

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO DE UNA RED SDH ENTRE MANTA Y SALINAS PARA DAR SERVICIOS DE 2 STM-1 POR MEDIO DE INTERFACES GIGABIT ETHERNET Y PROVEER A UN CALL CENTER EN MANTA DE 1 E1 INTERNACIONAL HACIA EL NAP DE LAS AMERICAS CON METRO ETHERNET Y TECNOLOGIA TDMoIP”.

TESINA DE SEMINARIO DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del título de:

**Ingeniero Eléctrico Especialización Electrónica
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

Presentada por:

**Esther Aurora Zúñiga Montero
Oswaldo Francisco Calle Chávez**

**GUAYAQUIL - ECUADOR
2012**

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su guía, salud y perseverancia, a mi madre por su sacrificio y amor diario; a mis hermanos, por su ayuda y apoyo, a mis amigos y a todos los que creyeron en mí y colaboraron para la culminación con éxito este trabajo.

Esther Zúñiga

A Dios, especialmente a mis padres, mis hermanos ya que siempre estuvieron a mi lado para apoyarme y al Ing. Fiallos quien supo compartir sus buenas enseñanzas para este proyecto.

Oswaldo Calle

DEDICATORIA

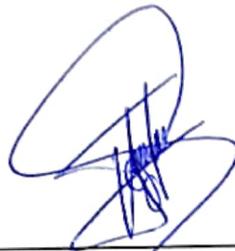
El siguiente proyecto está dedicado a Dios, por ayudarme a culminar a bien este proyecto; a mi madre y hermanos por su colaboración y afecto, de manera especial a mi hermana Lola por su ayuda incondicional

Esther Zúñiga

Este logro obtenido en mi vida y muy importante va dedicado especialmente a mis padres.

Oswaldo Calle

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a central vertical stroke, positioned above a horizontal line.

ING. HECTOR FIALLOS
PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACION

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, sweeping loop on the right side and a smaller loop on the left, positioned above a horizontal line.

DR. BORIS RAMOS
DELEGADO DEL DECANO DE LA FACULTAD

DECLARACIÓN EXPRESA

“ La responsabilidad del contenido de esta tesina de grado nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL. “

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Esther Aurora Zúñiga Montero



Oswaldo Francisco Calle Chávez

RESUMEN

El siguiente informe trata del diseño de una infraestructura de red con topología tipo anillo para interconectar tres ciudades en Ecuador capaz de transmitir servicios de telecomunicaciones.

El **primer capítulo** trata de como evolucionaron las telecomunicaciones con la aparición de la digitalización de la voz llegando a conformarse grandes comités internacionales para establecer estándares de transmisión como SDH y la tecnología TDMoIP aplicados hasta la actualidad a nivel mundial.

El **segundo capítulo** describe los elementos necesarios para implementar una red óptica SDH y qué opción tomar como tecnología de acceso para brindar canales de voz a un Call Center ubicado en la ciudad de Manta.

En el **tercer capítulo** se hace un estudio económico del proyecto para evaluar y elegir cuál sería la opción más viable de inversión para la compañía.

En el **cuarto capítulo** se realiza la simulación de la red SDH de tres nodos OPTIX 1500 HUAWEI con topología anillo creando y configurando cada uno de los nodos y equipos IPMUX del fabricante RAD para canales de voz.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACION.....	IV
DECLARACION EXPRESA... ..	V
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS.....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE TABLAS.....	XVII
INTRODUCCION.....	XIX

CAPITULO 1.- FUNDAMENTOS TEORICOS DE LAS REDES USADAS: JERARQUIA DIGITAL SINCRONICA, TECNOLOGIA ETHERNET Y TDMoIP.

1.1.- Antecedentes de la Jerarquía Digital Plesiócrona.....	2
1.2.- Conceptos básicos de la Jerarquía Digital	
Síncrona (SDH).....	3
1.3.- Estructura Jerárquica Digital Síncrona.....	5
1.4.- Módulo de Transporte Síncrono.....	6
1.5.- Estructura de multiplexación en SDH.....	8
1.6.- Composición de la trama SDH.....	10
1.7.- Elementos de red que intervienen en un anillo	
óptico SDH.....	12
1.8.- Arquitectura de red.....	15
1.9.- Arquitectura de protección.....	17

1.10.- Fibra Óptica y Aplicaciones.....	20
1.11.- Tecnología Ethernet.....	24
1.12.- Modulación por División de Tiempo sobre Protocolo de Internet (TDMoIP).....	25

CAPITULO 2.- DISEÑO Y CALCULOS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED OPTICA SDH Y RED DE ACCESO TDMoIP PARA EL PROYECTO.

2.1- Selección de la tecnología de acceso de última milla.....	31
2.2- Diseño y configuración de la red óptica SDH.....	31
2.3.- Equipos TDMoIP para brindar servicio E1.....	35
2.4.- Selección de la fibra óptica a instalarse.....	35
2.5.- Tipos de fibra óptica monomodo para interconectar nodos.....	37
2.6.- Cálculos teóricos para determinar distancia entre Regeneradores.....	40

CAPITULO 3.- ESTUDIO ECONOMICO PARA LA VIABILIDAD DEL PROYECTO.

3.1.- Tendido Subterráneo de fibra óptica.....	52
3.2.- Costos de Instalación de Tendido Aéreo.....	54

3.3.- Comparación de Costos de Instalación de Fibra	
Aérea vs Tendido Subterráneo de la fibra.....	56
3.4.- Costos de Implementación de la red SDH.....	61
3.5.- ANALISIS DE INGENIERIA ECONOMICA.....	67

CAPITULO 4.- SIMULACION DE LA RED OPTICA SDH Y RED DE ACCESO TDMoIP PARA EL PROYECTO

4.1.- Inicialización de Procesos.....	77
4.2.-Configuración de Nodos.....	78
4.3.- Creación de los Servicios.....	87
4.4.- Configuración del Clock.....	94
4.5.- Configuración del Router Huawei Quidway AR-2830..	100
4.6.- Configuración de Equipos IPMUX.	102

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

ANEXO

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

Siglas	Significado en Español	Significado en Ingles
ADM	Multiplexor de Extracción e Inserción	Add/Drop Multiplexer
ADSS	Cable Aéreo Dieléctrico Auto Suspendido	All Dielectric Self – Supporting
APS	Conmutación de Protección Automática	Automatic Protection Switching
ANSI	Instituto Nacional de Estándares Americanos.	American National Standards Institute
CCIT	Comité Consultivo Internacional para Telegrafía y Telefonía.	Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony
CE	Equipo Cliente	Customer Equipment
CRC	Control Cíclico de Redundancia	Cyclical Redundancy Control
CSMA/CD	Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
ECMA	Asociación Europea de Fabricantes de Computadores	European Computer Manufacturers Association
EVC	Conexión Ethernet Virtual	Ethernet Virtual Connection
FCS	Frecuencia de Chequeo de Trama	Frame Check Sequence
FDM	Multiplexación por División de Frecuencia	Frecuency Division Multiplexing
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	Organización de Estándares Internacionales	International Standards Organization
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones	International Telecommunications Union
LAN	Redes de Área Local	Local Area Network
MAC	Control de Acceso al Medio	Mediun Access Control

MAN	Redes de Área Metropolitana	Metropolitan Area Network
NAP	Punto de Acceso a la Red	Network Access Point
NIC	Tarjeta de Interfaz de Red	Network Interface Card
NIST	Instituto Nacional de Estándares y Tecnología	National Institute of Standards and Technology
ODF	Distribuidor de Hilos Ópticos	Optical Distribution Frames
OH	Cabecera	OverHead
OPGW	Cable Compuesto Tierra Óptica	Optical Ground Wire
OSI	Modelo de Sistema de Interconexión Abierto	Open System Interconnection Model
PCM	Modulación por Codificación de Pulso	Pulse Code Modulation
PDH	Jerarquía Digital Plesiócrona	Plesicronus Digital Hierarchy
PDP	Panel de Distribución de Energía	Power Distribution Panel
QoS	Calidad de Servicio	Quality of Service
SDH	Jerarquía Digital Síncrona	Synchronous Digital Hierachy
SFD	Delimitador de Inicio de trama	Start Frame Delimiter
SLA	Acuerdo de Nivel de Servicio	Service Level Agreement
SNCP	Protección de Conexión de Sub-Red.	Sub-Network Conection Protection
SONET	Red Óptica Síncrona	Synchronous Optical Network
STM	Modulo de Transporte Síncrono	Synchronous Transport Module
TDM	Multiplexación por División de Tiempo	Time Division Multiplexing
TDMoIP	Multiplexación por División de Tiempo sobre Protocolo de Internet	Protocol Internet over Time Division Multiplexing
UNI	Interfaz de Usuario a la Red	User Network Interface
VC	Contenedor Virtual	Virtual Container

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1	Pag.
Figura 1.1.- Jerarquía digitales no-síncronas.....	3
Figura 1.2.- Creación de la señal tributaria.....	7
Figura 1.3.- Estructura de Multiplexación SDH.....	9
Figura 1.4.- Trama SDH.....	10
Figura 1.5.- Velocidad de transmisión de tramas de orden superior.....	11
Figura 1.6.- Red Óptica SDH.....	12
Figura 1.7.- Regenerador de red SDH.....	13
Figura 1.8.- Multiplexor.....	13
Figura 1.9.- Multiplexor Add/Drop ADM.....	14
Figura 1.10.- Cross-conector Digital.....	15
Figura 1.11.- Topología Punto a Punto.....	15
Figura 1.12.- Topología Lineal.....	16
Figura 1.13.- Topología Anillo.....	16
Figura 1.14.- Protección 1:1.....	19
Figura 1.15.- Protección 1:N.....	19
Figura 1.16.- Protección 1+1 (MSP).....	20
Figura 1.17.- Estructura de la fibra óptica.....	21
Figura 1.18.- Ventana óptica de transmisión.....	23
Figura 1.19.- Paquetes segmentados en TDMoIP.....	26
Figura 1.20.- Sincronismo en TDMoIP.....	27
Figura 1.21.- Esquema del Jitter Buffer.....	28

CAPITULO 2

Figura 2.1.- Red Óptica General SDH y TDMoIP.....	30
Figura 2.2.- Equipos HUAWEI OPTIX OSN1500.....	32
Figura 2.3.- Distribución de Panel de Energía.....	33
Figura 2.4.- Equipo SDH OPTIX OSN 1500.....	34
Figura 2.5.- Router Quidway AR 2830.....	34
Figura 2.6.- IPMUX RAD – SWITCH CISCO.....	35
Figura 2.7.- Mapa de la red anillo Salinas-Manta-Guayaquil.....	36
Figura 2.8.- Tendido de fibra óptica ADSS.....	38
Figura 2.9.- Fibra óptica tipo figura 8.....	39
Figura 2.10.- Fibra óptica OPGW.....	39
Figura 2.11.- Cable óptico Adosado.....	40
Figura 2.12.- Anillo óptico entre tres ciudades.....	41
Figura 2.13.- Parámetros de módulos ópticos SDH.....	42
Figura 2.14.- Distancia entre Nodos - Ruta entre Salinas y Manta.....	46
Figura 2.15.- Distancia entre Nodos - ruta Manta y Guayaquil.....	49
Figura 2.16.- Distancia entre Nodos - Guayaquil y Salinas.....	50

CAPITULO 3

Figura 3.1.- Costo de Mantenimiento y Operación al Año 15 de Instalación Aérea de Fibra con Postes Propios.....	59
Figura 3.2.- Costo de Mantenimiento y Operación al Año 15 de Instalación de Fibra Subterránea.....	60
Figura 3.3.- Flujo de Cajas, Recuperación de inversión del proyecto al Año 7....	70

Figura 3.4.- Flujo de Cajas proyectada a 15 años.....	71
---	----

CAPITULO 4

Figura 4.1 Diagrama de Red SDH.....	76
Figura 4.2 Ciudades donde se instalaran los NE.....	76
Figura 4.3 Verificación de procesos levantados.....	77
Figura 4.4 Creación de los NE.....	78
Figura 4.5 Networks Elements	79
Figura 4.6 Selección de Subrack Tipo B.....	80
Figura 4.7 Tarjetas Instaladas en el equipo NE	81
Figura 4.8 Finalización de Configuración del NE.....	82
Figura 4.9 Creación de los enlaces de Fibra Óptica entre NE3 y NE2.....	83
Figura 4.10 Creación de los enlaces entre NE2 y NE1.....	84
Figura 4.11 Configuración Protecciones 1 a 1.....	85
Figura 4.12 Configuraciones de las Protecciones.....	86
Figura 4.13 Configuración exitosa de los tres NE.....	87
Figura 4.14 Configuración de Servicios STM-1 entre NE 2 y NE 3.....	88
Figura 4.15 Configuración Exitosa de los servicios entre NE 1 y NE3.....	89
Figura 4.16 Creación de Servicios E1 entre los tres NE.....	90
Figura 4.17 Servicios de E1 creados exitosamente.....	91
Figura 4.18 Configuraciones para los servicios Gigabit Ethernet.....	92
Figura 4.19 Configuración de los servicios Gigabit Ethernet	93
Figura 4.20 Creación exitosa de los servicios Gigabit Ethernet.....	94
Figura 4.21 Pasos a seguir para la configuración del Clock.....	95
Figura 4.22 Configuración del CLOCK en el NE3.....	96

Figura 4.23 Configuración exitosa del clock del NE3.....	97
Figura 4.24 Configurando puertos de ingreso del clock.....	98
Figura 4.25 Prioridades del puerto de ingreso del Clock NE2.....	99
Figura 4.26 Router HUAWEI QUIDWAY AR 28-30.....	100
Figura 4.27 Verificando el estado de las interfaces de los Routers.....	101
Figura 4.28 Prueba de conectividad entre los Routers.....	101
Figura 4.29 Diagrama General de Conexión para brindar servicios E1.....	102
Figura 4.30 Interconexión de equipos IPMUX.....	103
Figura 4.31 Menú Principal para la configuración de Equipos IPMUX.....	105
Figura 4.32 Parámetros para configuración de los equipos IPMUX.....	106
Figura 4.33 Configuración de direcciones IP del IPMUX destino y del siguiente salto.....	107
Figura 4.34 Equipo de Comprobación para la transmisión de las señales E1....	108

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1	PAG.
Tabla 1.1. Recomendaciones de la ITU-T.....	4
Tabla 1.2 Organismos de Estandarización de las Telecomunicaciones.....	24
CAPITULO 2	PAG.
Tabla 2.1 Ruta Salinas - Ayampe.....	46
Tabla 2.2 Ruta Ayampe - Santa Rosa.....	48
Tabla 2.3 Ruta Santa Rosa - Manta.....	48
Tabla 2.4 Ruta Manta – Guayaquil.....	49
Tabla 2.5 Ruta Guayaquil - Buenos Aires.....	50
Tabla 2.6 Ruta Buenos Aires - Salinas.....	51
CAPITULO 3	PAG.
Tabla 3.1 Costos de Tendido terrestre de Fibra Óptica por cada 4 km.....	53
Tabla 3.2 Costo Alquiler de Postes para Instalación de Fibra Aérea.....	55
Tabla 3.3 Costos de Instalación de Fibra Aérea con Postes Propios.....	55
Tabla 3.4 Costos Instalación Fibra Subterránea en ruta principal.....	56
Tabla 3.5 Costos de Instalación de Fibra Aérea- Alquilando Postes.....	56
Tabla 3.6 Distancia entre Nodos en Km y Cantidad de Regeneradores.....	61
Tabla 3.7 Costos de Licencias OPTIX IManager T2000.....	61
Tabla 3.8 Costos de Implementación de Equipos SDH OPTIX OSN 1500 B.....	62
Tabla 3.9 Costos Accesorios para interconexión de Equipos.....	62

Tabla 3.10 Costo Total de Implementación de Nodo SDH.....	63
Tabla 3.11 Costo Alquiler de Postes sobre Ruta Total.....	64
Tabla 3.12 Número de Bobinas y Mangas.....	64
Tabla 3.13 Empalmes y Conectores.....	64
Tabla 3.14 Costos para las edificaciones en cada nodo.....	65
Tabla 3.15 Costo Infraestructura de Nodos y Regeneradores.....	65
Tabla 3.16 Costo materiales instalación fibra cada 3,5 km.....	66
Tabla 3.17 Costo Total para la implementación del proyecto.....	66
Tabla 3.18 Costo Alquiler Mensual del Servicio.....	67

INTRODUCCION

En la actualidad debido al creciente avance en las investigaciones para el desarrollo de transmisión a altas velocidades, las comunicaciones ópticas están ganando gran terreno en la implementación de las redes de telecomunicaciones a nivel mundial, lo cual satisface las necesidades actuales de consumo en ancho de banda en las distintas aplicaciones que implican transmisión de voz y datos.

