX 8, IPMUX11 E IPMUX1) de marca RAD para dar el servicio de TDMoIP. En la figura 3.56 mostramos el IPMUX 8 y el switch 3550 de 48 puertos, utilizados para este laboratorio.



Figura 3.56 IPMUX8 y Switch Cisco 3550

El switch 3550 Cisco está simulando la Red MetroEthernet , el cual tiene configurado Vlans, seguridades de puertos , control de broadcast, spanning tree y el tamaño del buffer de colas al ingreso de la interface.

El IPMUX-8 es el equipo que simula el POP y el IPMUX 1 ó IPMUX-11 son los que se encontrarían donde el cliente final, todos deben estar interconectados por medio de la red de transporte Metro Ethernet.

En la figura 3.57 se muestra el IPMUX-1 y el IPMUX-11 utilizados en este laboratorio.



Figura 3.57 IPMUX11 – IPMUX1

A continuación en la Figura 3.58 se visualiza el escenario simulado del switch como Metro Ethernet y los IPMUX tanto para el lado del POP, como para el lado del cliente.



Figura 3.58 Ambiente de Laboratorio proyecto segunda parte del proyecto: TDMoIP

Los puertos que se utilizarán del switch CISCO 3550 son los número 9, 11,13 y 15. Los cuales se conectarán tal como se indica en la tabla 3.14.

Switch 3550	
Puerto	Equipo
9	IPMUX 8
11	IPMUX 11
13	IPMUX 1
15	PC

Tabla 3.14 Puertos Utilizados en el Switch 3550

Por medio del switch CISCO 3550 (que simula la red METRO ETHERNET) todos los IPMUX se están interconectando a través del puerto Fast Ethernet de cada IPMUX y se comunican por medio de la IP Lógica, en el orden establecido en la tabla 3.15. Las direcciones IP's de los IPMUX deben de pertenecer a la misma Sub-Red y se crea una VLAN para que el Broadcast de este servicio no se vea afectado por otros servicios. Para este laboratorio utilizaremos la IP Clase B 172.21.0.X/29.

La tabla 3.15, muestra las IP's de los IPMUX. Los IPMUX por medio de la Red IP/Ethernet tendrán conectividad.

IP de Equipos	
Equipo	IP
IPMUX 8	172.21.0.106/29
IPMUX 11	172.21.0.110/29
IPMUX 1	172.21.0.107/29
PC	172.21.0.105/29

Tabla 3.15 Configuración IP de los IPMUX

En la Figura 3.59 se muestra la conectividad de los IPMUX's con el switch (red Metro Ethernet).

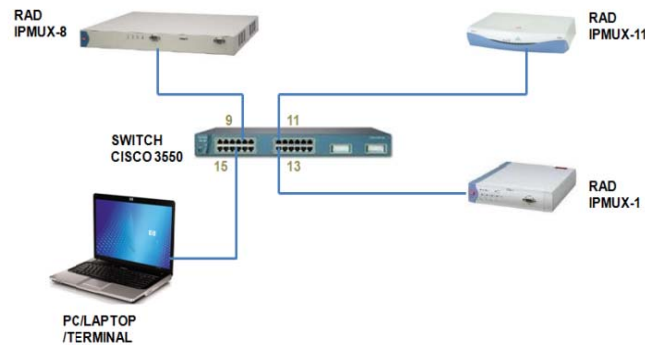


Figura 3.59 Conectividad entre los IPMUX

Luego de tener la información necesaria para la configuración de los equipos y un bosquejo de la interconexión de los mismos ahora a través de una PC y la herramienta “PUTTY”, nos conectamos vía “TELNET” con cada uno de los equipos IPMUX. La PC se configura con la IP 172.21.0.105 y nos conectamos con cada uno de los equipos IPMUX.

El primer equipo al que nos conectamos es el IPMUX-8 con dirección IP 172.21.0.106, para poder conectarnos usamos el USER: “su” y el PASSWORD.: “xxxxxxxxxx”.

Al ingresar el “user” y el “password”, visualizaremos una pantalla como la mostrada en la figura 3.60.

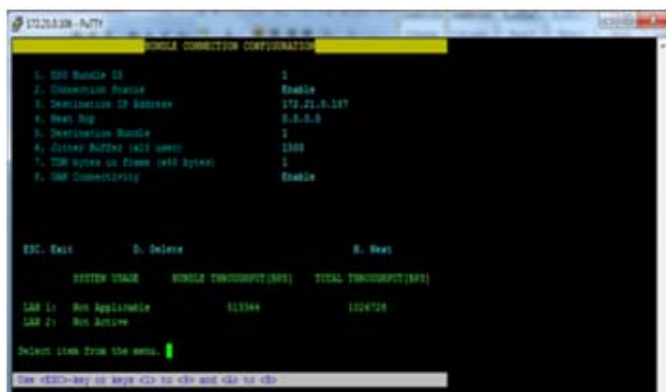


Figura 3.60 Pantalla de “BUNDLE CONNECTION CONFIGURATION” del IPMUX-8. Por ayuda de la misma herramienta (PUTTY), podemos observar la configuración del equipo IPMUX, como se muestra en la figura 3.61, que consta el resumen de interconexión de los IPMUX.



Figura 3.61 Resumen de configuración del IPMUX-8 con IP 172.21.0.106

Luego, entramos a la configuración del IPMUX-1, conectándonos a la dirección IP 172.21.0.107 con el USER: "su" y Password: "xxxxxxxxx" y verificamos la configuración del equipo.

En la Figura 3.62, se muestra la pantalla E1/T1 del IPMUX-1.

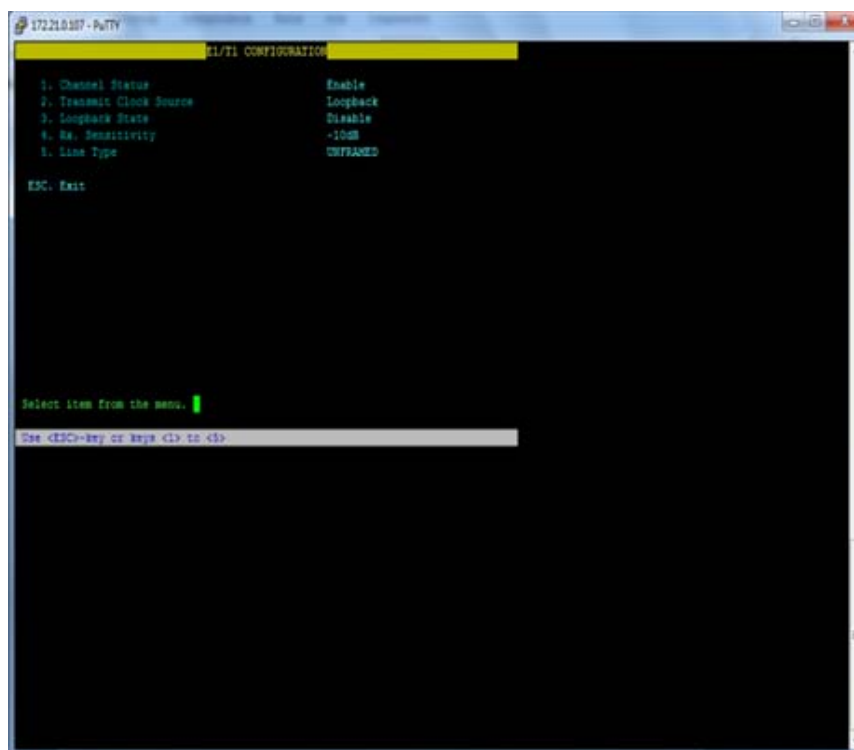


Figura 3.62 Pantalla de "E1/T1 CONFIGURATION" del IPMUX-1

En la figura 3.63 que se muestra a continuación visualizamos, la IP configurada en el Equipo, el status de la conexión, la IP de destino, el Jitter Buffer, entre otros parámetros.