El informe del proyecto que a continuación se presenta se encuentra dividido en dos partes, la primera parte tiene por objetivo analizar y diseñar una red SDH entre la ciudad de Manta y Salinas para proveer servicio de 2 STM-1 a una compañía de Telefonía celular para poder transmitir sus canales de voz con mayor rapidez a un Call Center ubicado en la ciudad de Manta hacia el NAP de las Américas y así aumentar sus ganancias.

La segunda parte analiza la opción de implementar una propia infraestructura de red o decidir si se opta por alquilar los servicios de algún Carrier que cumpla con los requerimientos solicitados.

CAPITULO I

1.- FUNDAMENTOS TEORICOS DE LAS REDES USADAS: JERARQUIA DIGITAL SINCRONICA, LA TECNOLOGIA ETHERNET Y TDMoIP.

A inicios de los sesenta se utilizaba Multiplexación por División de Frecuencia (FDM) para dar paso a la telefonía analógica, la idea era transportar un largo número de canales telefónicos sobre una misma línea modulando cada canal con una frecuencia portadora distinta para desplazar las señales a rangos de frecuencia distintos. Luego esto fue remplazado por sistemas de transportes digitales donde la señal telefónica era digitalizada, es decir, era convertida en una agrupación de bits para su transmisión. Para ello la señal telefónica analógica era muestreada al doble de su frecuencia máxima de 4 KHz, luego codificada y agrupada en bytes, donde cada byte representaba 8 bits para después ser transmitida a una tasa binaria de 64 Kbps utilizando la técnica de Multiplexación por Codificación por Pulsos (PCM) que permitía el uso múltiple de una

única línea por medio de la técnica de Multiplexación por División en el Tiempo (TDM), la cual genera muestras de cada señal en ranuras temporales que el receptor puede seleccionar mediante un reloj correctamente sincronizado con el transmisor y con esto evolucionar a tecnologías que pudieran soportar mayores demandas en velocidad de transmisión aprovechando de una manera eficiente el ancho de banda del canal de comunicaciones usando menos recursos en la multiplexación.

1.1.- Antecedentes de la Jerarquía Digital Plesiócrona.

Durante la década de los setenta e inicios de los ochenta, el primer estándar de transmisión digital fue la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) conocida como la Jerarquía Digital no-Síncrona, incursionando con transmisiones de alta velocidad muy superiores a 1 Mbps como la señal digital DS1 (1,54 Mbps), E1 (2,048 Mbps), DS3 (44,73 Mbps), donde el tráfico de voz reinaba las redes de telecomunicaciones, siendo establecida la tasa de bit de transmisión mínima o primaria de 2 Mbps en Europa y 1,5 Mbps en USA y Japón, equivalente a 30 y 24 circuitos telefónicos respectivamente.

La figura 1.1 muestra los valores de transmisión de las Jerarquías digitales no síncronas de distintos países.

Europea		Norte Americana		Japonesa
Trama	kbit/s	Trama	kbit/s	kbit/s
E1	2.048	T1/DS1	1.544	1.544
E2	8.448	T2/DS2	6.312	6.312
E3	34.368	T3/DS3	44.736	32.064
E4	139.264	3xT3	139.264	97.728
E5	564.992	T4	274.176	

Figura 1.1.- Jerarquías digitales no-síncronas

1.2.- Conceptos básicos de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

Todos las debilidades presentadas por PDH llevaron a que en 1988 en Estados Unidos el Comité Consultivo Internacional para Telegrafía y Telefonía (CCITT), hoy Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) presente un nuevo estándar mundial de recomendaciones para transmisión digital donde quedaría definido como Jerarquía Digital Síncrona (SDH) en Europa, y Red Óptica Síncrona (SONET) en Norte América, este estándar agrupa las recomendaciones para el armado de tramas; información

referente a los multiplexores; gestión y administración de la red y la información referente a interfaces, como lo muestra la tabla 1.1, con lo cual se lograría transportar grandes flujos de información a diferentes velocidades de trasmisión.

Estándar	Descripción
ITU-T G.707	Interface del nodo de red para SDH
ITU-T G.781	Estructura de recomendaciones para SDH
ITU-T G.782	Características y tipos de equipos para SDH
ITU-T G.803	Arquitectura de redes de transporte basadas en SDH
ITU-T G.957	Información de interfaces

Tabla 1.1.- Recomendaciones de la ITU-T

Algunos problemas presentados por el estándar PDH fueron superados después por SDH tales como el acceso en SDH a todos los tributarios de baja velocidad directamente en una señal agregada de mayor velocidad aplicando multiplexación sin la presencia de bits de relleno, la cual era una técnica que usaba arreglo de bits para eliminar la falta de sincronismo entre sus terminales.

Las estructuras de multiplexación son altamente flexibles por lo que una señal de mayor velocidad tiene igual forma a una

de menor. En cuanto a la capacidad de operación, gestión y administración de red, SDH incluye información adicional que viaja con los canales tributarios a través de toda la red lo que facilita la interpretación de procesamiento de la información.

1.3.- Estructura Jerárquica Digital Síncrona.

Esta estructura jerárquica que describe como se transmite la información en un sistema SDH, está dividida en 4 niveles:

Fofónico.- Enfocado en el nivel físico. Es la especificación del tipo de fibra óptica, al igual que los valores de potencias mínimas requeridas, atenuación de los láseres y sensibilidad de los receptores.

Sección.- Convierte las señales eléctricas en señales ópticas.

Líneas.- Controla el nivel de sincronización, el multiplexado de datos en tramas, protección de funciones de mantenimiento y conmutación.

Encaminamiento.- Se refiere al transporte de extremo a extremo con una velocidad de transmisión apropiada.

Con esto era necesario revisar y ordenar los procesos de adaptación del sistema PDH, ya que el nuevo sistema jerárquico que se implementaría debía convivir con la Jerarquía Plesiócrona ya instalada debiendo transportar las antiguas tramas en esta nueva tecnología para transmisión.

1.4.- Módulo de transporte síncrono (STM-N).^[1]

Toda la información que viaja a través de los elementos de la red SDH dentro del módulo de transporte síncrono (STM) va en forma de contenedores (C) el cual es el elemento básico de carga en la red SDH llevando consigo la carga de tributarios y agregados junto con bits de información los cuales ayudan a dirigir y gestionar la información hasta su destino.

Cada contenedor debe llevar asociada información de

destino, origen y la ruta por la que debe recorrer, lo cual se le conoce como cabecera de ruta (POH), quien etiqueta el tráfico de cada contenedor a través de la red SDH formando un contenedor virtual (VC). El POH contiene información que también sirve de alarmas, detección y corrección de errores usado en todo su trayecto de extremo a extremo.

A su vez, siendo el módulo de transporte síncrono con todos los nodos de la red, el VC se puede multiplexar y demultiplexar de una sola vez sin necesidad de extraer todo el flujo de información aun atravesando toda la red.

La figura 1.2 muestra la creación de una señal tributaria (TU), donde los VC de menor nivel son mapeados en relación a contenedores de mayor nivel.

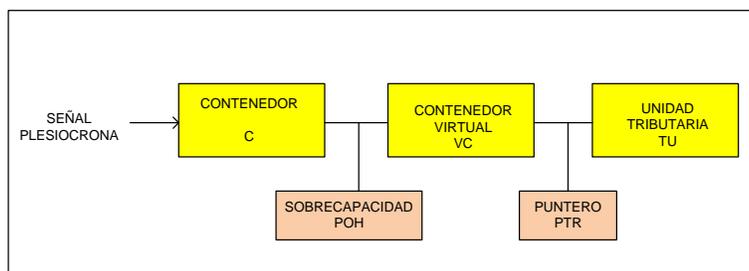


Figura 1.2.- Creación de la señal tributaria

1.5.- Estructura de multiplexación en SDH.

A continuación se muestra el mapeo de cómo a partir de una señal PDH se llega a una señal básica SDH o STM-1. La figura 1.3 muestra la estructura de multiplexación SDH donde las tasas de transmisión son mapeadas en Contenedores (C), en el cual se añade una cabecera de ruta (POH) formando un contenedor virtual (VC), a este se le asigna un puntero para su dirección formando así una unidad tributaria (TU). La Unidad Tributaria es empaquetada en Grupos de Unidades Tributarias (TUG). Los Grupos de Unidades Tributarias son agrupadas y forman Grupos de Unidades Administrativas (AUG) en donde las Unidades Administrativas (AUG) forman el STM-1.

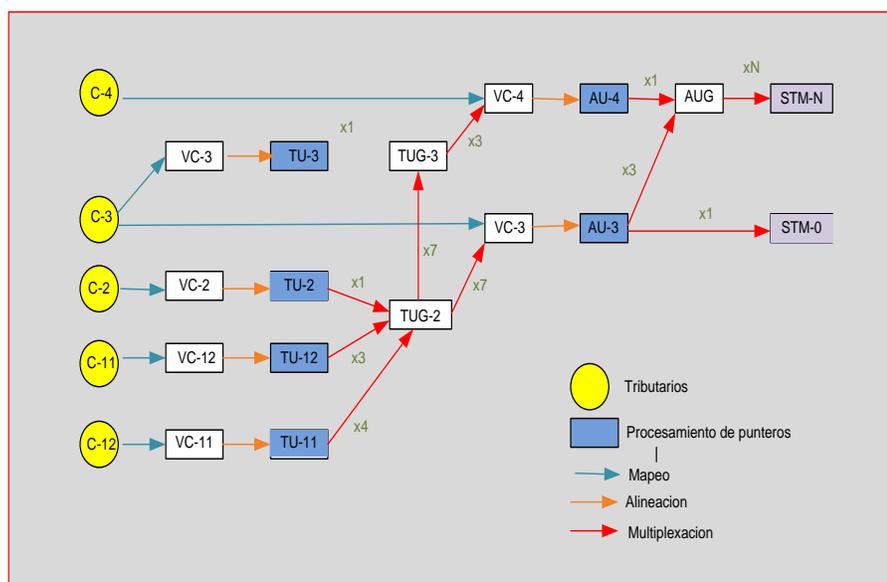


Figura 1.3.- Estructura de Multiplexación SDH [2]

Los contenedores virtuales están organizados bajo la Jerarquía de la señal PDH asociada, por ejemplo un VC12 lleva asociada una señal de 2 Mbps (un E1), un VC11 una de 1,54 Mbps (un DS1) y un VC4 una señal de 140 Mbps (un STM1). Un contenedor virtual de una jerarquía mayor puede portar en su interior otros de jerarquía menor siendo así que un VC4 se forma a partir de 63 VC12 y un Gigabyte (GB) de 8 VC4, todos los contenedores virtuales están contenidos dentro del área de carga útil de la señal STM-N.

1.6.- Composición de la trama SDH.

En SDH, un STM-1 constituye la unidad básica del orden jerárquico formada por un arreglo matricial de 270 bytes (columnas) de ancho por 9 bytes (filas) de alto, donde cada byte se compone de 8 bits dando un total de 2430 bytes, donde la frecuencia de la trama es igual a 8 KHz que corresponde a la tasa de muestreo de un canal PCM, lo que da como resultado una tasa de transmisión de 155,52 Mbps.

La figura 1.4 muestra la trama SDH donde se indica como está formada en base a su número en bytes de filas y columnas.

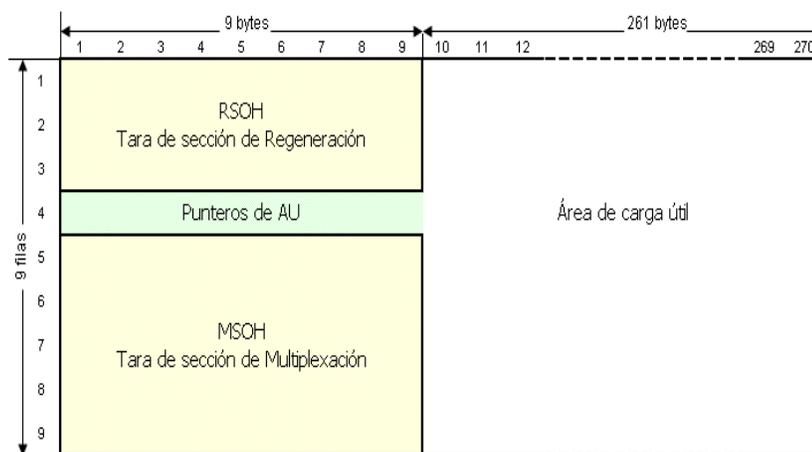


Figura 1.4.- Trama SDH ^[3]

En las primeras 9 columnas están incluidas la cabecera de sección (OH) y los punteros de los VC-4 que contiene la información de sección asociada a la trama que permite identificar la señal para monitoreo y control de error:

Las filas 1 y 3 contienen los encapsulados de regeneración (RS-OH).

La fila 4 contiene a los punteros (AU-PTR).

De la fila 5 a la 9 los encabezados de multiplexación (MS-OH).

Las tramas de nivel superior o de mayor jerarquía y su velocidad de transmisión pueden ser fácilmente calculadas multiplicando la tasa básica de STM-1 por múltiplos de 4 como lo indica la figura 1.5.

STM – 1 = 1 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 155 Mbps
STM – 4 = 4 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 622 Mbps
STM – 16 = 16 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 2.5 Gbps
STM – 64 = 64 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 10 Gbps
STM – 256 = 256 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 40 Gbps

Figura 1.5.- Velocidad de transmisión de tramas de orden superior ^[4]

1.7.- Elementos de red que intervienen en un anillo óptico SDH.

Una red SDH nos permite combinar diferentes tipos de señales de datos siendo plesiócronicas o no-síncronicas sobre transmisiones de alta velocidad a nivel de STM-N o viceversa de manera iterativa y también ser capaz de soportar nuevas aplicaciones, requiriendo así una interconexión de distintos tipos de elementos de red.

La figura 1.6 muestra el diagrama en anillo de tres nodos principales de una Red óptica SDH.

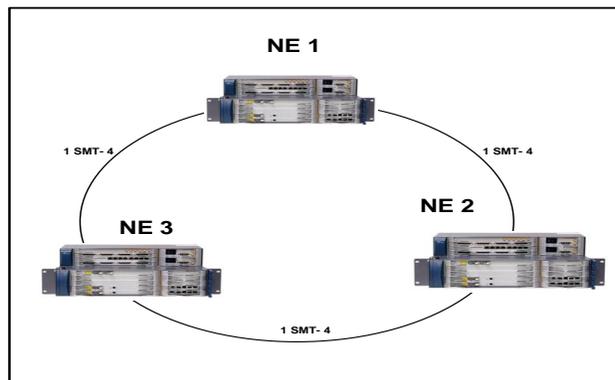


Figura 1.6.- Red Óptica SDH

Los elementos básicos de una red SDH son detallados a continuación:

Regeneradores, Se encargan de regenerar el reloj y la amplitud

de la señal de datos entrantes que han sido atenuadas y distorsionadas por la dispersión, como se muestra en la figura 1.7.

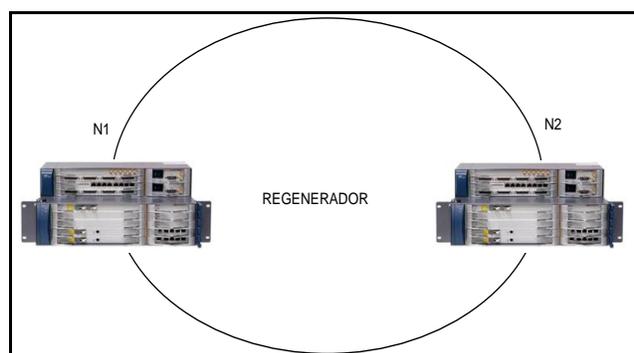


Figura 1.7.- Regenerador de red SDH

Multiplexores, Su tarea es empaquetar y combinar una serie de señales plesiócronicas de tributario en una sola señal síncrona de agregado STM de mayor velocidad como se muestra en la figura 1.8. Además distribuyen eficientemente el ancho de banda disponible en el enlace troncal para acomodar todas las señales a ser transportadas.

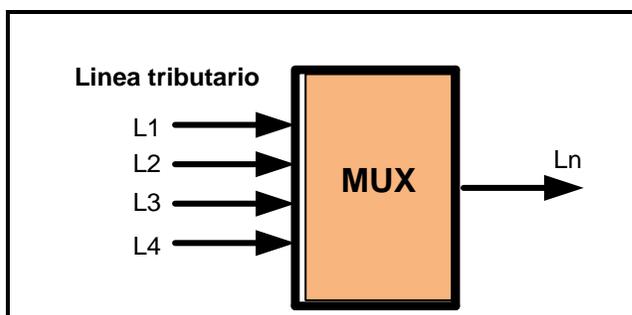


Figura 1.8.- Multiplexor

Multiplexores Add/Drop (ADM), Estos equipos se encargan de insertar o extraer señales plesiócronas o síncronas de menor velocidad en el flujo de alta velocidad de datos SDH, gracias a esto es posible configurar topologías en anillos permitiendo conmutar a un trayecto en reversa en caso de falla de un elemento de red.

La figura 1.9 muestra un multiplexor Add/Drop ADM.

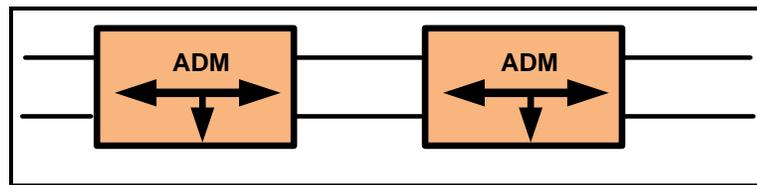


Figura 1.9.- Multiplexor Add/Drop ADM

Cross-conectores Digitales, Constituidas por una o varias matrices de conmutación de tráfico, dándole más flexibilidad a la red, lo cual permite crear conexiones virtuales entre cualquier tipo de tráfico a nivel de contenedores virtuales y agregados STM, como se muestra en la figura 1.10.

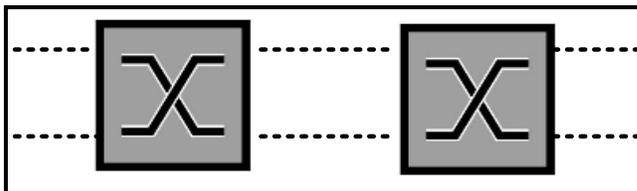


Figura 1.10.- Cross-conector Digital

1.8.- Arquitectura de Red.

Es la organización topológica de los elementos de una red SDH y la interconexión de los mismos, algunas de estas arquitecturas se muestran a continuación:

Punto a Punto: Esta topología permite la interconexión entre dos equipos terminales unidos por uno o dos enlaces como protección, los cuales procesan la señal transmitida completa. La figura 1.11 muestra la topología Punto a Punto.

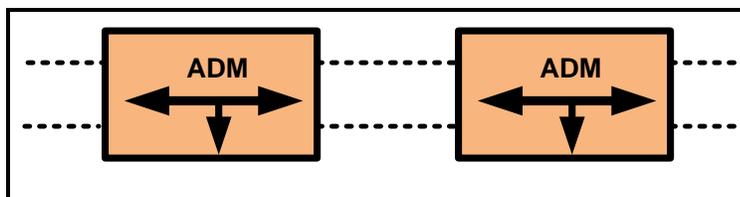


Figura 1.11.- Topología Punto a Punto

Lineal, Está conformado por una sucesión de multiplexores Add/Drop, en cuyos extremos también se encuentran multiplexores terminales, mostrada en la figura 1.12.

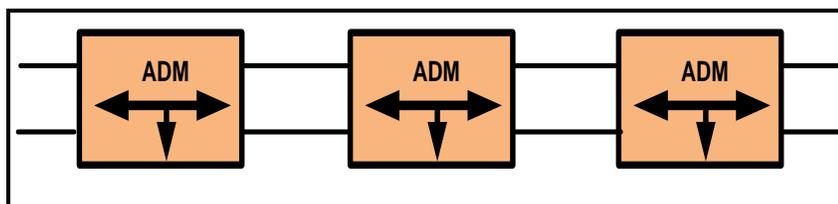


Figura 1.12.- Topología Lineal

Anillo, Es la unión de un conjunto de multiplexores Add/Drop unidos con uno o dos enlaces STM-N en forma de anillo, mostrado en la figura 1.13. La idea de unir con dos enlaces es implementar protección ante alguna falla de línea o caída de equipo.

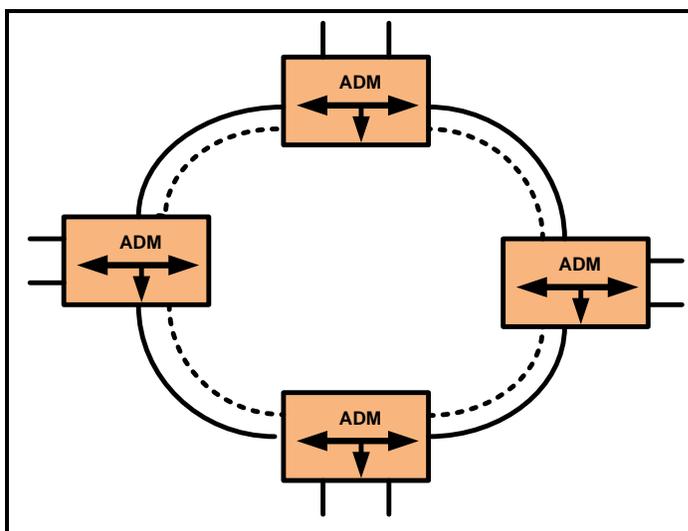


Figura 1.13.- Topología Anillo

1.9.- Arquitectura de Protección. ^[5]

Actualmente las redes SDH deben proporcionar capacidad y ancho de banda suficiente para soportar el tráfico de la información y también la capacidad de protegerse y recuperarse de manera eficiente frente a la aparición de fallos. Los requisitos de operatividad de la red suelen fijarse a través de los Niveles Agregados de Servicio (SLA) establecidos entre proveedores y clientes para que la red se mantenga operativa un determinado porcentaje del tiempo a lo largo del año; por ejemplo, el valor del 99.999% corresponden a un máximo de 5 minutos fuera de operación a lo largo del año, esto solo se logra introduciendo mecanismos de protección y recuperación.

Asumiendo que la transmisión entre nodos cualesquiera es en ambos sentidos y empleando una fibra óptica diferente para cada sentido de la transmisión, existen dos tipos de arquitecturas de protección que a continuación se detallan:

Conmutación de Protección Automática (APS), que permite la recuperación automática ante fallas, y pérdida de la señal debido a problemas de fallas de línea o equipos de transmisión. Para trayectos de conexión entre ADM muy largos, el retardo de propagación puede hacer difícil conseguir tiempos de recuperación que el cliente espera, como por ejemplo valores de SLA del 99.999%.^[5]

Multiplex Section Protection (MSP)^[5]: Opera con una sección de tráfico ubicada entre dos nodos adyacentes. Entre estos dos nodos existen 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, como son:

Protección 1:1, es un esquema de protección doble extremo. El tráfico es inicialmente enviado por el enlace activo únicamente. Al detectar un fallo en el extremo contrario de la red, cuando no existe recepción de tráfico por un determinado periodo de tiempo,

conmuta a la otra línea como lo indica la figura 1.14.



Figura 1.14.- Protección 1:1 ^[5]

Protección 1:N, a diferencia de la protección 1:1, varios canales operativos pueden ser protegidos por un único canal de respaldo, la protección 1:N se muestra en la figura 1.15.

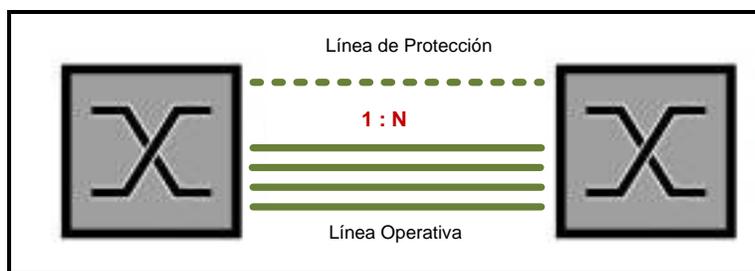


Figura 1.15.- Protección 1:N ^[5]

Protección 1+1 (MSP), aquí se envía tráfico 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.

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. La figura 1.16 muestra el esquema de protección 1+1 (MSP).

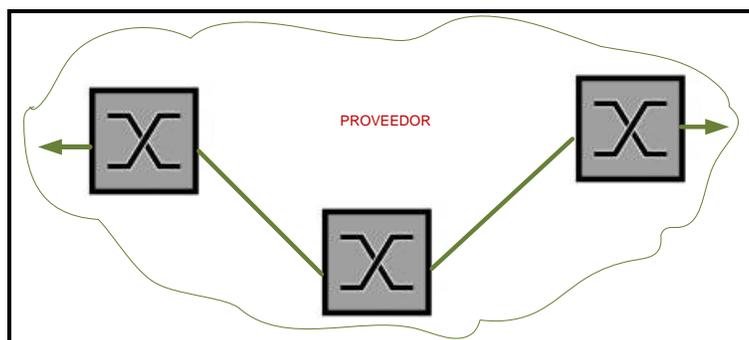


Figura 1.16.- Protección 1+1 (MSP) ^[5]

1.10.- Fibra Óptica y Aplicaciones.

A partir de la invención de la fibra óptica en los sesenta comienza un avanzado desarrollo para lo que serían las comunicaciones a través de la fibra óptica convirtiéndose en la tecnología más usada como medio para transmitir grandes volúmenes de información como alternativa a los cables de cobre a cortas distancias, aumentando la velocidad de transmisión y presentando una disminución de la interferencia y ruido por el envío de información.

La fibra óptica es una guía de ondas ópticas con propiedades altamente dieléctricas y constituida por dos cilindros concéntricos con diferentes índices de refracción, donde al cilindro interior se le llama núcleo y es por donde viajan los pulsos de luz transmitidos, el cilindro exterior es conocido como revestimiento el cual conforma una capa exterior que rodea al núcleo reflejando la luz que incide en él y permitiendo que dentro del núcleo el valor del índice de refracción sea siempre mayor que en el revestimiento, en donde la velocidad de la luz en el vacío es de $3,108 \times 10^8$ m/seg, la cual varía sensiblemente dependiendo de la diferencia de la densidad en composición química de los materiales.^[6]

La figura 1.17 muestra la estructura de la fibra óptica.

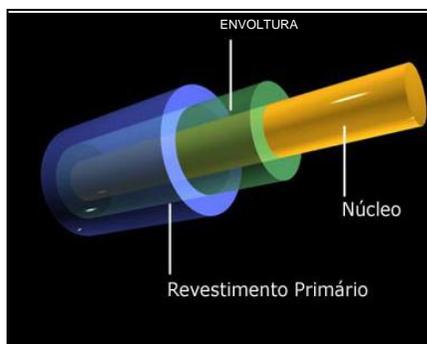


Figura 1.17.- Estructura de la fibra óptica ^[6]

Cada rayo de luz que incide sobre la superficie del núcleo y

dependiendo del ángulo de apertura del mismo da origen a un camino específico de luz llamado modo con ligeras diferencias en distancias recorridas, lo cual da origen a dos tipos fundamentales de fibras como son las multimodo y las monomodo.

Las fibras ópticas de tipo multimodo operaban en la ventana de los 850nm, éstas se caracterizaban por su menor costo y un coeficiente de atenuación relativamente alto, su frecuencia de operación está por debajo de 1Ghz a distancias máximas de unos 10Km sin Repetidor, además usan como fuente de luz un diodo emisor de luz concentrado (LED) que actualmente operan en Redes de Área Local (LAN) hasta aproximadamente 1Gbps.

La figura 1.18 muestra la ventana óptica de transmisión de la fibra óptica.

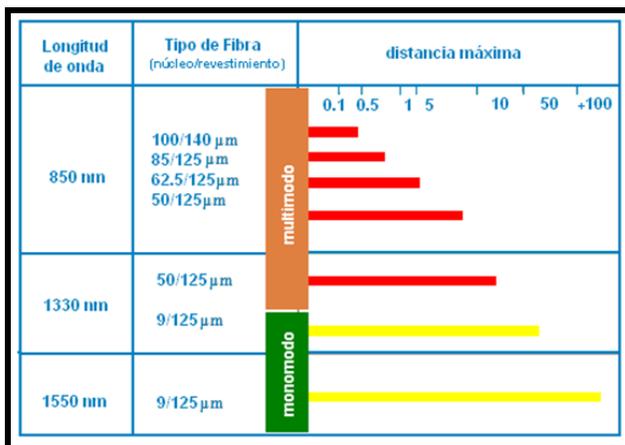


Figura 1.18.- Ventana óptica de transmisión ^[6]

La necesidad de establecer conexión entre operadores a grandes distancias aprovechando las propiedades de la emisión luz bajo tecnología que lograba mantener la intensidad de la misma dio lugar a que se creen las fibras de tipo monomodo siendo las más importantes para enlaces de larga distancia, operando entre 1300nm y 1550nm con atenuación por debajo de 0,4dB/Km y un ancho de banda que le permite alcanzar más de 2,5Gbps y 10Gbps de transmisión respectivamente, estas emplean fuentes de luz láser, con tramos de repetición de aproximado 50 km y hasta 100Km presentando mínimas pérdidas en redes de transporte óptico actuales sobre las cuales se soportan los sistemas de transmisión de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) y los distintos servicios de telecomunicaciones.

1.11.- Tecnología Ethernet.

El estándar Ethernet fue desarrollado con la finalidad de conseguir un medio de comunicación entre computadores accediendo a una red común utilizando un modelo denominado Acceso Múltiple con Detector de Portadora y Detector de Colisiones (CSMA/CD) que permitía transportar información sobre un canal sin que haya interrupción o colisiones de la información enviada, el cual pasó a ser un protocolo de Ethernet que luego fue definido como norma IEEE 802.3, el cual inicialmente podía manejar información a 10 Mbps, y a partir de los ochenta la tecnología Ethernet fue gradualmente adoptada por la mayoría de los organismos de estandarización, tal como lo indica la tabla 1.2.

Asociación de Fabricantes Europeos de Computadores	ECMA
Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos	IEEE
Instituto Nacional de Estándares y Tecnología	NIST
Instituto Nacional Americano de Estándares	ANSI
Organización Nacional de Estándares	OSI

Tabla 1.2.- Organismos de Estandarización de las Telecomunicaciones

Más adelante, Ethernet se convertiría en la tecnología LAN más popular en el mundo, operando solamente en las dos primeras

capas del modelo OSI, la capa física que se refiere al cableado e interfaces y la capa de enlace que proporciona direccionamiento local, detección de errores y control de acceso a la red.

Actualmente la tecnología Ethernet presenta algunas ventajas sobre las redes Metroethernet tales como su bajo costo de implementación, configuración rápida de equipos ante eventos de fallas y facilidad de interconectarse con otras redes debido a que la mayoría de las redes locales están implementadas bajo Ethernet. [7]

1.12.- Modulación por División de Tiempo sobre Protocolo de Internet (TDMoIP) [8]

La tecnología TDMoIP consiste en el transporte transparente de TDM sobre redes IP, segmentando una secuencia de tramas en paquetes de cierta longitud de byte en una red de conmutación de paquetes como lo es IP o MPLS, conservando aún el sincronismo y señalización. Las ventajas de esto son conversiones simples, transparentes y económicas por la eliminación de los costos de servicio e integración.

El flujo de bits síncrono es segmentado, luego se le añade una cabecera IP, posteriormente se añade la cabecera del PSN (IP/MPLS) y en seguida los paquetes son transportados por la red conmutada al destino. En el destino las cabeceras PSN son usadas y eliminadas, luego se genera el CLOCK en el destino, se chequea el control TDMoIP, se utiliza y se elimina. Al final el flujo TDM es reconstruido y entregado. La figura 1.19 muestra como son segmentados los paquetes de datos en TDMoIP.

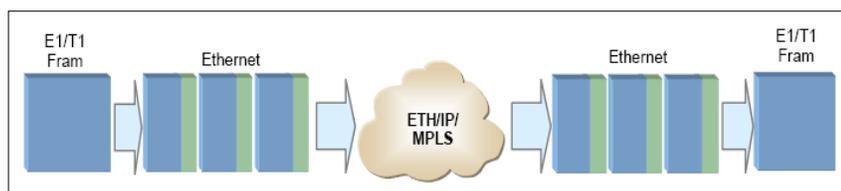


Figura 1.19.- Paquetes segmentados en TDMoIP ^[8]

Una edición crítica de poner TDM en edición pseudowire es la recuperación del clock. Las redes IP pueden obtener el reloj utilizando el protocolo de tiempo de la red (NTP: Network Time Protocol), pero en enlaces dedicados no se transporta la información de sincronización por lo que es necesario utilizar un mecanismo de sincronización de tiempo independiente en los equipos TDMoIP.

El sincronismo como se muestra en la figura 1.20, se configura en modo adaptivo, es decir, se adapta a la frecuencia de la red. Las redes IP pueden obtener el reloj utilizando el protocolo de tiempo de la red (NTP).