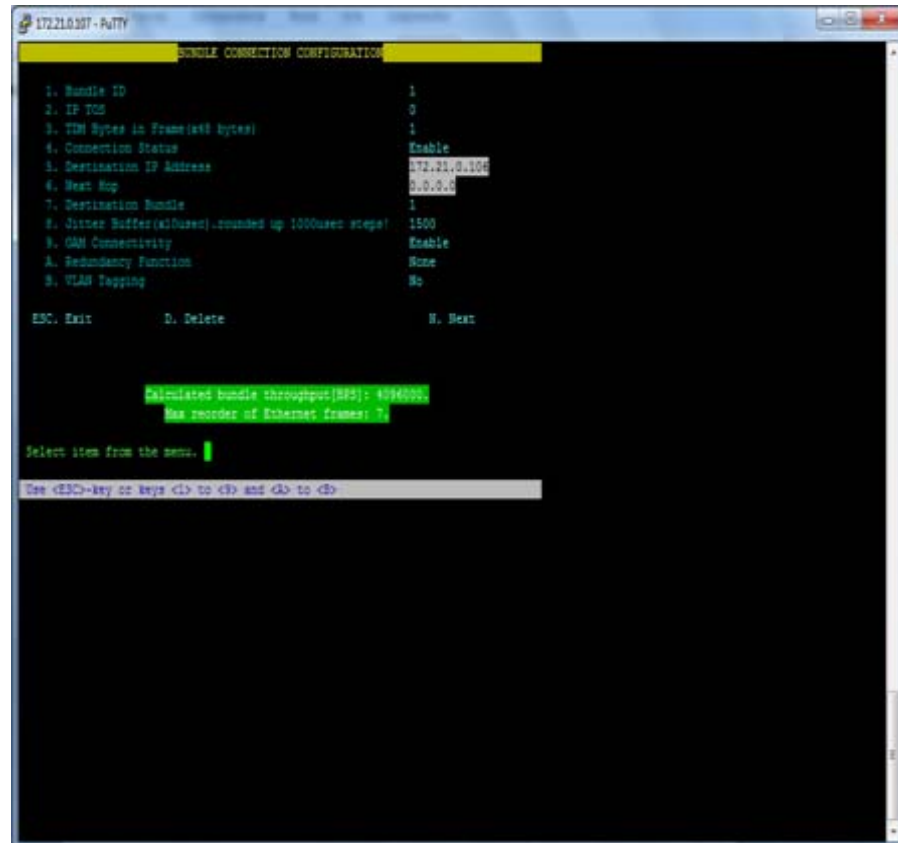


Figura 3.63 Pantalla de “BUNDLE CONNECTION CONFIGURATION” del IPMUX-1

Por último, entramos a la configuración del IPMUX-11, conectándonos a la dirección IP 172.21.0.110 con el USER: “su” y Password: “1234” y verificamos la configuración del equipo, como se puede observar en la figura 3.64.

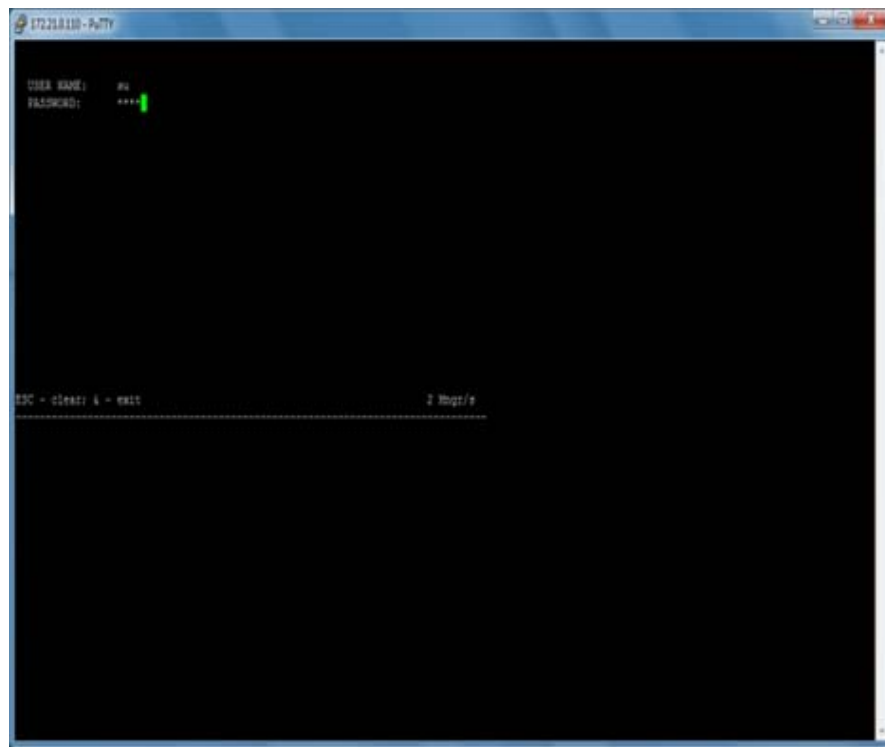
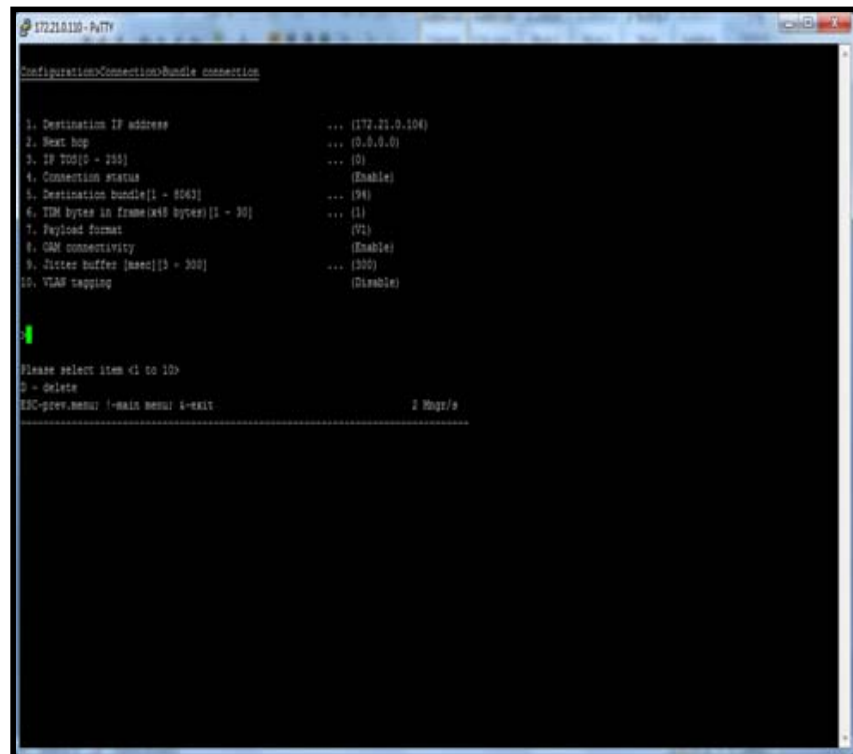


Figura 3.64 Pantalla de “Log In” del IPMUX-11 con IP 172.21.0.110

Luego de ingresar al equipo vía telnet, realizamos la configuración correspondiente tal como se muestra en la figura 3.65.



```
Configuration>Connection>Bundle connection
1. Destination IP address      ... (172.21.0.104)
2. Next hop                   ... (0.0.0.0)
3. IP TOS [0 - 255]          ... (0)
4. Connection status          ... (Enable)
5. Destination bundle [1 - 8563] ... (94)
6. TDM bytes in frame [x64 bytes] [1 - 30] ... (1)
7. Payload format             ... (V2)
8. QAM connectivity           ... (Enable)
9. Jitter buffer [mscc] [1 - 300] ... (300)
10. VLAN tagging              ... (Disable)

Please select item <1 to 10>
0 - Delete
ESC-prev.menu; /-MAIL menu; 4-EXIT          2 Mbits/s
```

Figura 3.65 Pantalla de “BUNDLE CONNECTION CONFIGURATION” del IPMUX-11

Dado que los cables del laboratorio, se encontraban averiados la prueba que se realizó fue por medio de un tester, a través de un “Bucle” utilizando un conector RJ45 ponchados sus pines 1-2, 4-5, el cual se colocó en el lpmux-1 y en el lpmux-11 se conectó el testeador, donde se pudo comprobar la transferencia de datos que existía entre ambos equipos. Nuestra recomendación es utilizar tecnología

TDMoIP, por tener menores costos que TDM en la última milla, implementación y equipos.

3.3.4 Costo de implementación de la segunda parte del proyecto

A continuación en la tabla 3.16, se mostrará el costo de la implementación de esta parte del proyecto, el cual incluye la Implementación de la Fibra Óptica, costos del Nodo Principal y Secundario. Para los costos de equipamiento nos basamos en los precios de lista que se encuentran en el laboratorio de telecomunicaciones de la ESPOL. En la sección, “Descripción detallada de costos” detallaremos cada uno de los ítems mencionados en la siguiente tabla 3.16.

Costos de Implementación			
Cantidad	Descripción	P.Unitario	P.Total
1	IMPLEMENTACION DE LA FIBRA GYE – CUE	\$ 6`633.107,85	\$ 6`633.107,85
1	IMPLEMENTACION DE LA FIBRA UIO – CUE	\$ 10`473.328,00	\$ 10`473.328,00
3	NODO PRINCIPAL	\$ 175.345,00	\$ 526.035,00
11	NODO SECUNDARIO	\$ 65.284,00	\$ 718.124,00
1	EQUIPOS PARA TDM/TDMoIP	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
	SubTotal		\$ 11`717.487,00

Tabla 3.16 Costos de Implementación del proyecto

3.4 Descripción detallada de los costos

En esta parte se realizará una presentación detallada de cada uno de los ítems que se mostraron de forma macro en cada una de las partes del proyecto.

En las tablas 3.17, 3.18 y 3.19 mostramos los costos de implementación, para poder realizar el tendido de fibra entre las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca.

Implementación Fibra Gye - UIO				
Cantidad	Descripción		P.Unitario	P.Total
33667	Zanja	Microzanja (505k x 1.10 x 0.4)mts con ayuda de Retroexcavadoras. Alquiler por hora. 120 mts en 8hrs una sola máquina.	\$ 35,00	\$1.178.345,00
222200	Grava o Ripio (piedra Bola)	Piedra bola que se colocara en la zanja para protección de fibra. El costo es por m3.	\$ 26,69	\$5.930.518,00
505000	Biducto	Biducto canalizado para la Fibra. Costo es por metro	\$ 4,09	\$2.065.450,00
505000	Fibra Óptica	Instalación + fibra óptica Subterránea G655 12 hilos marca Mercury	\$ 3,55	\$1.792.750,00
126,25	Sufladora	Equipo para pasar la fibra por todo el camino. El costo es por hora. Cada hora pasaría un carrete de 4 Km.	\$ 100,00	\$ 12.625,00
126	Empalmes	Incluye manga y Fusión de empalme de 12 hilos.	\$ 310,00	\$ 39.060,00
			Total	\$11.018.748,00

Tabla 3.17 Costos de Implementación de la Fibra entre Guayaquil - Quito

Implementación Fibra Gye - Cue				
Cantidad	Descripción		P.Unitario	P.Total
20266,67	Zanja	Microzanja (505k x 1.10 x 0.4)mts con ayuda de Retroexcavadoras. Alquiler por hora. 120 mts en 8hrs una sola máquina.	\$ 35,00	\$ 709.333,45
133760	Grava o Ripio (piedra Bola)	Piedra bola que se colocara en la zanja para protección de fibra. El costo es por m3.	\$ 26,69	\$3.570.054,40
304000	Biducto	Biducto canalizado para la Fibra. Costo es por metro	\$ 4,09	\$1.243.360,00
304000	Fibra Óptica	Instalación + fibra óptica Subteranea G655 12 hilos marca Mercury	\$ 3,55	\$1.079.200,00
76	Sufladora	Equipo para pasar la fibra por todo el camino. El costo es por hora. Cada hora pasaría un carrete de 4 Km.	\$ 100,00	\$ 7.600,00
76	Empalmes	Incluye manga y Fusión de empalme de 12 hilos.	\$ 310,00	\$ 23.560,00
			Total	\$ 6.633.107,85

Tabla 3.18 Costos de Implementación de la Fibra entre Guayaquil - Cuenca

Implementación Fibra Cue - UIO				
Cantidad	Descripción		P.Unitario	P.Total
32000	Zanja	Microzanja (505k x 1.10 x 0.4)mts con ayuda de Retroexcavadoras. Alquiler por hora. 120 mts en 8hrs una sola máquina.	\$ 35,00	\$1.120.000,00
211200	Grava o Ripio (piedra Bola)	Piedra bola que se colocara en la zanja para protección de fibra. El costo es por m3.	\$ 26,69	\$5.636.928,00
480000	Biducto	Biducto canalizado para la Fibra. Costo es por metro	\$ 4,09	\$1.963.200,00
480000	Fibra Óptica	Instalación + fibra óptica Subteranea G655 12 hilos marca Mercury	\$ 3,55	\$1.704.000,00
120	Sufladora	Equipo para pasar la fibra por todo el camino. El costo es por hora. Cada hora pasaría un carrete de 4 Km.	\$ 100,00	\$ 12.000,00
120	Empalmes	Incluye manga y Fusión de empalme de 12 hilos.	\$ 310,00	\$ 37.200,00
			Total	\$10.473.328,00

Tabla 3.19 Costos de Implementación de la Fibra entre Cuenca - Quito

En las tablas 3.20 y 3.21, se pueden observar los costos de implementar un nodo Principal y un nodo Secundario. Estos costos incluyen equipos físicos (Hardware), software de administración, climatización, construcción de los cuartos en cada ciudad y las protecciones eléctricas, es decir todo lo necesario para que la red quede implementada.