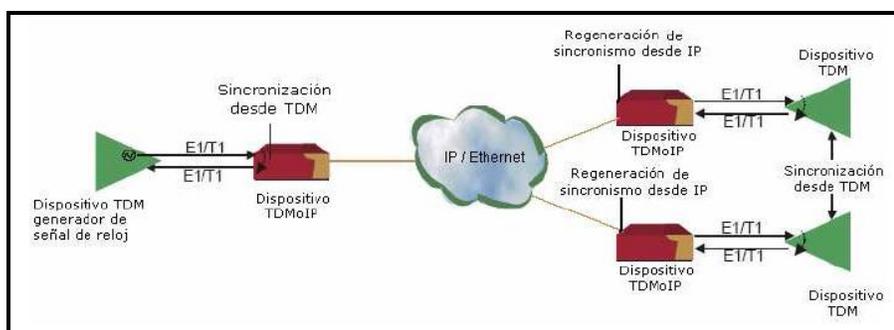


Figura 1.20.- Sincronismo en TDMoIP [8]

Ordenamiento y pérdida de Paquetes: Los paquetes IP alcanzan su destino con un retraso al azar llamado jitter. Al emular TDM sobre IP, ésta aleatoriedad se arregla usando un “jitter buffer” en todos los datos entrantes. El tamaño del jitter buffer puede ser dinámico, aumentar o disminuir su tamaño de acuerdo a las estadísticas de variación de retardo de la red, lo deseable en una red óptica es tener un jitter igual a cero.

Para el desordenamiento de paquetes, este mecanismo rastrea

en la memoria los números de secuencia y errores de cabecera de los paquetes para que luego sean ordenados.

La figura 1.21 muestra el esquema del Jitter buffer en la red.

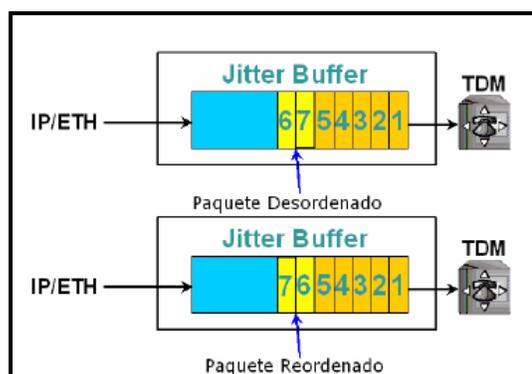


Figura 1.21.- Esquema del Jitter Buffer ^[8]

Si baja el tráfico de paquetes en la red el buffer empieza a emular que se sigue enviando tráfico para que se mantenga la tasa de sincronismo.

CAPITULO 2

2.- DISEÑO Y CALCULOS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED ÓPTICA SDH Y RED DE ACCESO TDMoIP PARA EL PROYECTO.

A continuación se detallan todos los equipos necesarios para implementar la red óptica principal SDH entre la ciudades de Manta y Salinas por donde se transmitirá los servicios de 2 STM-1 a través de interfaces Gigabit Ethernet por medio de fibra óptica que será seleccionada de acuerdo a sus parámetros permitidos de atenuación a lo largo de todo el recorrido para interconectar los nodos principales y sus regeneradores con protección tipo anillo.

También se deberá proveer a un Call Center ubicado en la ciudad de Manta un circuito clear channel de 1E1 hacia el Punto de Acceso a la Red (NAP) de las Américas cuya salida internacional será a través del cable submarino por Punta Carnero.

Además se deberá elegir la tecnología de acceso a implementar que se

adapte mejor a las redes metro Ethernet ya instaladas o implementarla siendo el caso, permitiendo el crecimiento de la empresa quien brindara el servicio, para esto se deberá formar la red tipo anillo donde se añadirá a la ciudad de Guayaquil como tercer nodo por ser una de las ciudades con mayor auge comercial para en un futuro brindar servicios portadores tributarios dentro y fuera de la misma.

La figura 2.1 muestra la red óptica general SDH y la parte de TDMoIP a diseñar.

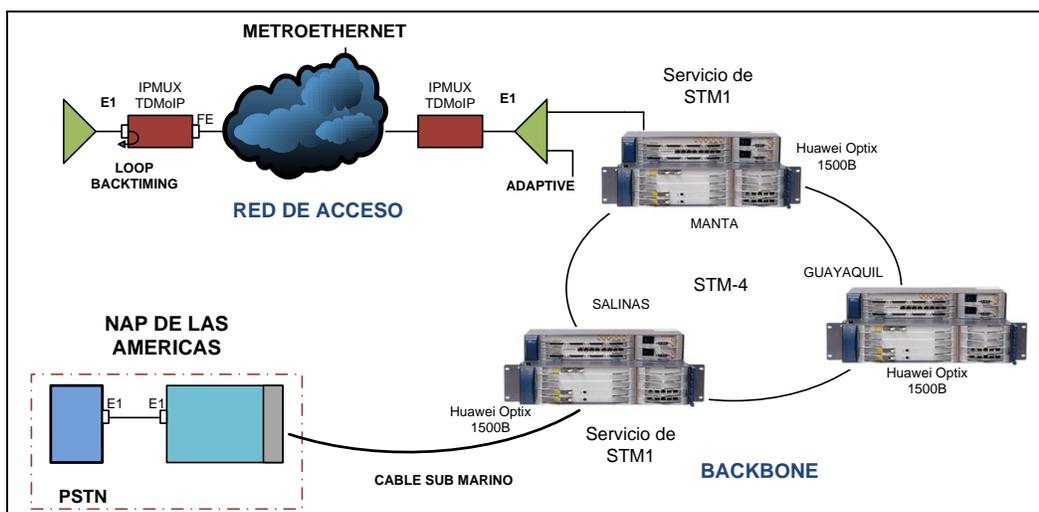


Figura 2.1.- Red Óptica General SDH y TDMoIP

Para simular la red con las características ya descritas se utilizaron las tarjetas de los equipos HUAWEI OPTIX OSN 1500 del laboratorio de telecomunicaciones de la ESPOL.

2.1.- Selección de la tecnología de acceso de última milla.

Se deberá elegir que tecnología de acceso usar del lado del cliente Modulación por División de Tiempo (TDM) o Modulación por División de Tiempo sobre Protocolo de Internet (TDMoIP) y que aproveche al máximo el ancho de banda del canal, se adapte a las redes ya existentes y que represente menos gastos de implementación.

Por lo tanto, ya descritas cada una de estas tecnologías se optó por elegir equipos **TDMoIP** por sus costos de instalación más bajos y características **pseudowire**, que emula una conexión punto a punto sobre una red conmutada y tiene la capacidad de adaptarse completamente a las redes Metro Ethernet ya instaladas, que al ser necesario ampliar la red, simplemente se añada otro equipo el cual se lo configura para inmediatamente levantar los servicios.

2.2.- Diseño y configuración de la red óptica SDH.

Para la simulación de la red SDH entre las tres ciudades fue necesario utilizar los equipos del Laboratorio de Telecomunicaciones

de la ESPOL el cual cuenta con una red anillo de tres equipos HUAWEI OPTIX OSN1500 configurada.

La figura 2.2 muestra los equipos Huawei necesarios para el diseño de la red anillo SDH.



Figura 2.2.- Equipos HUAWEI OPTIX OSN1500 ^[9]

Entre los componentes que se encargan de suministrar energía a estos equipos consta de un convertidor AC/DC el cual realiza la conversión de la entrada de energía de AC a 48V DC voltaje directo, también se encuentra instalado un Panel de Distribución de Energía PDP para el caso de que entre en operación algún banco de baterías.

La figura 2.3 muestra la distribución del panel de energía de cada uno de los equipos SDH del laboratorio.

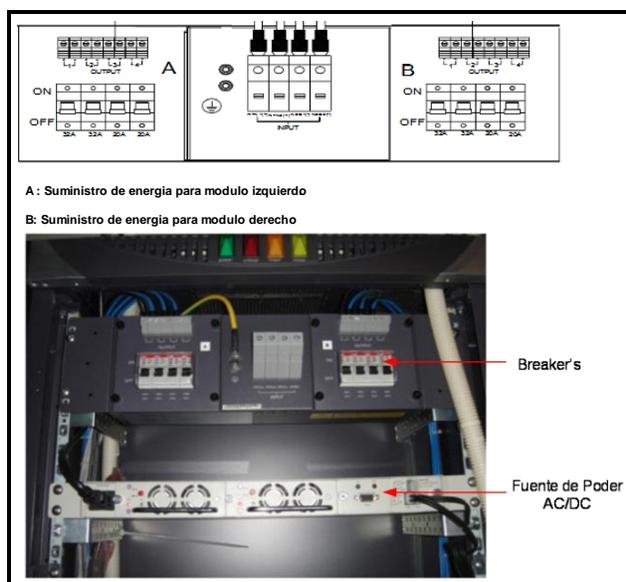


Figura 2.3.- Distribución de Panel de Energía ^[9]

En la figura 2.4 se muestra un equipo ADM HUAWEI Optix OSN 1500 y la distribución de cada una de las tarjetas que vienen insertadas en el mismo a nivel de STM-4.

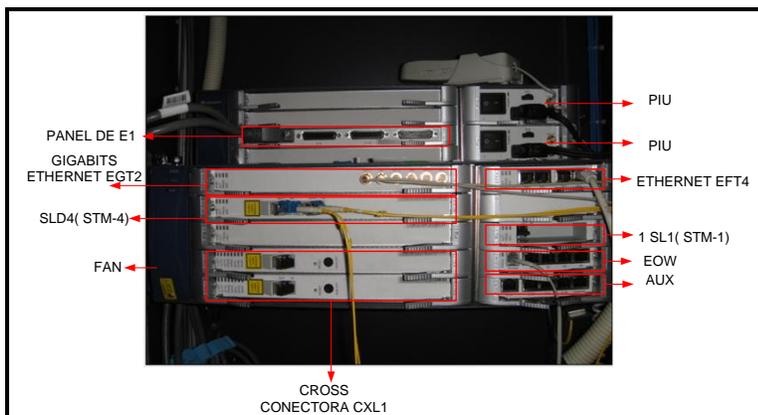


Figura 2.4.- Equipo SDH OPTIX OSN 1500^[9]

Luego de que se han configurado las tarjetas en los nodos SDH es necesario configurar las interfaces Gigabit Ethernet, para esto interconectamos los nodos al router Quidway AR28-30 que se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5.- Router Quidway AR 2830^[9]

2.3.- Equipos TDMoIP para brindar servicio E1.

La figura 2.6 muestra los equipos IPMUX con tecnología TDMoIP y un switch cisco capa 3 que simulará la red metro Ethernet tanto del lado de quien brinda la señal como del cliente.



Figura 2.6.- IPMUX RAD – SWITCH CISCO ^[9]

2.4.- Selección de la fibra óptica a instalarse.

Debido a las distancias de separación de las tres ciudades es necesario implementar fibra óptica monomodo para interconectar los Nodos principales y sus Regeneradores con protección tipo anillo, donde las más comunes según recomendaciones de ITU son las de características G.652 y G.655 capaces de transportar

información a altas velocidades y tener menor valor de atenuación a distancias de hasta 80 kilómetros donde es muy común utilizar la técnica Multiplexación por División en Longitudes de Ondas Densas (DWDM) para aprovechar al máximo la capacidad de la fibra sin tender mas cables ni abrir zanjas.

Utilizando la herramienta Google Earth se puede representar sobre el mapa del Ecuador el recorrido por donde se instalará la fibra óptica para unir las tres ciudades principales y los Regeneradores con protección tipo anillo donde si falla una línea entra la siguiente a operación, como lo indica la figura 2.7.

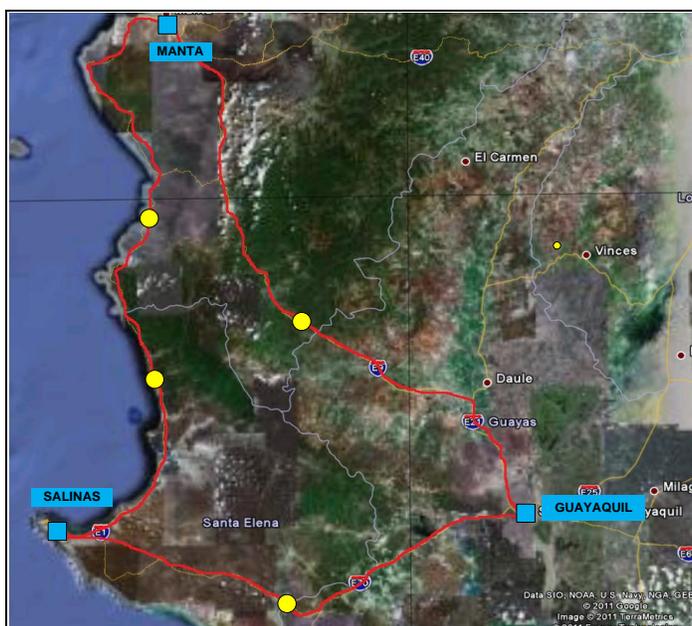


Figura 2.7.- Mapa de la red anillo Salinas-Manta-Guayaquil ^[10]

2.5.- Tipos de fibra óptica monomodo para interconectar nodos. ^[11]

A continuación se detallan los tipos de fibras ópticas monomodo que se usan para el tendido tanto aéreo como terrestre, este último será explicado en el siguiente capítulo ya que forma parte del análisis económico donde se escogerá si es apropiado para instalar.

Este tipo de tendido es muy utilizado en el Ecuador debido al bajo costo de alquiler de postes de entidades públicas como CNT, CNEL e incluso privadas como Telconet, por lo general se usan los postes que ya están instalados en zonas rurales y urbanas de las compañías eléctricas o telefónicas. Existen cuatro tipos de fibra óptica utilizados:

Cable Aéreo Dieléctrico Auto Suspendido (ADSS), Están diseñados para instalarse en las líneas de alta tensión debido a su peso liviano y ausencia de elementos metálicos, pudiéndose instalar en vanos de hasta 600 metros, como se indica en la figura 2.8. ^[11]



Figura 2.8.- Tendido de fibra óptica ADSS

Cable tipo Figura 8, Este diseño contiene un mensajero unido a la fibra óptica mediante una cubierta externa utilizado como refuerzo y además como soporte del peso del cable, que por ser económico se lo utiliza para vanos cortos de 120 metros.

La figura 2.9 muestra la estructura de la fibra óptica tipo figura 8.

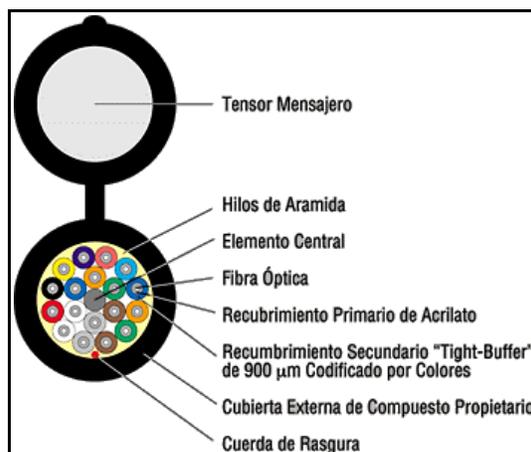


Figura 2.9.- Fibra óptica tipo figura 8 ^[11]

Cable Compuesto Tierra-Óptico (OPGW), El núcleo de fibras ópticas se aloja en el interior de un tubo de aluminio que proporciona protección a las fibras, siendo un conductor eléctrico para disipar las descargas atmosféricas y cortocircuitos. La figura 2.10 muestra la fibra óptica tipo OPGW.

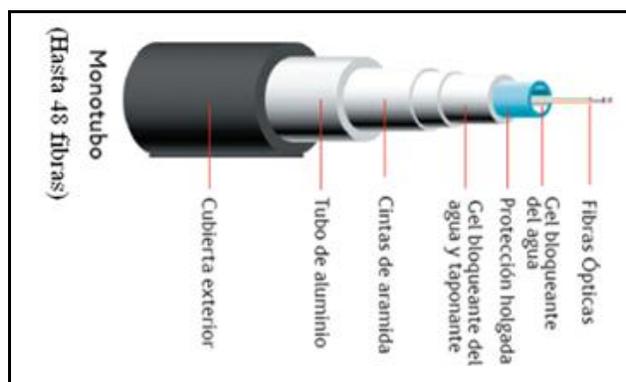


Figura 2.10.- Fibra óptica tipo OPGW ^[11]

Cable Óptico Adosado, Son diseñados para ser sujetos por un cable mensajero o al conductor de fase de la línea de alta tensión de las torres de transmisión de energía por estar compuesta de elementos totalmente dieléctricos y puede ser considerado como una solución económica de tendido como se muestra en la figura 2.11. ^[11]

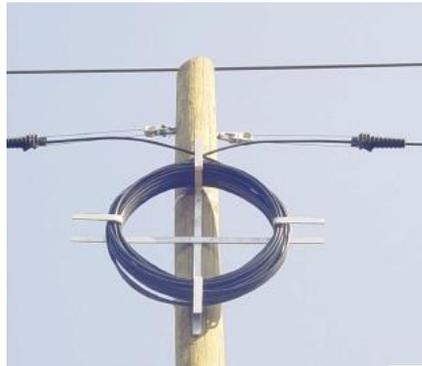


Figura 2.11.- Cable óptico Adosado

2.6.- Cálculos teóricos para determinar distancia entre Regeneradores.