Hardware de Equipos de Comunicaciones NODO PRINCIPAL				
Cantidad	Número de Parte	Descripción	P.Unitario	P.Total
1	Rack	ETSI Assembly Rack (2200x600x300mm)	\$ 3.123,00	\$ 3.123,00
1	Subrack	SS-Subrack 1500	\$ 2.458,00	\$ 2.458,00
1	SS-E0W-1500	Order wire Board	\$ 867,00	\$ 867,00
1	SS-AUX-1500-R1	Auxiliary Interface Board	\$ 1.388,00	\$ 1.388,00
2	SS-PIU-1500	Power Interface Board	\$ 135,00	\$ 270,00
2	SS-CXL1(S-1.1-LC)Q2	STM1 - System Control Cross-Connect, optical Interface Board (S-1.1,LC)	\$ 11.880,00	\$ 23.760,00
2	SS-SL4(S-4.1,LC)-R1	STM4 - Optical Interface Board (S-4.1,LC)	\$ 3.784,00	\$ 7.568,00
1	SS-SL1(S-1.1)-R1	STM1- Optical Interface Board (S-1.1,LC)	\$ 2.253,00	\$ 2.253,00
1	SS-PL3A	3xE3/T3 front Leading Out Service Processing Board	\$ 2.199,00	\$ 2.199,00
1	SS-PQ1(120)	63xE1 Service Processing Board (120 ohm)	\$ 4.394,00	\$ 4.394,00
1	SS-EGT210-N1	2- Port Gigabit Ethernet Transparent Transmission board (1000Base SX, 850,LC)	\$ 5.376,00	\$ 5.376,00
1	SS-EFT4-R1	4 port 10/100M Ethernet Transparent Transmission Processing Board	\$ 3.494,00	\$ 3.494,00
1	SS-D12S	32xE1/T1 Electrical Interface Switching Board (120Ohm)	\$ 590,00	\$ 590,00
1	Telephone	Telephone, Ivory, double crystal type plug, environment protection	\$ 11,00	\$ 11,00
8	SS-DL-8E1-120-15	Trunk Cable: 45 deg, 15m, 120ohm, 8E1, 0.5mm	\$ 70,00	\$ 560,00
6	SS-DL-SMB-75-10	Trunk cable: 155M/clock/Lightning, 10M,75ohm,3.9mm	\$ 7,00	\$ 42,00
10	SS-OP-LC-FC-S-20	Patch Cord FC/PC, LC/PC, Single Mode, 2mm , 20m	\$ 13,00	\$ 130,00
4	SS-OP-LC-FC-M-20	Patch Cord FC/PC, LC/PC, Multi Mode, 2mm , 20m	\$ 14,00	\$ 56,00
4	SS-OP-ATN-LC-5	Fixed Optical Attenuator, 1310/1550-5db- LC/PC	\$ 27,00	\$ 108,00
2	SS-OP-HRL-ATN-FC-5	Optical Fixed Attenuator, High Return loss, 1310/1550nm,5db, FC/PC	\$ 17,00	\$ 34,00
1	SS-Power 01	One set of 4805 and Accessories for 1500/2500	\$ 456,00	\$ 456,00
1	Windows client Hardware	PC:Desktop,P4 3.0G or Above, 2G,80G, FDD, DVD, Integrated Nic, Integrated Audio Card, Integrated Sound Box, 19"LCD, english Windows XP Professional, V92 Modem.	\$ 1.274,00	\$ 1.274,00
Software de Equipo de Comunicaciones				
3	iManager T2000	License charge Per OSN 1500 NE	\$ 1.800,00	\$ 5.400,00
1		SDH application Software Charge	\$14.458,00	\$ 14.458,00
1	Win client Network Managemet	JTGO(Including Jviews Suite) Runtime License	\$ 396,00	\$ 396,00
1	Win Client NE License Authorization Charge	iManager T2000: Windows Client software Charge	\$12.480,00	\$ 12.480,00
1		iManager T2000: License Charge Per Client	\$60.000,00	\$ 60.000,00
Obra Civil				
1		Construcción de Nodo Principal. 20mts2	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Banco de Baterías				
1	Baterías marca Trippelite 2.5Kva	Banco de Baterías para Nodo Principal	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
1		Conexión a tierra del Nodo	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Climatización				
1	Split 18000BTU	Para área de 20 mts2	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Mantenimiento				
1		Mantenimiento del Hardware y Software (Anual)	\$ 7.700,00	\$ 7.700,00
			SubTotal	\$175.345,00

Tabla 3.20 Costo de implementación de Nodo Principal ^[19]

Hardware de Equipos de Comunicaciones NODO SECUNDARIO				
Cantidad	Número de Parte	Descripción	P.Unitario	P.Total
1	Rack	ETSI Assembly Rack (2200x600x300mm)	\$ 3.123,00	\$ 3.123,00
1	Subrack	SS-Subrack 1500	\$ 2.458,00	\$ 2.458,00
1	SS-EOW-1500	Order wire Board	\$ 867,00	\$ 867,00
1	SS-AUX-1500-R1	Auxiliary Interface Board	\$ 1.388,00	\$ 1.388,00
2	SS-PIU-1500	Power Interface Board	\$ 135,00	\$ 270,00
2	SS-CXL1(S-1.1-LC)Q2	STM1 - System Control Cross-Connect, optical Interface Board (S-1.1,LC)	\$ 11.880,00	\$ 23.760,00
2	SS-SL4(S-4.1,LC)-R1	STM4 - Optical Interface Board (S-4.1,LC)	\$ 3.784,00	\$ 7.568,00
1	SS-SL1(S-1.1)-R1	STM1- Optical Interface Board (S-1.1,LC)	\$ 2.253,00	\$ 2.253,00
1	Telephone	Telephone, Ivory,double crystal type plug, environment protection	\$ 11,00	\$ 11,00
8	SS-DL-8E1-120-15	Trunk Cable: 45 deg, 15m, 120ohm, 8E1, 0.5mm	\$ 70,00	\$ 560,00
6	SS-DL-SMB-75-10	Trunk cable: 155M/clock/Lightning,10M,75ohm,3.9mm	\$ 7,00	\$ 42,00
10	SS-OP-LC-FC-S-20	Patch Cord FC/PC, LC/PC, Single Mode, 2mm , 20m	\$ 13,00	\$ 130,00
4	SS-OP-LC-FC-M-20	Patch Cord FC/PC, LC/PC, Multi Mode, 2mm , 20m	\$ 14,00	\$ 56,00
4	SS-OP-ATN-LC-5	Fixed Optical Attenuator, 1310/1550-5db- LC/PC	\$ 27,00	\$ 108,00
2	SS-OP-HRL-ATN-FC-5	Optical Fixed Attenuator, High Return loss, 1310/1550nm,5db, FC/PC	\$ 17,00	\$ 34,00
1	SS-Power 01	One set of 4805 and Accesories for 1500/2500	\$ 456,00	\$ 456,00
Obra Civil				
1		Construcción de Nodo Secundario	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Banco de Baterías				
1		Banco de Baterías para Nodo Secundario	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
1		Conexión a tierra del Nodo	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Climatización				
1	Split 18000BTU	Para área de 20 mts2	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Mantenimiento				
1		Mantenimiento del Hardware y Software (Anual)	\$ 7.700,00	\$ 7.700,00
			SubTotal	\$ 65.284,00

Tabla 3.21 Costo de implementación de Nodo Secundario ^[19]

Con respecto al equipamiento extra para realizar tal implementación sobre la Tecnología TDMoIP, mostramos estos costos en la tabla 3.22.

Hardware de Equipos de Comunicaciones				
Cantidad	Número de Parte	Descripción	P.Unitario	P.Total
1	WS-C3550-24	Switch L3, 24 puertos 10/100 + 2 Gbic SFP	\$ 3.400,00	\$ 3.400,00
2	IPMUX-24	Equipo TDM marca RAD	\$ 800,00	\$ 1.600,00
Total				\$ 5.000,00

Tabla 3.22 Costo de Equipamiento TDMoIP

Como un dato aparte del proyecto, consideramos importante mencionar lo que describimos en las tablas 3.23 y 3.24, donde se muestra el costo que debe considerarse en caso de que una empresa decida alquilar el servicio en vez de realizar una implementación completa del proyecto.

Proveedor	Descripción	Tráfico de enlace [Mb]	Costo por Mb [USD.]	Instalación [USD.]	Total Mensual [USD.]
A	Transmisión de 3 STM-1	465	\$ 115,00	\$ 500,00	\$ 53.975,00
B	Transmisión de 3 STM-1	465	\$ 100,00	\$ 500,00	\$ 47.000,00
C	Transmisión de 3 STM-1	465	\$ 75,00	\$ 500,00	\$ 35.375,00

Tabla 3.23 Costos Mensuales por alquiler del servicio de 3 STM-1 en diferentes proveedores

Proveedor	Descripción	Tráfico de enlace [Mb]	Costo por Mb [USD.]	Instalación [USD.]	Total Mensual [USD.]
A	Transmisión de 10 E1's	20	\$ 175,00	\$ 500,00	\$ 4.000,00
B	Transmisión de 10 E1's	20	\$ 155,00	\$ 500,00	\$ 3.600,00
C	Transmisión de 10 E1's	20	\$ 130,00	\$ 500,00	\$ 3.100,00

Tabla 3.24 Costos Mensuales por alquiler del servicio de 10 E1 en diferentes proveedores

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1) Es importante mencionar a pesar que, el costo de alquiler de los servicios de ambas partes del proyecto es menor que realizar la implementación, una opción de alquiler no le permitiría a una empresa tener un crecimiento orientado a brindar servicios de telecomunicaciones.

- 2) Si una empresa toma una decisión de alquiler, es probable que se convierta en un usuario de otra y no en un proveedor de servicios. Por ejemplo, en el mercado ecuatoriano y regional, empresas como IMPSAT, tomaron decisiones como comprar a un tercero algunos servicios, entre ellos, similares a los que analizamos en este proyecto y lograron alcanzar promedios de facturación bastante altos, pero sin embargo no lograron sobrevivir en el medio tecnológico por no haber crecido en servicios que le hubiesen permitido mantener y seguramente mejorar sus ingresos. Por otro lado, una empresa como TELCONET, se ha posicionado como la empresa dentro del Ecuador con mejor infraestructura para brindar servicios de telecomunicaciones, incluso a líderes mundiales que

operan en el país, por tomar decisiones de inversión en momentos oportunos.

- 3) En caso de contar con recursos económicos ó medios de financiación, nuestra decisión sería realizar la implementación del proyecto, basados en la alta rentabilidad que se puede obtener a través de un portafolio de productos y servicios para clientes internos y externos que se pueden ofrecer con este tipo de arquitectura, teniendo una recuperación de la inversión en un mediano plazo aproximadamente.

- 4) En una red de tipo SDH podemos tener máximo 16 nodos en un anillo óptico, luego de eso es probable que se distorsione la sincronización, además, en MSP-SDH no se puede configurar más de 16 Nodos.

- 5) En Ecuador, gracias al cable submarino SAM-1, de Telefónica (TIWS), se pudo optimizar para el usuario final los costos de acceso a Internet, servicios de datos, entre otros. A medida que este tipo de cables ingresen al país, muchas industrias se verán

beneficiadas y mejorarán los costos para el usuario final. Esto se demuestra en el decremento de las tarifas que los proveedores brindan actualmente a los usuarios finales.

6) Se debe considerar que, la capacidad de transmisión depende tanto del medio físico a utilizar como de los equipos instalados.

7) Un cable submarino es una instalación de un costo considerable, que requiere de un mantenimiento preventivo continuo y un mantenimiento correctivo inmediato en caso de accidentes.

8) Actualmente existen instalados en el mundo más de un millón de kilómetros de cable submarino, formando así una red de enlaces de fibra óptica que llevan grandes volúmenes de tráfico entre los continentes.

9) Tyco Telecommunication, es una empresa que ha adquirido relevancia mundial como fabricante e instalador de cables

submarinos y además como proveedor de servicios de operación/mantenimiento de dichos cables.

10) Por lo que se conoce hasta ahora, técnicamente es poco probable sustituir los cables submarinos. Las soluciones basadas en satélites, no son alternativas del cable submarino, sino más bien, son soluciones complementarias. El costo que hay que considerar para que un enlace por medio de satélites alcance los anchos de banda que se pueden tener en un enlace de un cable de fibra óptica submarino, son altos, por esta razón los enlaces satelitales son considerados complementarios o de redundancia.

11) Los equipos Carrier Class utilizados trabajan con una fuente de alimentación de -48 VDC, ya que con una fuente de alimentación de tipo AC común, tendríamos inconvenientes con los armónicos.

12) En base a las investigaciones realizadas vemos que existen en Ecuador 5 empresas que tienen conexión directa al NAP de las Américas actualmente, estas son: Telefónica, Transnexus, Telconet, CNT y Conecel.

- 13) Los cables de fibra óptica submarinos debido a su diminuto diámetro de 25 a 30 mm son elásticos, de peso liviano y fácil de enterrarse. Debido a su pequeñez, son más sensibles a las mordidas de los tiburones, es por eso que son protegidos por cubiertas especiales para resistir este tipo de peligros.

- 14) En caso de querer optimizar el tiempo de implementación de una Fibra Óptica entre dos puntos, debe considerarse el alquiler de mayor cantidad de retroexcavadoras, ya que una sola de ellas puede hacer un hueco de 120 metros cada 8 horas y el costo de alquiler es de \$35 por hora.

- 15) En el laboratorio, se realizó la simulación con un anillo SDH STM-4 como puerto agregado, ya que el OSN 1500 de HUAWEI es básico y no soporta STM-64.

- 16) La simulación del proyecto se realizó con protección PSP, ya que el equipo HUAWEI Optix OSN 1500 no soporta MSP.

17) Todo equipo ADM entrega tráfico predeterminadamente a sus interfaces a nivel de VC-4.

18) Los equipos HUAWEI OptiX OSN 1500 vienen de fábrica configurados con IDENTIFICACION / ID's (como los del laboratorio, Network Element 1, 2, 3), en caso de querer realizar un cambio a esta identificación debe contactarse directamente al proveedor.

19) Cuando se quiere configurar a nivel de VC-12 los servicios (Trail) en los equipos HUAWEI del laboratorio, se debe utilizar la opción VC4-Server Trail. Éste asigna VC-12 de una manera muy organizada sobre una trama de VC-4, ya que de lo contrario no se podrían crear porque las tarjetas agregadas no trabajan a bajo nivel.

20) Para la sincronización de los nodos en el laboratorio, se trabajó como primera prioridad el reloj Interno del equipo del Gateway Server (NE3), ya que no hay fuente externa que sincronice.

21) Sólo en casos de emergencias se puede utilizar Patchcords de Fibra Multimodo en tarjetas Monomodo, se debe considerar que utilizando estos Patch Cords de Fibra Multimodo se tiene alta atenuación.

22) En los equipos Optix OSN 1500 de HUAWEI, se puede configurar la opción OrderWire. El OrderWire es muy utilizado en zonas rurales donde no hay comunicación, de esta manera se puede comunicar entre nodos con teléfonos y además se lo utiliza para el aprovisionamiento de los equipos.

23) Con la utilización de los Routers Quidway 28-30 se realizó la comprobación de la conectividad entre los nodos a nivel de Gigabit Ethernet haciendo "PING" a sus interfaces respectivas.