La figura 2.12 muestra el anillo óptico entre las ciudades de Salinas, Manta y Guayaquil que se diseñará en este informe.

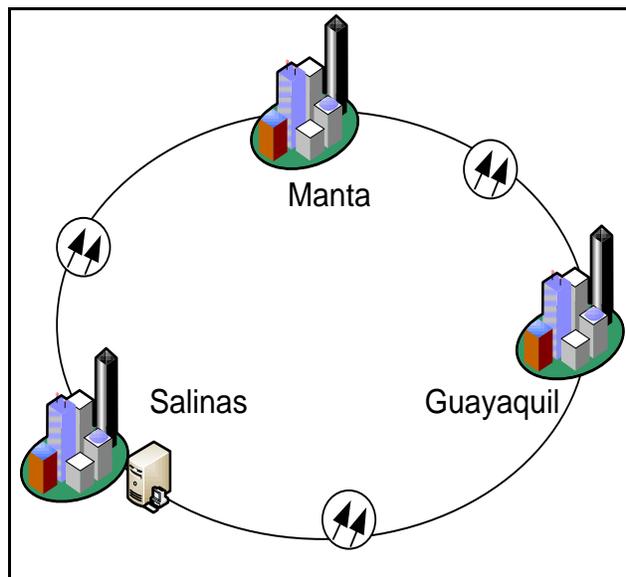


Figura 2.12.- Anillo óptico entre tres ciudades.

A continuación, se realizan los cálculos de atenuación para determinar a qué distancia como máximo se podrán montar los Regeneradores, para esto usamos los parámetros de los módulos ópticos proporcionados por los datos técnicos de las placas de los equipos SDH del laboratorio.

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

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

Figura 2.13.- Parámetros de módulos ópticos SDH

Como observamos en la figura 2.13, para enlaces de SMT-4, y usando tarjetas L-4.2, escogemos distancias de transmisión de 40 a 80 Km antes de que se atenúe la señal considerablemente y se tenga que instalar un Regenerador. El enlace será proyectado para un margen de potencia a transmitir y será igual a la máxima atenuación (**F1**), antes de ser necesario un repetidor:

$A_t = P_m$; atenuación máxima **(F1)**;

Mientras mayor potencia de transmisión se tenga y menor sensibilidad se escoja, mejor respuesta se obtendrá ante problemas de atenuación, asumiendo de acuerdo a la figura 2.13, una potencia de transmisión de:

$P_t = -1$ dBm (potencia máxima de transmisión)

Y una sensibilidad de: -30 dBm + 3dBm = -27 dBm; **para reserva**

Usando la fórmula de atenuación total **(F2)** se obtiene:

$A_t = L * A_l + N_e * A_e + N_c * A_c$ **(F2)**;

Donde :

L = Longitud del Cable.

A_l = Atenuación del cable para una longitud de onda de 1550 nm, el valor del coeficiente de atenuación sería 0,2 dB/km.

N_e = Número de empalmes.

A_e = Atenuación empalmes 0,05 dB; por norma G.652.

Nc = Número de Conectores.

Ac = Atenuación de Conectores.

Se utilizarán 4 conectores y 21 empalmes, dado que se utilizará ODF's en los backbone.

$$\mathbf{At = 80 \text{ km} * 0,2 \text{ dB/km} + 21 * 0,05 \text{ dB} + 4 * 0,5 \text{ dB}}$$

$$\mathbf{At = 19,05 \text{ dB.}}$$

La Potencia de recepción es obtenida mediante la fórmula **(F3)**:

$$\mathbf{Pr = Pt - At; \quad (F3);}$$

$$Pr = -1 \text{ dBm} - 19,05 \text{ dB}$$

$$Pr = -20,05 \text{ dBm}$$

PM = Margen de Umbral de Sensitividad **(F4)**:

$$\mathbf{PM = (Pt - At) - P_{\text{sensitividad}} \quad (F4);}$$

$$PM = -20,05 \text{ dBm} - (-27) \text{ dBm}$$

$$\mathbf{PM = 6,95 \text{ dBm.}}$$

A continuación se calcula la distancia adicional de reserva:

$$D_{ad} = \frac{6,95 \text{ dB}}{0,2 \text{ dB/km}} = 34,75 \text{ km}$$

Distancia adicional = 34,75 km.

Luego, se calcula la distancia máxima de recorrido:

$$D_{\max} = D_t + D_{ad};$$

$$D_{\max} = 80 \text{ km} + 34,75 \text{ km};$$

$$D_{\max} = 114,75 \text{ km};$$

Lo que nos indica que la distancia para colocar un Regenerador seria de cada 114,75 Km aproximadamente.

Para nuestros cálculos, se tomará una distancia para la instalación de cada Regenerador entre 80 y 110 Km, debido a la cantidad de conectores y empalmes que se usarán para cubrir las distancias.

La figura 2.14 muestra la distancia entre la ruta de Salinas a Manta

y los lugares por donde recorrerá la fibra óptica a instalarse a lo largo de la ruta indicando el sitio en donde de ser necesario se instalará un Regenerador para mejorar la señal a transmitir.

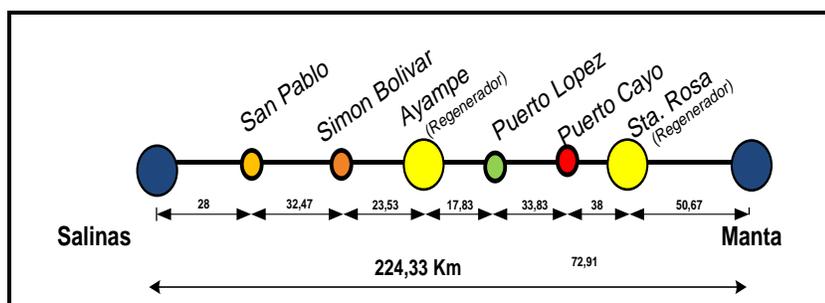


Figura 2.14.- Distancia entre Nodos - Ruta entre Salinas y Manta

En la tabla 2.1 se indica la primera ruta elegida y el respectivo margen de reserva hasta el Regenerador:

DISTANCIA ENTRE SALINAS Y AYAMPE			Margen de Reserva
SAN PABLO	28	km	
SIMON BOLIVAR	32,47	km	
AYAMPE	23,53	km	
TOTAL	84	km	6 db

Tabla 2.1.- Ruta Salinas- Ayampe

A continuación se realiza el cálculo del margen de reserva para el Regenerador a ser instalado en Ayampe desde Salinas:

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

$$A_t = 84 \text{ km} \cdot 0,2 \text{ dB/km} + 21 \cdot 0,05 \text{ dB} + 0,5 \text{ dB} \cdot 4$$

$$A_t = 19,85 \text{ dB.}$$

La Potencia de recepción es obtenida mediante la fórmula:

$$P_r = P_t - A_t$$

$$P_r = -1 \text{ dBm} - 19,85 \text{ dB}$$

$$P_r = -20,85 \text{ dBm} \approx -21 \text{ dBm}$$

PM = Margen de Umbral de Sensitividad

$$PM = P_t - A_t - P_{\text{sensitividad}}$$

$$PM = -21 \text{ dBm} - (-27 \text{ dBm})$$

$$PM = 6 \text{ dBm.}$$

Lo que nos indica que tenemos 6 db de reserva para crecer.

A continuación se realizan los mismos cálculos para sacar los márgenes de reserva para las demás rutas.

En la tabla 2.2 se indica la distancia en donde se colocará el

siguiente Regenerador en Santa Rosa ubicada a unos 89 km desde Ayampe y su margen de reserva.

DISTANCIA ENTRE AYAMPE Y STA. ROSA			Margen de Reserva
PUERTO LOPEZ	17,83	km	
PUERTO CAYO	33,83	km	
SANTA ROSA	38	km	
TOTAL	89,66	km	3 dB

Tabla 2.2.- Ruta Ayampe - Santa Rosa

En la tabla 2.3 se indica la distancia en donde se colocará el siguiente Equipo Principal en la ruta de Santa Rosa a Manta y el margen de reserva.

DISTANCIA ENTRE STA. ROSA Y MANTA			Margen de Reserva
MANTA	50,67	km	13 dB

Tabla 2.3.- Ruta Santa Rosa- Manta

La figura 2.15 muestra la distancia entre los nodos principales de la ruta entre la ciudad de Manta y Guayaquil de 190 km donde se colocará un Regenerador en el sector de Cascajal.

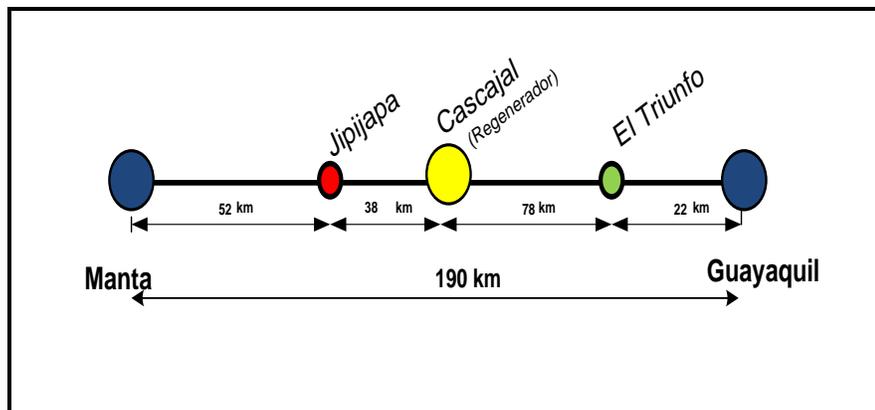


Figura 2.15.- Distancias entre Nodos - ruta Manta y Guayaquil

En la tabla 2.4 se indica la distancia y sitio en donde se colocará el siguiente Regenerador en Cascajal desde Manta y el margen de reserva.

DISTANCIA ENTRE MANTA Y CASCAJAL			MARGEN RESERVA	DISTANCIA ENTRE CASCAJAL Y GUAYAQUIL			Margen de reserva
JIJAJAPA	52	km		EL TRIUNFO	78	km	
CASCAJAL	38	km		GUAYAQUIL	22	km	
TOTAL	90	km	3 dB	TOTAL	100	km	3 dB

Tabla 2.4.- Ruta Manta – Guayaquil

Por último, la figura 2.16 muestra la distancia entre los nodos de ruta entre la ciudad de Guayaquil y Salinas de 163 km.

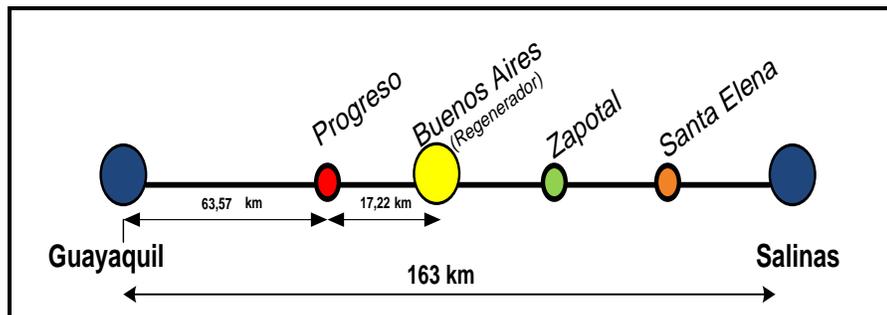


Figura 2.16.- Distancias entre Nodos -Guayaquil y Salinas

En la tabla 2.5 se indica la distancia donde se colocará el siguiente regenerador entre Guayaquil y Buenos Aires y el margen de reserva.

DISTANCIA ENTRE GUAYAQUIL Y BUENOS AIRES			Margen de Reserva
PROGRESO	63,57	km	
BUENOS AIRES	17,22	km	
TOTAL	80,79	km	6,79 dB

Tabla 2.5.- Ruta Guayaquil- Buenos Aires

En la tabla 2.6 se indica la distancia en donde se colocará el siguiente equipo terminal entre Buenos Aires y Salinas y el margen de reserva.

DISTANCIA ENTRE BUENOS AIRES Y SALINAS			Margen de Reserva
SALINAS	82,21	km	
TOTAL	82,21	km	6 dB

Tabla 2.6.- Ruta Buenos Aires - Salinas

El cable de fibra óptica viene en bobinas de 4 Km, se dejarán 500 metros de cable como reserva por cada bobina para cada Regenerador y Nodo principal.

CAPITULO 3

3.- ESTUDIO ECONÓMICO PARA LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

Para el estudio económico del proyecto se han tomado en cuenta los costos de los diferentes parámetros que influyen para la implementación del mismo, como son los costos de implementación de la fibra óptica, la infraestructura de los nodos, equipos SDH a instalarse, conectores y accesorios en los Nodos y Regeneradores.

Para la instalación de la fibra se ha realizado un estudio del costo de implementación tanto para el tendido subterráneo como el aéreo, y se escogerá la alternativa que presente menor costo.

3.1.- Tendido subterráneo de fibra óptica.

Otra consideración para este proyecto es la implementación subterránea total o parcial de la fibra óptica entre los nodos

Principales y los regeneradores por motivos de costos de inversión y por la situación del terreno por donde se hará el tendido.

Luego de determinar la ruta de recorrido de la fibra óptica y la ubicación estratégica de los Regeneradores hasta llegar a los Nodos principales para completar el anillo SDH, se han considerando los siguientes costos de instalación por cada carrete de fibra, es decir cada 4 Km. En la tabla 3.1 se detallan los costos de implementación de este tendido:

Ítem	Trabajo	Descripción	Precio Unitario
1	Zanja conducto	Microzanja (1,10 x 0,5)mts, incluye alquiler de Retroexcavadora, \$3 x mt de zanja	\$ 12.000,00
2	Arena, Ripio, Piedra Bola, Capa de Cemento	Adecuación, Capa de Ripio, Arena y Lastre para protección de fibra, incluye ducteria, \$10 x mt	\$ 40.000,00
3	Fibra Óptica	Instalación + Fibra Subterránea de 12 Hilos, \$2 x mt	\$ 8.000,00
4	Empalmes y Fusión	Incluye Manga, Señalización y Fusión de 12 hilos	\$ 440,00
5	Zufladora	Alquiler de Equipo para pasar fibra por todo el ducto, \$3 x mt	\$ 12.000,00
		Total x Carrete de fibra de 4Km.	\$ 72.440,00

Tabla 3.1.- Costos de Tendido terrestre de Fibra Óptica por cada 4 km

3.2.- Costos de Instalación de Tendido Aéreo.

Para el tendido aéreo de la fibra óptica se podría tomar en cuenta las siguientes alternativas:

1.- Alquilando los Postes a las empresas como CNEL, CNT u otro Carrier que provea servicios de telecomunicaciones considerando que para el alquiler de los mismos tiene un costo anual aproximado de renovación de contrato de \$ 23 por cada poste.

2.- Instalación propia de postes, evitando los costos de arrendamiento y la dependencia de terceras compañías. Se debe considerar que un limitante para esta implementación es la realización de los trámites legales, permisos municipales y prefecturas locales debido a que la instalación y mantenimiento de los postes será tanto en zonas urbanas como rurales, por lo tanto estos rubros no serán tomados en cuenta para el análisis de costos de instalación para el proyecto.

En la tabla 3.2 se muestran los costos de instalación de la fibra por

alquiler de postes y en la tabla 3.3 los costos realizando la instalación de la fibra con postes propios. En este caso se ha hecho solo el análisis entre la red principal entre Manta y Salinas.

Costos de Instalación de Fibra con Alquiler de Postes				
Recorridos-Rutas	Distancia km	Nºde Postes	Alquiler Anual	Costo Alquiler Postes
Salinas-Manta	224	3733	\$ 23,00	\$ 85.866,67
Fibra mas Instalación (incluyendo accesorios)				\$ 572.872,72
Sub Total				\$ 658.739,39

Tabla 3.2.- Costos Alquiler de Postes para Instalación de Fibra Aérea

Ruta Principal costos de instalación fibra con postes Propios					
Construcción e Instalación postes Propios	Permisos de instalación en suelo	Costo de fibra	Instalación fibra-accesorios	mano de obra instalación	Sub Total
\$ 840.000,00	\$ 56.000,00	\$ 235.200,00	\$ 46.472,86	\$ 291.200,00	\$ 1.468.872,86

Tabla 3.3.- Costo de Instalación de Fibra Aérea con Postes Propios

De las dos tablas anteriores se observa que presenta menor costo de implementación la primera opción que es la de alquiler los postes a terceras compañías.