24) Al establecer la sincronización en la red SDH con los "Clock", los equipos HUAWEI OSN 1500 solo censan que existe algún reloj en el sistema y no toma en cuenta que sea un reloj de alta prioridad para la estabilidad de la red.

25) Realizando la simulación del proyecto, nos pudimos dar cuenta que se deben realizar ordenadamente los pasos de la configuración en el T2000. Iniciando por crear los nodos, luego la conectividad de los nodos, las protecciones, crear los servicios entre los nodos y finalmente la temporización del sistema. Y al momento de borrar toda la configuración se la debe realizar en forma inversa iniciando por eliminar la temporización.

26) Hemos concluido que el proyecto simulado en el laboratorio fue exitoso a pesar de que se logró formar un anillo STM-4. Sin embargo, si tuviésemos equipos con mayores capacidades como por ejemplo los OPTIX OSN 3500, se pudiera alcanzar una mayor capacidad para formar anillos de tipo STM-64.

27) Las direcciones IP configuradas en los equipos IPMUX son a nivel lógico y fueron utilizadas solo para el monitoreo de los equipos, mas no para ruteo en CAPA3/LAYER3.

28) El TDMoIP se convierte en un "PSEUDOWIRE" debido a que el IPMUX solo reconoce la MAC ADDRESS del siguiente equipo, sin

importar el direccionamiento IP de la RED METRO ETHERNET, es decir, para el IPMUX la red METRO ETHERNET es de capa 1.

29)El Firmware del equipo IPMUX-11 es de "VERSION 2" y soporta trabajar con equipo de generaciones previas (IPMUX-1 e IPMUX-8, que soportan "VERSION 1"), el caso contrario, no es posible.

30)En LAYER 3/CAPA3, los IPMUX tienen problemas de QoS y encolamiento de paquetes.

31)El IPMUX maneja un "BUFFER" que lo usa para compensar el PDV (Packet Delay Variation).

32)La Tecnología TDMoIP es superior a la TDM pura por motivos de costos y la rapidez de la implementación hacia el usuario final.

RECOMENDACIONES

- 1) Recomendamos considerar que en los equipos ADM de un proyecto exista un puerto agregado por tarjeta, y no 2 puertos por tarjeta, ya que en caso de daño de la tarjeta, no se pierda los puertos y por ende el enlace por completo.

- 2) Se recomienda medir siempre los valores de Potencia de los equipos y/o tarjetas con un medidor de potencia óptico para no quemar o saturar los equipos en la recepción. Para esto se utilizan los atenuadores que hay de 5dB, 10 dB y 20dB.

- 3) Es recomendable medir la Potencia en la $\lambda=1550$ nm. Ya que el valor obtenido sería el máximo soportado.

- 4) Al momento de evaluar las protecciones en red SDH, se recomienda utilizar protección MSP, ya que la capacidad del anillo aumenta a medida que se incrementan los nodos hasta un máximo de 16.

- 5) Recomendamos que en los concentradores (Cuarto de equipos) las conexiones eléctricas estén con una correcta conexión a tierra, ya que de lo contrario es probable que se averíen las tarjetas por temas variación eléctrica.

- 6) Para sincronizar la red, lo más recomendable es tener un reloj de fuente externa (reloj que se sincronice con satélites) como prioridad principal.

- 7) Es recomendable disponer de 2 servidores con los software respectivos de administración y configuración de los equipos ADM repartidos en distintos nodos, haciendo réplicas entre ellos por temas de contingencia, ya que en caso de fallas de uno de ellos podamos seguir con la administración de la red implementada.

- 8) Al momento de realizar el análisis del trazado de la fibra entre dos o más nodos, es recomendable dejar holgura para temas de mantenimiento, en nuestro caso asumimos dejar 5% en cada carrete y además 3db por aprovisionamiento.

9) En los equipos IPMUX el "OAM Connectivity" debe estar en estado "ENABLE" ya que de lo contrario, al momento que se pierde conexión o exista un corte de fibra, enviará un "UNICAST FLOODING" e inundará la RED de paquetes que la desestabilizarán.

10) Es recomendable que una red METRO ETHERNET se encuentre correctamente dimensionada con switches para poder tener mejor y mayor cobertura en un área específica y así poder brindar el servicio TDMoIP a un menor costo en la última milla.

Anexo 1

Glosario

Atenuación.- Pérdida de la señal cuando se propaga por un medio físico.

db.- Decibelios, que expresa la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia

DNS.- Es el sistema de nombre de dominio, es una base de datos distribuida y jerárquica que almacena información asociada a nombres de dominio en redes como internet

DWDM.- Método de multiplicación muy similar a la multiplicación por división de frecuencia que se utiliza en medios de transmisión electromagnéticos

Ethernet.- Se refiere a las redes de área local.

FDM.- Multiplexación por división de frecuencias.

Host.- Es un ordenador o computador que funciona como punto de inicio y final de las transferencias de datos.

LAN.- Red de área local, una interconexión de varios computadores en un área limitada.

Multiplicación.- Es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión utilizando un dispositivo llamado multiplexor.

OFDM.- Es una modulación que consiste en enviar la información modulando en QAM o en PSK un conjunto de portadoras de diferentes frecuencias.

Payload.- Se refiere a un contenedor.

PDH.- Es una tecnología utilizada en telecomunicación tradicionalmente para telefonía, que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio.

Ps.- Es la potencia de sensibilidad de las tarjetas o equipos.

P_t.- Es la potencia de Transmisión de las tarjetas o equipos.

QoS.- Calidad de servicio.

Router.- Equipo que opera en la capa 3 del modelo OSI que permite la interconexión de redes.

SDH.- Jerarquía digital Síncrona. La trama básica de SDH es el STM-1 con una velocidad de 155Mbps.

SLA.- De las siglas en Inglés Services Level Agreement, es una negociación de Servicio de respuesta entre el Usuario Final y el Proveedor.

SNR.- Se define como el margen que hay entre el nivel de referencia y el ruido de fondo de un determinado sistema.

STM-1.- Unidad de transmisión básica de SDH, siendo igual a 155.52Mbps.

TDM.- Multiplexación por división de tiempo.

Time Slot.- Utilizado típicamente en una conexión de voz.

VoIP.- Es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de internet empleando el protocolo IP.

WDM.- Tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferentes longitud de onda, utilizando luz.

Anexo 2

Cables submarinos de Fibra Óptica

Cables submarinos existentes

Se denomina Cable submarino al constituido por conductores de cobre o fibras ópticas, instalado sobre el mar y destinado fundamentalmente a brindar capacidad para los servicios de telecomunicaciones.

	Cables Privados				Cables Consorcios				
	TWS	G. Crossing	LANautilus	Globenet	Panamerican o	Atlantis	Américas	Maya	Arcos
Argentina	E	E	E			E			E
Brasil	E	E	E	E		E	E		E
Chile	E	E	E		E				
Colombia	C				E		E	E	
Ecuador	E				E				
Perú	E	E	E		E				
Uruguay									E
Venezuela	P	E	E	E				E	
Bolivia	No tiene costas marítimas								
Paraguay	No tiene costas marítimas								

E: Existente

C: Construcción

P: Proyectado

Cables Submarinos Existentes ^[5]

Cable Panamericano

Comenzó a operar en noviembre de 1998. La longitud del cable es de aproximadamente 7.500 kilómetros y utiliza la tecnología SDH, con dos sistemas de 2.5 Gbps y una vida útil promedio de 25 años.