3.3.- Comparación de Costos de Instalación de Fibra Aérea vs Tendido Subterráneo de la fibra.

El objetivo de realizar esta comparación de estos dos tipos de tendido fibra es escoger la alternativa más económica. En la tabla 3.4 se detalla los costos de instalación de fibra subterránea para la ruta que comprende entre Salinas y Manta como ruta principal.

COSTOS INSTALACIÓN FIBRA SUBTERRANEA RUTA PRINCIPAL			
DISTANCIA SALINAS-MANTA	Nº DE BOBINAS (4 KM)	COSTOS POR BOBINA	COSTO TOTAL
224 KM	56	72440	\$ 4.056.640,00

Tabla 3.4.- Costo Instalación Fibra Subterránea en ruta principal

Los costos de instalación de fibra subterránea son comparados con los costos de la instalación de fibra con alquiler de postes.

La tabla 3.5 muestra el costo de instalación de fibra alquilando postes.

Costos de Instalación de Fibra con Alquiler de Postes				
Recorridos-Rutas	Distancia km	Nºde Postes	Alquiler Anual	Costo Alquiler Postes
Salinas-Manta	224	3733	\$ 23,00	\$ 85.866,67
Fibra mas Instalación (incluyendo accesorios)				\$ 572.872,72
Sub Total				\$ 658.739,39

Tabla 3.5.- Costos de Instalación de Fibra Aérea- Alquilando Postes

Comparando los costos referente a la implementación de la fibra óptica sobre la ruta principal como lo indica el proyecto, que son los costos del tendido subterráneo y el tendido aéreo, se puede concluir que resulta más rentable la opción del tendido de la fibra de forma aérea.

En las figura 3.1 y figura 3.2 se observan los costos de mantenimiento y operación tanto de la instalación de Fibra Aérea con Postes propios como los de la fibra Subterránea, donde se determina que es más económico al año 16 optar por la implementación de fibra aérea con postes propios.

Con esto se ha realizado el análisis con el peor de los escenarios que implica la adquisición total de los postes y la instalación de los mismos, se determina que sigue siendo accesible la alternativa de la instalación aérea de la fibra óptica. Por tanto, para nuestro análisis de viabilidad del proyecto se ha escogido el tendido aéreo

de la fibra óptica alquilando los postes dado que esta es aun más económica que el tendido de la fibra área con implementación propia de postes.

Además, cabe mencionar que el gasto de Inversión inicial por instalación de fibra con postes propios es más bajo que la subterránea siendo esto un punto determinante al momento de decidir el método de implementación del proyecto.

PROYECTO DE COMUNICACION Valores en \$ FLUJO DE CAJA - INSTALACION DE POSTES PROPIOS																	
	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16						
Ingresos Operacionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -						
Egresos Operacionales	\$ 87.160	\$ 116.399	\$ 120.599	\$ 129.371	\$ 143.991	\$ 167.010	\$ 168.472	\$ 197.711	\$ 214.511	\$ 229.131	\$ 229.131						
Gastos de Operación	\$ 43.858,82	\$ 51.168,62	\$ 51.168,62	\$ 58.478,43	\$ 58.478,43	\$ 73.098,03	\$ 73.098,03	\$ 87.717,64	\$ 87.717,64	\$ 102.337,24	\$ 102.337,24						
Gastos de Mantenimiento	\$ 21.929	\$ 43.858,82	\$ 43.858,82	\$ 43.858,82	\$ 58.478,43	\$ 58.478,43	\$ 58.478,43	\$ 73.098,03	\$ 73.098,03	\$ 73.098,03	\$ 73.098,03						
Pago Gasto Basico	\$ 8.771,76	\$ 8.771,76	\$ 8.771,76	\$ 10.233,72	\$ 10.233,72	\$ 10.233,72	\$ 11.695,69	\$ 11.695,69	\$ 11.695,69	\$ 11.695,69	\$ 11.695,69						
Mantenimiento Postes	\$ 12.600,00	\$ 12.600,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800,00	\$ 25.200,00	\$ 25.200,00	\$ 25.200,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00						
Saldo Operacional	-\$ 87.160	-\$ 116.399	-\$ 120.599	-\$ 129.371	-\$ 143.991	-\$ 167.010	-\$ 168.472	-\$ 197.711	-\$ 214.511	-\$ 229.131	-\$ 229.131						
Ingresos no Operacionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Egresos no Operacionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Inversiones fijas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Saldo no Operacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Saldo periodo	-\$ 87.160	-\$ 116.399	-\$ 120.599	-\$ 129.371	-\$ 143.991	-\$ 167.010	-\$ 168.472	-\$ 197.711	-\$ 214.511	-\$ 229.131	-\$ 229.131						
Saldo inicial de caja	-\$ 265.495	-\$ 352.655	-\$ 469.054	-\$ 589.653	-\$ 719.024	-\$ 863.015	-\$ 1.030.025	-\$ 1.198.497	-\$ 1.396.208	-\$ 1.610.720	-\$ 1.839.851						
Saldo final	-\$ 352.655	-\$ 469.054	-\$ 589.653	-\$ 719.024	-\$ 863.015	-\$ 1.030.025	-\$ 1.198.497	-\$ 1.396.208	-\$ 1.610.720	-\$ 1.839.851	-\$ 2.068.982						
<table border="1"> <tr> <td>GASTO INICIAL POR INSTALACION FIBRA AEREA CON POSTES PROPIOS</td> <td>\$ 1.468.872,86</td> </tr> <tr> <td>GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A LO LARGO DE 15 AÑOS</td> <td>\$ -2.068.981,62</td> </tr> <tr> <td>TOTAL COSTO</td> <td>\$ -3.537.854,48</td> </tr> </table>												GASTO INICIAL POR INSTALACION FIBRA AEREA CON POSTES PROPIOS	\$ 1.468.872,86	GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A LO LARGO DE 15 AÑOS	\$ -2.068.981,62	TOTAL COSTO	\$ -3.537.854,48
GASTO INICIAL POR INSTALACION FIBRA AEREA CON POSTES PROPIOS	\$ 1.468.872,86																
GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A LO LARGO DE 15 AÑOS	\$ -2.068.981,62																
TOTAL COSTO	\$ -3.537.854,48																

Figura 3.1.- Costo de Mantenimiento y Operación al Año 16 de Instalación Aérea de Fibra con Postes Propios

PROYECTO DE COMUNICACIÓN											
Valores en \$											
FLUJO DE CAJA - TENDIDO SUBTERRANEO											
	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16
Ingresos Operacionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Egresos Operacionales	\$ 36.510	\$ 44.623	\$ 44.623	\$ 48.680	\$ 52.736	\$ 52.736	\$ 56.793	\$ 60.850	\$ 60.850	\$ 64.906	\$ 68.963
Gastos de Operación	\$ 24.340	\$ 28.396	\$ 28.396	\$ 32.453	\$ 32.453	\$ 32.453	\$ 36.510	\$ 36.510	\$ 36.510	\$ 40.566	\$ 40.566
Gastos de Mantenimiento	\$ 12.170	\$ 16.227	\$ 16.227	\$ 16.227	\$ 20.283	\$ 20.283	\$ 20.283	\$ 24.340	\$ 24.340	\$ 24.340	\$ 28.396
Saldo Operacional	-\$ 36.510	-\$ 44.623	-\$ 44.623	-\$ 48.680	-\$ 52.736	-\$ 52.736	-\$ 56.793	-\$ 60.850	-\$ 60.850	-\$ 64.906	-\$ 68.963
Ingresos no Operacionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Egresos no Operacionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversiones fijas											
Saldo no Operacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saldo periodo	-\$ 36.510	-\$ 44.623	-\$ 44.623	-\$ 48.680	-\$ 52.736	-\$ 52.736	-\$ 56.793	-\$ 60.850	-\$ 60.850	-\$ 64.906	-\$ 68.963
Saldo inicial de caja	-\$ 158.209	-\$ 194.719	-\$ 239.342	-\$ 283.965	-\$ 332.644	-\$ 385.381	-\$ 438.117	-\$ 494.910	-\$ 555.760	-\$ 616.609	-\$ 681.516
Saldo final	-\$ 194.719	-\$ 239.342	-\$ 283.965	-\$ 332.644	-\$ 385.381	-\$ 438.117	-\$ 494.910	-\$ 555.760	-\$ 616.609	-\$ 681.516	-\$ 750.478

GASTO INICIAL POR INSTALACION FIBRA SUBTERRANEA	\$ 4.056.640,00
GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A LO LARGO DE 15 AÑOS	\$ -750.478,40
TOTAL COSTO	\$ -4.807.118,40

Figura 3.2.- Costo de Mantenimiento y Operación al Año 16 de Instalación de Fibra Subterránea.

3.4.- Costos de Implementación de la red SDH.

En la tabla 3.6 están determinadas las distancias de cada ruta y el número de regeneradores a ser instalados según los cálculos de atenuación de la fibra ópticas y la tarjeta STM-4 seleccionadas en la figura 2.13.

Recorridos-Rutas	KM	Cantidad-Regeneradores
Salinas-Manta	224	2
Manta- Guayaquil	190	1
Guayaquil- Salinas	163	1
Total Ruta	577	4

Tabla.3.6.- Distancias entre Nodos en km y cantidad de Regeneradores

La tabla 3.7 muestra los Costos de las Licencias OPTIX IManager T2000.

OPTIX iMANAGER T2000					
ITEM	DESCRIPCION		CANTIDAD	COSTO U.(\$)	TOTAL(\$)
1	Optix iManager T2000, Sub-Network Class Integrated NM System				
	* PC	Procesador Intel core i5; 4 G de memoria Ram; 500 G Disco duro; tarjeta 1 Ethernet 1 Gbps	1	\$ 1.274,00	\$ 1.274,00
	NM Application Software Charge				
	*License Charge Per OSN 1500 NE		3	\$ 1.800,00	\$ 5.400,00
	*iManager T2000- SDH Application Software Charge		1	\$ 14.458,00	\$ 14.458,00
2	Network Management Software (Win Client)		1	\$ 396,00	\$ 396,00
3	Win Client NE License Authorization Charge				
	*Windows Client Software Charge		1	\$ 12.480,00	\$ 12.480,00
	*License Charge Per Client License		1	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
				sub Total(\$)	\$ 94.008,00

Tabla 3.7.- Costos de Licencias OPTIX Imanager T2000 ^[9]

La tabla 3.8 indica los Costos de Implementación de los Equipos SDH Principal OPTIX OSN 1500B.

OPTIX OSN 1500B				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U.(\$)	TOTAL(\$)
1	Rack - SS-RACK-2.2-2500 (Emsablado 220x60x30)	3	\$ 3.123,00	\$ 9.369,00
2	Subrack- SS-Subrack-1500	3	\$ 2.458,00	\$ 7.374,00
3	Tarjetas			
3.1	SS-EOW-1500 (Engineering Orden Wire Board)	3	\$ 867,00	\$ 2.601,00
3.2	SS-AUX-1500- Auxiliar	3	\$ 1.388,00	\$ 4.164,00
3.3	SS-PIU-1500 - Tarjeta de Poder interface	6	\$ 135,00	\$ 810,00
3.4	SS-CXL1(S-1.1 LC)-Q2 (STM-1 System Control, Cross-connect, Optical Interface Board)	6	\$ 11.880,00	\$ 71.280,00
3.5	STM-4 Optical Interface Board-SS-SL4 (S-4.1 LC)-R1	7	\$ 3.784,00	\$ 26.488,00
3.6	STM-1 Optical Interface Board -SS-SL1(S-1.1)-R1	3	\$ 2.253,00	\$ 6.759,00
	PDH Tributary Board SS-PL3A 3XE3/T3 Front Leanding-out Service Processing Board	3	\$ 2.199,00	\$ 6.597,00
3.7	PDH Tributary Board- SS-PQ1(120)- 63XE1 Service Processing Board(120 ohm)	3	\$ 4.394,00	\$ 13.182,00
3.8	Ethernet Transparent Transmission Board-SS-EGT210-N1	3	\$ 5.376,00	\$ 16.128,00
4	SS-EFT4-R1- 4- Port 10M/ 100 M Ethernet Transparent Transmission Processing Board	3	\$ 3.494,00	\$ 10.482,00
5	Conecction Board-SS-D12S- 32E1/ T1 Electrical Interface Switching Board (120	3	\$ 590,00	\$ 1.770,00
6	Accesorios- Telefono	3	\$ 11,00	\$ 33,00
			sub Total(\$)	\$ 177.037,00

Tabla 3.8.- Costos Implementación de equipos SDH OPTIX OSN 1500B ^[9]

Los Costos de Accesorios para interconexión de los equipos se muestran en tabla 3.9.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U.(\$)	TOTAL(\$)
5	Patch Cord			
	External Optical Fiber Set (FC-LC)			
	ODF- 24 PUERTOS	7	\$ 217,00	\$ 1.519,00
	SS-OP-LC-FC-S-20- Patch Cord FC/PC,LC/PC,Mono Modo, 2mm, 20 metros	40	\$ 13,00	\$ 520,00
	SS-OP-LC-FC-M-20- Patch Cord, FC/PC, LC/PC, Multimodo, 2mm, 20 metros	20	\$ 14,00	\$ 280,00
	Atenuador			
	SS-OP-ATN-LC-5- Fixed Optical Atenuador, 1310/ 1550 nm- 5dB-LC/PC-	10	\$ 27,00	\$ 270,00
	SS-OP-HRL-ATN-FC-5- Fixed Optical Atenuador, High Return Loss, 1310/1550	10	\$ 17,00	\$ 170,00
	Power Supply accesorios para fuente de poder (2500/ 1500)	3	\$ 456,00	\$ 1.368,00
			Sub- Total	\$ 4.127,00

Tabla.3.9.- Costos Accesorios para interconexión de Equipos ^[9]

Se debe tomar en consideración costos adicionales por capacitación de personal para el manejo de los equipos para operación, como se observa en uno de los ítems de la Tabla 3.6.

IMPLEMENTACIÓN DE NODOS SDH		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
1	OPTIX Imanager T2000 (3 Licencias)	\$ 94.008,00
2	OPTIX OSN 1500 B (3 Equipos)	\$ 177.037,00
3	PATCH CORD Y ATENUADORES	\$ 4.127,00
4	CAPACITACION A PERSONAL ENCARGADO (MAX-10 personas)	\$ 7.100,00
		\$ 275.172,00

Tabla 3.10.- Costos Total de Implementación de Nodo SDH ^[9]

La tabla 3.11 detalla el costo de alquiler de postes de la ruta total a instalar.

Postes Para instalación de Fibra Aérea				
Recorridos-Rutas	Distancia km	Nºde Postes	Alquiler Anual	Costo Alquiler Postes
Salinas-Manta	224	3733	\$ 23,00	\$ 85.866,67
Manta- Guayaquil	190	3167	\$ 23,00	\$ 72.833,33
Guayaquil- Salinas	163	2717	\$ 23,00	\$ 62.483,33
			Sub Total	\$ 221.183,33

Tabla 3.11.- Costos Alquiler de Postes sobre Ruta Total

El número total de bobinas de las rutas principales se indica en la tabla 3.12.

Rutas	Nºde Bobinas
Salinas-Manta	64
Manta- Guayaquil	54
Guayaquil- Salinas	47

Tabla 3.12.- Número de Bobinas y Mangas

La tabla 3.13 muestra el número de empalmes y conectores de las rutas.

Rutas	Nº de Empalmes	Nº de Conectores
Salinas-Manta	134	12
Manta- Guayaquil	114	8
Guayaquil- Salinas	100	8

Tabla 3.13.- Empalmes y Conectores- Utilizando ODF en Nodos y Regeneradores

En la Tabla 3.14 se indica los Costos para las edificaciones en cada nodo.

Construcción de Infraestructura			
Costos	Costo Terreno de 48 m2	Costo de Construcción	Costo Total Edificación
Guayaquil	\$ 3.360,00	\$ 21.600,00	\$ 24.960,00
Manta	\$ 3.360,00	\$ 22.560,00	\$ 25.920,00
Salinas	\$ 5.760,00	\$ 22.560,00	\$ 28.320,00
		Subtotal	\$ 79.200,00

Tabla 3.14.- Costos para las edificaciones en cada nodo

En la tabla 3.15 se muestran los Costos para la Infraestructura de Nodos y Regeneradores.