Conecta a Chile (Arica) con las Islas Vírgenes de Estados Unidos (Saint Thomas), pasando por Perú (Lurín), Ecuador (Punta Carnero), Panamá (Ciudad de Panamá), Colombia (Barranquilla), Venezuela (Punto Fijo), Aruba (Baby Beach) y Estados Unidos (Saint Thomas).

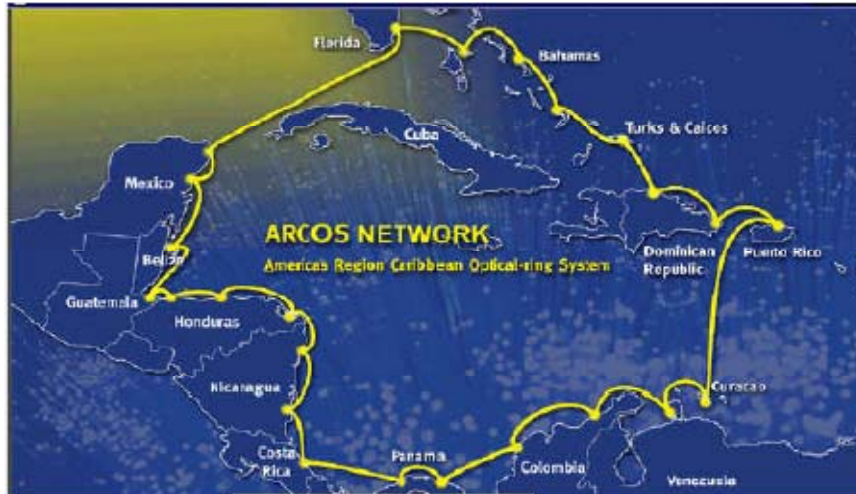
El Backhaul², desde Guayaquil, para llegar a la cabecera del cable es suministrado por Pacifictel y Telconet.



Cable Panamericano ^[5]

² **Backhaul** (Red de retorno): Conexión de baja, media o alta velocidad que conecta a computadoras u otros equipos de telecomunicaciones encargados de hacer circular la información. Los backhaul conectan redes de datos, redes de telefonía celular y constituyen una estructura fundamental de las redes de comunicación.

Cable Arcos (Americas Region Caribbean Optical-Ring System)



Cable ARCOS ^[5]

Conecta en forma directa 15 países.

Capacidad Inicial: 15 Gbps equivalente a 6.048 sistemas de 2 Mbps.

Capacidad final: 960 Gbps equivalente a 387.072 sistemas de 2 Mbps.

Longitud: 8.400 Km.

Configuración en anillo físico en tecnología SDH, lo que garantiza un 100% de restauración automática en caso de un corte en el cable.

75% sin repetidores, 12 pares de fibra óptica (Tramos sin regeneración óptica) ,25 % con repetidores, 4 pares de F.O.

Tecnología DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

Cable Maya

Es un proyecto puesto en operación por el Instituto Costarricense de Electricidad en conjunto con un consorcio de empresas de telecomunicaciones internacionales, que enlaza la Cuenca marítima occidental con Estados Unidos (Florida) , México (Cancún), Honduras (Puerto Cortés), Isla Caimán (Gran Caimán), Costa Rica (Puerto Limón), Panamá (Colón) y Colombia (Tolú).

El Maya usa la técnica de DWDM, y puede equiparse finalmente con 6 u 8 longitudes de onda de 10 Gbps, es decir su capacidad final es de cerca de 25.000 E1s.

Tiene interconexiones con otros cables submarinos, incluyendo el Américas I, Columbus II, Panamericano, Américas II y Columbus III.



Cable Submarino Maya 1 ^[5]

Cable Global Crossing



Cable Submarino Global Crossing ^[5]

Tiene un alcance de más de 160.000 kilómetros de ruta que comunica a más de 200 ciudades en todo el mundo, basado en el concepto de conectar ciudades y no cabezas de playa como los cables tradicionales, logrando esto con aliados que proveen el Backhaul en los diferentes países de Europa, Asia, América del Norte y del Sur. Utiliza plataformas como DWDM, SONET/SDH, ATM multiservicio y/o IP.

Cable Emergia



Cable Submarino Emergia ^[5]

Construido por Emergia, subsidiaria de Telefónica S.A., tiene una longitud total de 25.000 Km. de los cuales 22.000 son de cable submarino y el resto para cruces terrestres de Chile, Argentina, Guatemala, y redes de backhaul.

Tiene una capacidad actual de 80 Gbps, con arquitectura SDH-WDM.

Tiene una capacidad máxima de diseño de 1.92 Tbps, usando DWDM de 48 λ por cada par de fibras. La disponibilidad mensual del sistema es mayor a 99.95%, on-net, incluyendo las redes de backhaul.

Anexo 3

Descripción de los equipos utilizados en el proyecto

OPTIX HUAWEI OSN 1500 ^[11]



Optix OSN 1500

Producto Desarrollado por HUAWEI de Next Generation – SDH

Proporciona conexiones SDH/PDH, Ethernet, ATM en WDM y SAN service transmission solution.

Es un chasis compacto para capa de Acceso de STM-4/16.

Posee compatibilidad con todo el software y servicios de tarjetas, así como SDH, PDH, Ethernet card, etc.

Proporcionan muchos interfaces de servicios para voz y datos, tales como SDH, PDH, ATM, Ethernet/Gigabit Ethernet.

Posee interfaces STM-16, STM-4, STM-1 o, STM-1e, E4, E3/T3, E1/T1, FE, GE, ESCON, FICON, Fiber Channel, 155 M ATM.

Soporta GFP/LCAS/VCAT.

Protección de Hardware: 1+1 (Hot standby for cross-connection, Timing, power supply), 1: N (Tributary protection switch for E1/T1 E3/T3 E4/STM-1e) y 1+1/ 1: N for Ethernet card).

Protección de anillo: 1+1 o 1: N MSP Lineal, 4F /2F anillo MSP, SNCP, DNI (ITU-T G.842.)

Dimensiones: 222(H) x 444(W) x 287 (D) en mm.

Fuente de poder: -38.4 a -72 VDC.

Quidway AR 28-30 HUAWEI



Vista Frontal Quidway AR 28-30

Posee una estructura modular, velocidad de la CPU de alta tecnología y el mecanismo de enrutamiento rápido.

Proporciona abundantes interfaces de servicios de baja velocidad.

Proporciona un puerto Ethernet 10/100 Mbps y tres ranuras para módulos.

Posee un procesador de MPC8245 300Mhz.

Posee una Boot Rom de 512Kb.

Posee una Flash de 32 Mb.

Posee una SDRAM de 128 Mb hasta 256Mb

Dimensiones: 44.3 (H) x 442 (W) x 413 (D) [mm]

Quidway AR 18-21 HUAWEI ^[11]



Vista Frontal Quidway AR 18-21



Vista Posterior Quidway AR 18-21

Soporta Protocolos L2: 802.1Q, Ethernet, PPPoE Server /client y PPP.

Soporta Protocolos L3: IP, ICMP, IP Fast Switch, DHCP, ARP y Proxy ARP.

Soporta QoS (Quality of service).

Interfaces: 1 Puerto de consola, 4 Puertos 10 /100Mbps, 1 Wan 10/100 Mbps.

Brinda seguridad en la red: Firewall, Packet filtering, Nat, Authentication, Authorization and accounting (AAA).

IPMUX-1 RAD ^[13]



Equipo IPMUX1 ^[13]

IPmux-1 y IPmux-1E son gateways TDMoIP permite E1/T1, ISDN BRI, FXS y la comunicación asincrónica en redes IP y Ethernet.