Infraestructura para cada Nodo			
Descripción	Cantidad	Costo U.	Total
Aires Acondicionados 24000 btu	1	\$ 1.122,00	\$ 1.122,00
Instalación Eléctrica- Incluye Equipos de Respaldo:			
*Sistema de Tierra	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
*UPS DE 3kva	1	\$ 1.023,00	\$ 1.023,00
*Rectificador	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
*Baterías- Banco	1	\$ 1.550,00	\$ 1.550,00
Sistema Contra Incendios	1	\$ 3.149,33	\$ 3.149,33
Control de Acceso -Biométrico	1	\$ 1.353,60	\$ 1.353,60
Sub total de costo por cada nodo			\$ 12.397,93
Costo de Infraestructura de tres Nodos y Regeneradores			\$ 86.785,53

Tabla 3.15.- Costos Infraestructura de Nodos y Regeneradores

La tabla 3.16 presenta los costos de los materiales para la instalación de la fibra por cada 3,5 km.

Costos Ácesorios - Instalación fibra Aérea			
Descripción	Cantidad(U)	Costo	Total
Herrajes para fibra óptica	58	\$ 9,70	\$ 562,60
Cinta Eriband	5	\$ 24,69	\$ 123,43
Hebilla Eriband	58	\$ 0,48	\$ 27,84
Etiquetas de identificación	58	\$ 2,00	\$ 116,00
		Sub-Total	\$ 829,87

Tabla 3.16.- Costos materiales instalación fibra aérea cada 3,5 km

El Costo Total para la implementación del proyecto se muestra en la tabla 3.17.

Costos Para instalación del Proyecto	
Equipos SDH OPTIX OSN 1500 B	\$ 275.172,00
Regeneradores	\$ 52.288,00
Edificación Nodos	\$ 79.200,00
Infraestructura de Nodos	\$ 86.785,53
Alquiler de Postes	\$ 221.183,33
Materiales Instalación Fibra Aérea(accesorios)	\$ 136.928,96
Fibra Optica	\$ 693.000,00
Costo Instalación Fibra aerea (solo mano de obra)	\$ 750.100,00
Empalmes Fibra(Incluido mano de obra)	\$ 52.392,00
Equipos de Comunicación Adicionales(Red de Acceso)	\$ 11.755,18
Total Implementación Proyecto	\$ 2.358.805,00

Tabla 3.17.- Costo total para la implementación del proyecto

La tabla 3.18 muestra el costo de alquiler mensual del servicio.

COSTO ALQUILER MENSUAL POR SERVICIO			
SERVICIO	COSTOS UNITARIOS	CANTIDAD	TOTAL
STM-1	\$ 21.900,00	2	\$ 43.800,00
E1	\$ 290,00	1	\$ 290,00
			\$ 44.090,00

Tabla 3.18.- Costos Alquiler Mensual del Servicio

3.5.- ANALISIS DE INGENIERIA ECONOMICA.^[12]

En un proyecto empresarial es muy importante analizar la posible rentabilidad del mismo y sobre todo si es viable o no. Cuando se estudia la marcha de un proyecto, siempre hay que invertir un capital y se espera obtener una rentabilidad a lo largo de los años. Esta rentabilidad debe ser mayor al menos que una inversión con poco riesgo (letras del Estado, o depósitos en entidades financieras solventes). De lo contrario es más sencillo invertir el dinero en dichos productos con bajo riesgo en lugar de dedicar tiempo y esfuerzo a la creación empresarial.

Dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno). Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa (simplificando, ingresos menos gastos netos).

Si no existen restricciones de fondos para invertir, la regla de decisión del VAN dice que todo proyecto de inversión deberá llevarse a cabo cuando el VAN es positivo ($VAN > 0$).^[12]

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente, donde i es la inversión, Q_n es el flujo de caja del año n , r la tasa de interés con la que estamos comparando y N el número de años de la inversión:

$$VAN = -i + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Valor Actual Neto o Valor Presente Neto ^[12]

Flujo de Caja, El flujo de caja es el registro que refleja las entradas y salidas de dinero proyectadas, que se originaran como

consecuencia del desarrollo habitual de la empresa. La elaboración del flujo de caja tiene dos propósitos principales:

- Identificar de donde provendrán los ingresos y cómo se usaran esos fondos en el futuro.
- Demostrar si la empresa genera suficiente dinero para hacer frente a todas las necesidades del efectivo derivadas de la actividad empresarial.

En el proyecto se producen los siguientes movimientos de efectivos los cuales son reflejados en el flujo de caja, los cuales están relacionados a la inversión inicial, es decir los gastos necesarios para la puesta en marcha del proyecto y las operaciones normales del mismo como son los ingresos por ventas de bienes o servicios, y los gastos de operación, mantenimiento y gastos básicos.

Las figuras 3.3 y 3.4 muestran el Flujo de Caja del proyecto y el tiempo de recuperación de la inversión en el año 8.

PROYECTO DE COMUNICACIÓN									
Valores en \$									
FLUJO DE CAJA									
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Ingresos Operacionales	\$ 0	\$ 529.080	\$ 592.570	\$ 663.678	\$ 746.638	\$ 843.701	\$ 953.381,67	\$ 1.086.759,77	\$ 1.238.906,14
Egresos Operacionales	\$ 0	\$ 241.233	\$ 241.233	\$ 241.233	\$ 254.207	\$ 254.207	\$ 284.871	\$ 284.871	\$ 284.871
Gastos de Operación	\$ 0	\$ 7.076	\$ 7.076	\$ 7.076	\$ 11.794	\$ 11.794	\$ 23.588,05	\$ 23.588,05	\$ 23.588,05
Gastos de Mantenimiento	\$ 0	\$ 5.897	\$ 5.897	\$ 5.897	\$ 11.794	\$ 11.794	\$ 25.946,86	\$ 25.946,86	\$ 25.946,86
Pago Gasto Basico	\$ 0	\$ 7.076	\$ 7.076	\$ 7.076	\$ 9.435	\$ 9.435	\$ 14.152,83	\$ 14.152,83	\$ 14.152,83
Alquiler de Postes		\$ 221.183	\$ 221.183	\$ 221.183	\$ 221.183	\$ 221.183	\$ 221.183,33	\$ 221.183,33	\$ 221.183,33
Saldo Operacional	\$ 0	\$ 287.847	\$ 351.336	\$ 422.445	\$ 492.431	\$ 589.494	\$ 668.511	\$ 801.889	\$ 954.035
Ingresos no Operacionales	\$ 2.363.000	-	-	-	-	-	-	-	-
Egresos no Operacionales	\$ 2.358.805	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversiones fijas	\$ 2.358.805								
Saldo no Operacional	\$ 4.195	-	-	-	-	-	-	-	-
Saldo periodo	\$ 4.195	\$ 287.847	\$ 351.336	\$ 422.445	\$ 492.431	\$ 589.494	\$ 668.511	\$ 801.889	\$ 954.035
Saldo inicial de caja	\$ 0	\$ 4.195	\$ 292.042	\$ 643.378	\$ 1.065.823	\$ 1.558.254	\$ 2.147.748	\$ 2.816.259	\$ 3.618.147
Saldo final	\$ 4.195	\$ 292.042	\$ 643.378	\$ 1.065.823	\$ 1.558.254	\$ 2.147.748	\$ 2.816.259	\$ 3.618.147	\$ 4.572.182
DATOS	i(inversion)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
	-\$ 2.363.000	\$ 287.847	\$ 351.336	\$ 422.445	\$ 492.431	\$ 589.494	\$ 668.511	\$ 801.889	\$ 954.035
VAN	\$ 2.176								
r	14%								
TIR	14,02%								

Figura 3.3.- Flujo de Cajas, Recuperación de inversión del proyecto al Año 8.

PROYECTO DE COMUNICACIÓN							
Valores en \$							
FLUJO DE CAJA							
	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Ingresos Operacionales	\$ 1.412.353,00	\$ 1.610.082,42	\$ 1.738.889,01	\$ 1.895.389,02	\$ 2.047.020,14	\$ 2.079.620,83	\$ 2.245.990,50
Egresos Operacionales	\$ 306.100	\$ 306.100	\$ 306.100	\$ 315.536	\$ 315.536	\$ 315.536	\$ 315.536
Gastos de Operación	\$ 28.305,66	\$ 28.305,66	\$ 28.305,66	\$ 33.023,27	\$ 33.023,27	\$ 33.023,27	\$ 33.023,27
Gastos de Mantenimiento	\$ 40.099,69	\$ 40.099,69	\$ 40.099,69	\$ 42.458,49	\$ 42.458,49	\$ 42.458,49	\$ 42.458,49
Pago Gasto Basico	\$ 16.511,64	\$ 16.511,64	\$ 16.511,64	\$ 18.870,44	\$ 18.870,44	\$ 18.870,44	\$ 18.870,44
Alquiler de Postes	\$ 221.183,33	\$ 221.183,33	\$ 221.183,33	\$ 221.183,33	\$ 221.183,33	\$ 221.183,33	\$ 221.183,33
Saldo Operacional	\$ 1.106.253	\$ 1.303.982	\$ 1.432.789	\$ 1.579.853	\$ 1.731.485	\$ 1.764.085	\$ 1.930.455
Ingresos no Operacionales	-	-	-	-	-	-	-
Egresos no Operacionales	-	-	-	-	-	-	-
Inversiones fijas							
Saldo no Operacional	-						
Saldo periodo	\$ 1.106.253	\$ 1.303.982	\$ 1.432.789	\$ 1.579.853	\$ 1.731.485	\$ 1.764.085	\$ 1.930.455
Saldo inicial de caja	\$ 4.572.182	\$ 5.678.435	\$ 6.982.417	\$ 8.415.206	\$ 9.995.059	\$ 11.726.544	\$ 13.490.629
Saldo final	\$ 5.678.435	\$ 6.982.417	\$ 8.415.206	\$ 9.995.059	\$ 11.726.544	\$ 13.490.629	\$ 15.421.084
DATOS	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
	\$ 1.106.253	\$ 1.303.982,10	\$ 1.432.789	\$ 1.579.853,49	\$ 1.731.485	\$ 1.764.085	\$ 1.930.455
VAN	\$ 2.175,55						
r	14%						
TIR	14,02%						

Figura 3.4.- Flujo de Cajas proyectada a 15 años.

Análisis de Flujo de Caja, partiendo del punto de vista de que la empresa está operativa y cuenta con un grupo de inversionistas que aportaran el dinero para la viabilidad del proyecto, se realizan los flujos de caja hasta el año 15.

Cabe indicar que hay dos puntos importantes que se deben mencionar: no hay restricción para el capital y no se tomará en cuenta para este estudio el pago de personal operativo dado que la empresa ya cuenta con el mismo.

Observamos en los flujos de caja los costos de operación y mantenimiento, pagos básicos de cada Nodo y Regenerador, los pagos anuales del alquiler de los postes, los ingresos por ventas de los servicio de los 2 STM-1 y el servicio de E1.

Realizando las operaciones para obtener la VAN (Valor Actual Neto) con una tasa de descuento del 14%, se observa en la figura 3.3 que para un periodo igual al año 8, nos da una VAN > 0 , lo cual nos indica que la inversión es viable y por el PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión) ésta será recuperada en el año 8.

Es importante indicar que en el estudio de este proyecto se ha considerado el ingreso de capital por la venta de los servicios originales, los 2 STM-1, 1 E1 y venta de servicios adicionales.

De los datos obtenidos, se concluye que el proyecto no es viable a corto plazo (menor a cinco años), pero es rentable a mediano plazo, dado que la VAN es positiva a partir de este periodo, después del año ocho se recupera la inversión, donde los ingresos obtenidos servirán para innovación tecnológica.

Como se tiene implementada la red la cual tiene un tiempo de vida útil de aproximadamente 25 años, esto indica que se tendrán 17 años de ganancias, luego de esto se empezará a renovar toda la infraestructura.

Análisis Financiero con la TIR: Otro criterio para determinar si un proyecto es viable es con el análisis de la TIR.

En proyectos con una estructura de flujos de fondos de este tipo, el criterio de la TIR es el siguiente: "llevar a cabo el proyecto cuando la TIR sea superior a la tasa de descuento", o sea $TIR > r$.

Para una tasa de descuento del 14% y con los flujos netos obtenidos en la figura 3.3 y 3.4, tenemos una TIR del 14,02%.

Este criterio nos llevaría a la misma recomendación que el del VAN ya que cuando $TIR > r$ también se da que $VAN > 0$, es decir, el proyecto es viable a mediano plazo.

CAPITULO 4

4.- SIMULACION DE LA RED ÓPTICA SDH Y RED DE ACCESO TDMoIP PARA EL PROYECTO.

El estudio de este informe se basa en dar servicio de 2 STM-1 en formato Gigabit Ethernet para dotar a un Call Center de un E1 ubicado en la Ciudad de Manta. El anillo óptico SDH a configurar comprende la ruta principal desde Manta hasta Salinas y saldrá hacia el NAP de las Américas por medio del cable submarino Panamericano ubicado en Punta Carnero, Provincia de Santa Elena. Se ha escogido a la ciudad de Guayaquil como punto intermedio del anillo por ser una de las ciudades potencialmente comerciable.

En la figura 4.1 se observa el diagrama de conexión de los elementos de Red o Network Element (NE), para la formación del anillo óptico que será simulado sobre los equipos SDH del laboratorio de la ESPOL.

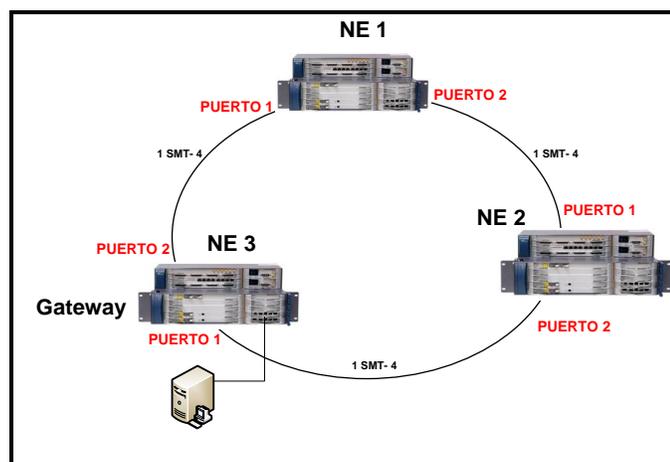


Figura 4.1.- Diagrama de Red SDH.

Se asumirá al NE1 como la ciudad de Manta, NE2 como Guayaquil y al NE3 como la ciudad de Salinas tal como lo indica la figura 4.2.

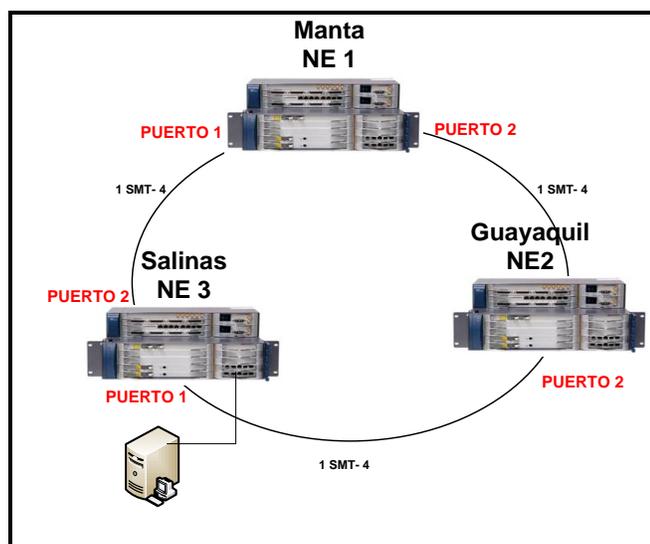
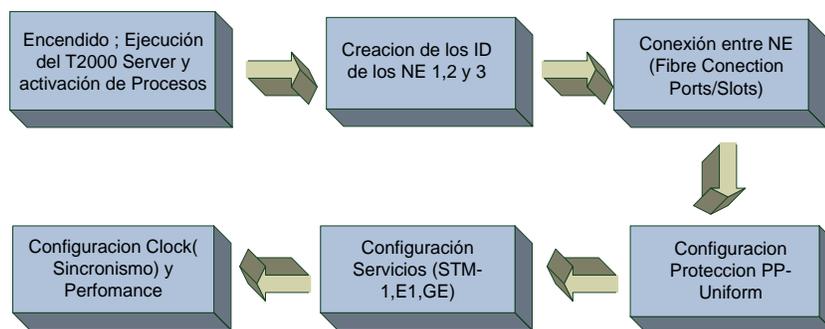


Figura 4.2.- Ciudades donde se instalarán los NE.

El siguiente Diagrama de Bloques muestra los pasos a seguir para la configuración de cada uno de los NE:



4.1.- Inicialización de Procesos.

Antes de empezar la configuración de los equipos se debe inicializar los procesos en el Servidor T2000 Server y el T2000 Client haciendo click en “System” y luego en “Start Server” como en la figura 4.3.