Soporta Protocolos ITU-T Rec. G.703, G.704, G.706, G.732, G.823, G802.3.

Soporta 1 Interfaz E1/T1 y 1 FastEthernet.

Soporte de anillo Ethernet con conmutación automática (fail-over) de 50 ms.

Interfaces de administración: SNMP, Telnet, TFTP y XMODEM con herramientas de administración mejoradas y características.

Soporta QoS (Calidad de servicio) y ToS (Etiquetado de prioridad a nivel IP).

IPMUX-8 RAD ^[16]



Equipo IPMUX8 ^[16]

Es un pseudowire Access Gateway.

Posee un 1 Puerto Ethernet por Módulo ó 4 puertos Ethernet por módulo.

Soporta Protocolos ITU-T Rec. G.703, G.704, G.706, G.732, G.823, G.802.3.

Soporte de anillo Ethernet con conmutación automática (fail-over) de 50 ms.

Soporta para administración SNMPv1, Telnet, TFTP y XModem.

IPmux-11 está equipado con las siguientes interfaces: Norma puerto E1/T1 - reloj Puerto externo (E1/T1 tasa) - Dos puertos 10/100BaseT Ethernet con la opción o la interfaz 100BaseFX, sirven como puertos de red o de usuario - Un puerto Ethernet con interfaz 10/100BaseT, que se utiliza sólo para conectividad LAN.

IPMUX-11 RAD



Equipo IPMUX11 ^[17]

Es un pseudowire Access Gateway.

Soporta protocolos ITU-T Rec. G.703, G.704, G.706, G.732, G.823, G802.3.

Soporte de anillo Ethernet con conmutación automática (fail-over) de 50 ms.

Soporta para administración SNMPv1, Telnet, web browser, ASCII Terminal, XModem y TFTP.

Soporta 1E1 y 3 Fast Ethernet.

Atenuador de Fibra Óptica

Utilizado para reducir la potencia de la luz en la red de Fibra Óptica.

Longitud de onda: 1310nm y 1550nm

Pérdida de retorno (RL): -50db (UPC)

Tolerancia de atenuación: 1-10 db \pm 0,5db

Rango de Temperaturas: -40 a 75 °C

Atenuador LC – UPC



Power Meter Joinwit JW3206



Power Meter JW3206 ^[12]

Es un instrumento perfecto de pruebas para aplicaciones de laboratorio y de campo en las fibras ópticas.

Posee identificación automática de la frecuencia.

Permite por medio del puerto RS-232 pasar la información de los 240 datos (máx. capacidad) a una PC.

Posee una interface Laser in (Fibra óptica).

Alta precisión y amplio rango dinámico.

Mediciones de potencia en dBm o mW y la pérdida de inserción en db.

Longitud de onda calibradas: 850, 980, 1330, 1550 nm.

Duración de la batería: 21 Horas.

SWITCH CISCO 3550

El Cisco Catalyst 3550, es una línea de switches apilables, de múltiples capas que proporcionan una alta disponibilidad, calidad de servicio (QoS) y seguridad para mejorar las operaciones de red. Con una gama de configuraciones para puertos Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, el Cisco Catalyst 3550 es una opción potente para aplicaciones de acceso a la empresa y el metro.

Soporta un conjunto de servicios de Capa 2 a Capa 4, funciones de Cisco IOS, Software de enrutamiento IP, QoS, limitación de velocidad, listas de control de acceso (ACL) y multidifusión al borde.

Ofrece disponibilidad de servicio y seguridad a través de mejoras del Protocolo spanning tree y listas de acceso respectivamente.



Switch Cisco Catalys 3550 ^[12]

Bibliografía

- [1] **ITU-T**, Recomendación ITU-T G655 “Características de la Fibra Óptica Monomodo de dispersión desplazada distinta de Cero, <http://202.114.9.3/xueke/wldz/bz/g/6.pdf>, 1996.
- [2] **DSPACE**, Tesis de Grado Escuela Politécnica Nacional, Introducción a SDH, <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1076/4/T10886CAP2.pdf>, 2010.
- [3] **Daniel Morató Osés**, Topologías de Redes SDH, Universidad pública de Navarra, https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba07_08/slides/24-TopologiasSDH_1pp.pdf, 2007.
- [4] **C.Alberto, Lucas Chiesa, M. Manterola**, Fibra óptica: Tendido y verificación de redes de fibra óptica, <http://www.marga.com.ar/~marga/6677/tp2/tp2-redes-fibra.pdf>, 2007.
- [5] **DSPACE**, Tesis de Grado, Análisis de los requerimientos técnicos para la utilización del cable submarino y comparaciones técnicas con otros sistemas similares, Escuela Politécnica Nacional, <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1240/3/T%2011104%20CAPITULO%203.pdf>, 2010.
- [6] **Andoni Delgado**, Represa, Tecnología TDM Sobre IP frente a Voz sobre IP, www.aslan.es/n04/foros04/solucionesip/presentaciones/represa.ppt, 2004.
- [7] **Wikipedia**, Estructura de la trama STM-1, <http://es.wikipedia.org/wiki/STM-1> ,Marzo 2010.
- [8] **Pablo Natal**, Jerarquía digital síncrona, <http://rtfogrupo13.blogspot.com/2007/05/jerarquia-digital-sncronasdh.html>, Mayo 2007.
- [9] **UIT-T**, Recomendación UIT-T G.81, Características de temporización de los relojes de referencia primarios, <http://iie.fing.edu.uy/~javierp/SDH/NORMAS-ITU-T/T-REC-G%5B1%5D.811-199709-1!!PDF-S.pdf>, 1997.

- [9] **UIT-T**, Recomendación UIT-T Q.812, Perfiles de protocolo de capa superior para la interfaz Q.3, <http://www.catr.cn/radar/itut/201007/P020100707621473493294.pdf>, 2004
- [10] **Scribd**, HUAWEI NG-SDH, <http://www.scribd.com/doc/41200210/Huawei-NG-SDH>, 2010
- [11] **Huawei**, Quidway AR28 Series Routers, <http://www.HUAWEI.com/products/datacomm/catalog.do?id=56>, 2010
- [12] **Joinwit Optoelectronic Technical**, Optical Power Meter JW3206 Series, Tech, Shanghai, <http://english.joinwit.com/down/JW3206.pdf>, 2010
- [13] **RAD**, TDMoIP gateway IPMUX-1, <http://www.rad-direct.com/datasheet/IPMUX-1.pdf>, 2010
- [14] **D. Campozano, L. Franco**, Tesis de grado: Diseño de una red troncal en anillo de Fibra Óptica para el Transporte de Tráfico IP sobre MPLS entre las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca, <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2547/1/5023.pdf>, 2010
- [15] **P.Manzano,C. Paris, T. Vásquez** , Tipos de Fibra Óptica y Aplicaciones, <http://arantxa.ii.uam.es/~aaguilar/ComOpt/PRESENTACIONES/TiposFO.ppt>, 2010
- [16] **RAD**, TDMoIP gateway IPMUX-8, <http://www.rad-direct.com/datasheet/IPMUX-8.pdf>, 2010
- [17] **RAD**, TDMoIP gateway IPMUX-11, <http://www.rad-direct.com/datasheet/IPMUX-11.pdf>, 2010
- [18] **CISCO**, SWITCH 3550 CISCO, <http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/si/casi/ca3550/index.shtml>, 2010
- [19] **HUAWEI**, Adquisición de equipamiento para el laboratorio de Telecomunicaciones ESPOL, 2008.