Service	State	Start Mode	CPU Used Rate(%)	Used Memory(K)	Start Time	Server Name	Detail Information
Erms Server	Running	Automatic	0.00	78272	2011-10-20 10:48:50	D29L792K	
Northbound Interface ...	Running	Manual	0.00	20336	2011-10-20 10:48:55	D29L792K	Provide north bound secur...
Northbound Interface ...	Running	Manual	0.00	12756	2011-10-20 10:49:00	D29L792K	Transfer alarms to the upp...
Naming Service	Running	Manual	0.00	6404	2011-10-20 10:48:49	D29L792K	Provide Naming Service fo...
Notify Service	Running	Manual	0.00	8652	2011-10-20 10:48:53	D29L792K	Provide Notify Service for n...
Schedulest Server	Running	Automatic	0.00	11316	2011-10-20 10:48:51	D29L792K	Schedule task managemen...
Security Server	Running	Automatic	0.00	12036	2011-10-20 10:48:51	D29L792K	Security management of th...
Syslog Agent	Running	Automatic	0.00	12120	2011-10-20 10:48:52	D29L792K	Syslog Agent transmit the l...
Toolkit Server	Running	Automatic	0.00	7928	2011-10-20 10:48:52	D29L792K	NE Upgrade software
Topo Server	Running	Automatic	0.00	11600	2011-10-20 10:48:53	D29L792K	Topology management of t...
Database Server Proc...	Running	External	0.00	72536	2011-10-20 09:15:51	D29L792K	Provide database service

Figura 4.3.- Verificación de procesos levantados.

4.2.- Configuración de Nodos.

Creación del Network Element (NE), En el menú principal hacer click derecho y escoger la opción “Create”, luego “Topology Object” y después en el sub-menú NE elegimos OptiX OSN 1500 como indica la figura 4.4.

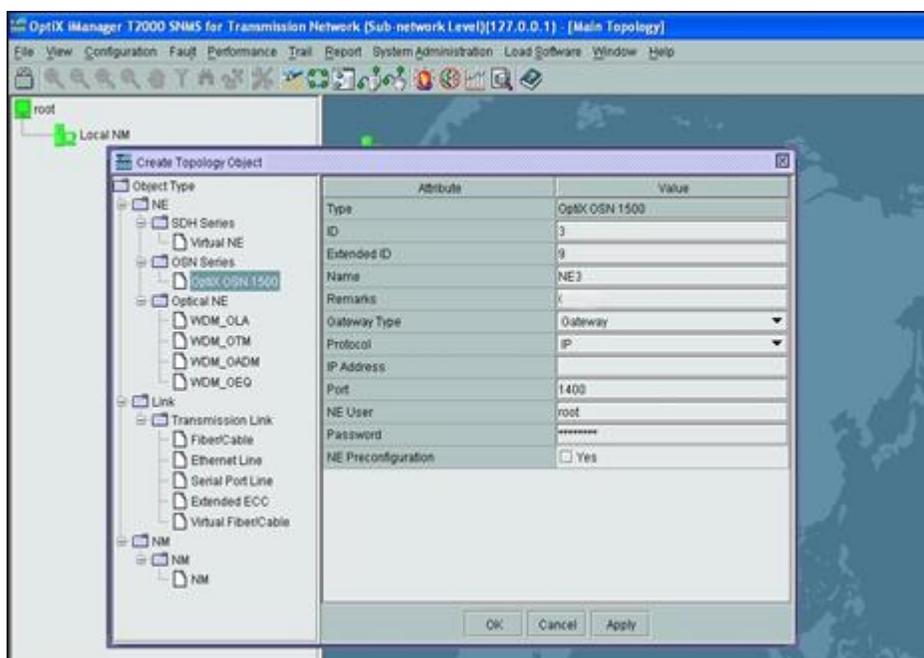


Figura 4.4.- Creación de los NE.

Luego se configuran el ID, Name, Gateway Type, y el Password para el NE3 que será el Gateway por estar más cerca del cable submarino panamericano. Para la creación de los dos NE

siguientes se realizan los mismos pasos de la configuración del NE3, con la diferencia que en Gateway Type elegimos “**no gateway**”

La figura 4.5 muestra los tres Network Element creados.

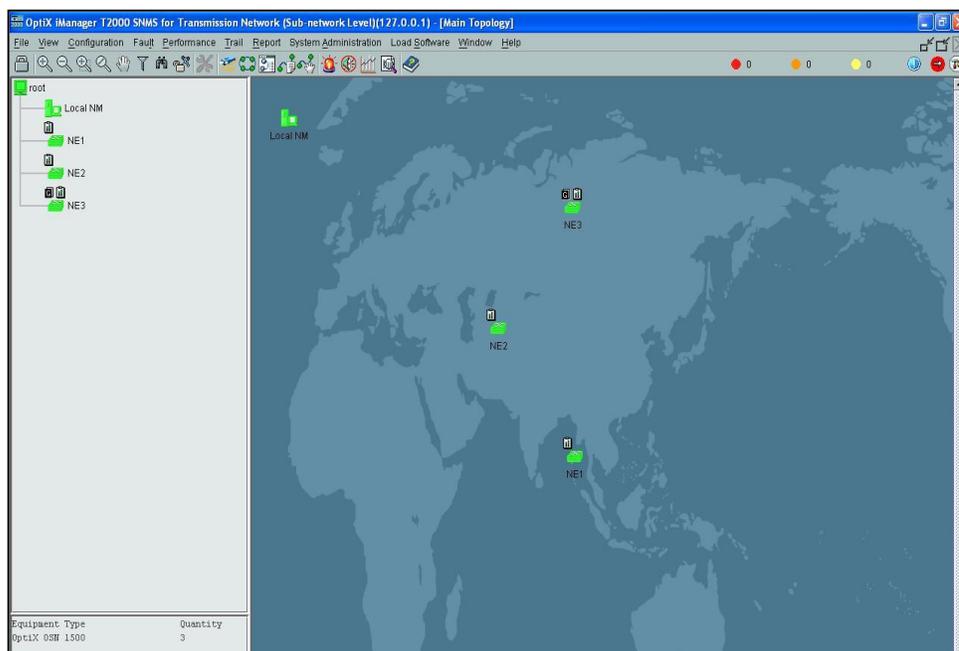


Figura 4.5- Network Elements.

Configuración de los NE, Haciendo doble clic sobre el NE aparece la pantalla “NE Configuration Wizard”, y se selecciona “Manual Configuration”, esta pantalla nos permite elegir el tipo de Sub-rack, que para este caso se escogerá Type B.

La figura 4.6 muestra la sección del tipo del Subrack

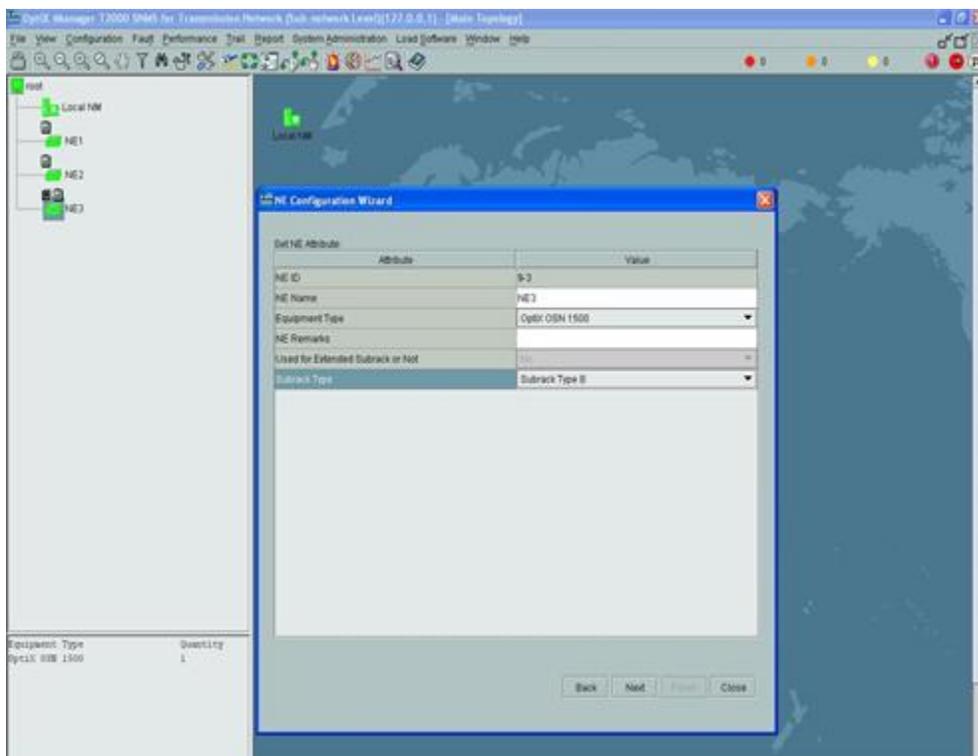


Figura 4.6.- Selección de Subrack type B.

Tarjetas del módulo OSN1500, En la figura 4.7, se muestra la pantalla de las tarjetas instaladas en el equipo NE3 del OSN 1500, como el ventilador, las tarjetas de poder PIU, las Cross Conectoras EXCL y el sistema de Control GSCC, haciendo click en “Query Physical Slots”, donde se observan las tarjetas N1SLD4 las cuales sirven para GTSL1, para configurar servicios de STM-1.

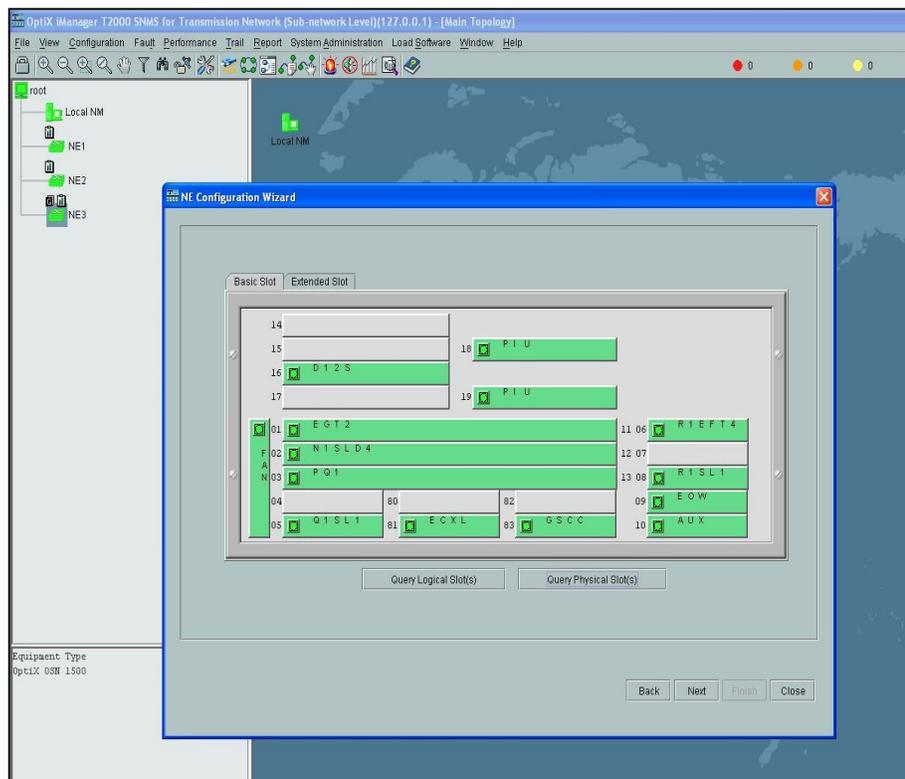


Figura 4.7.- Tarjetas instaladas en el equipo NE.

Luego se elige la opción Next, para finalizar la configuración del NE como lo muestra la figura 4.8.

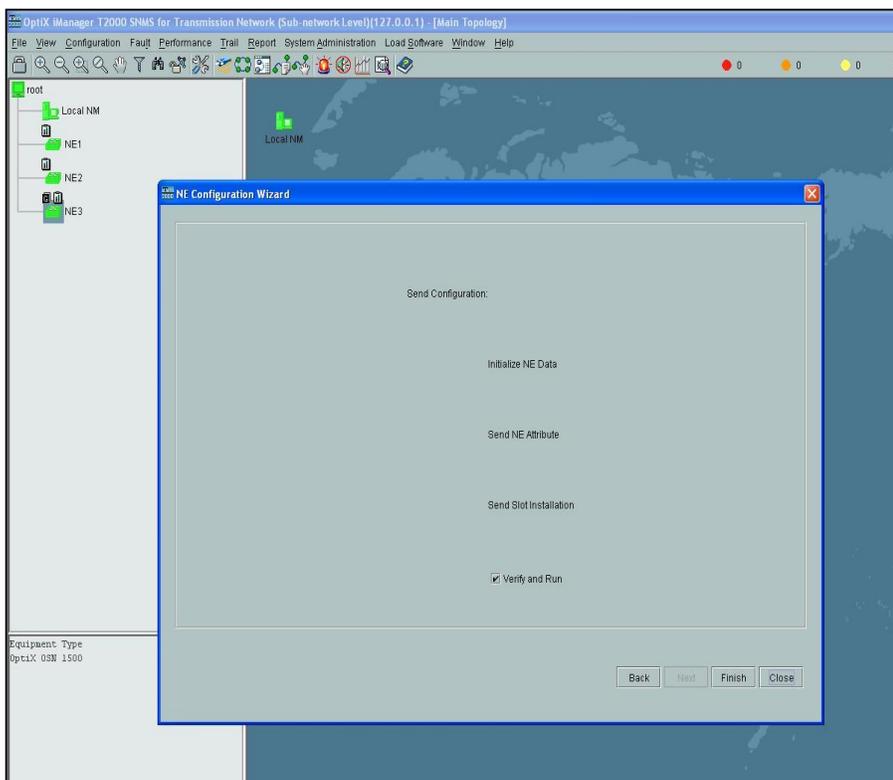


Figura 4.8.- Finalización de configuración del NE.

Se sigue el mismo procedimiento para la configuración de los dos Network Element siguientes.

Creación de enlaces de Fibra entre Nodos, En el menú principal se selecciona el ícono indicativo de **fibra óptica** para la creación de los enlaces en cada NE, donde aparece la ventana indicada en la figura 4.9, aquí se configuran los enlaces STM-4 con fibra óptica

entre los NE3 como "Source" y NE2 como "Sink" siguiendo el orden de los puertos descritos en la figura 4.1 y en el cual se puede observar que el puerto 1 del NE3 se unirá al puerto 2 del NE2.

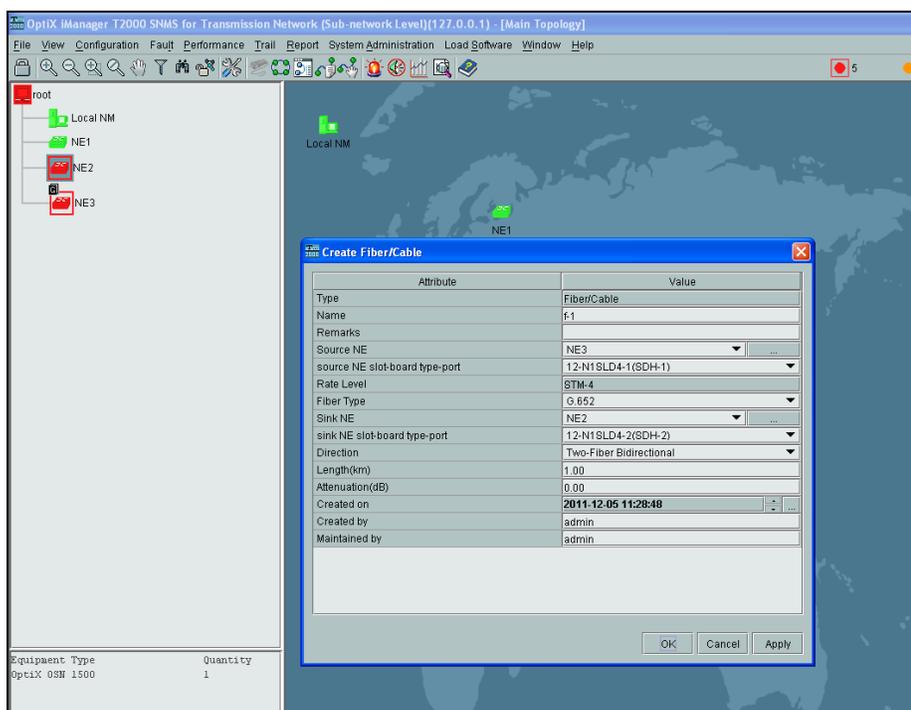


Figura 4.9.- Creación de los enlaces de Fibra Óptica entre NE3 y NE2.

En la figura 4.10 se observa la creación de enlace de fibra entre los NE1 y NE2, donde se realiza la configuración de los enlaces entre el puerto 1 del NE2 y el puerto 2 del NE1 tal como lo indica la figura 4.1.

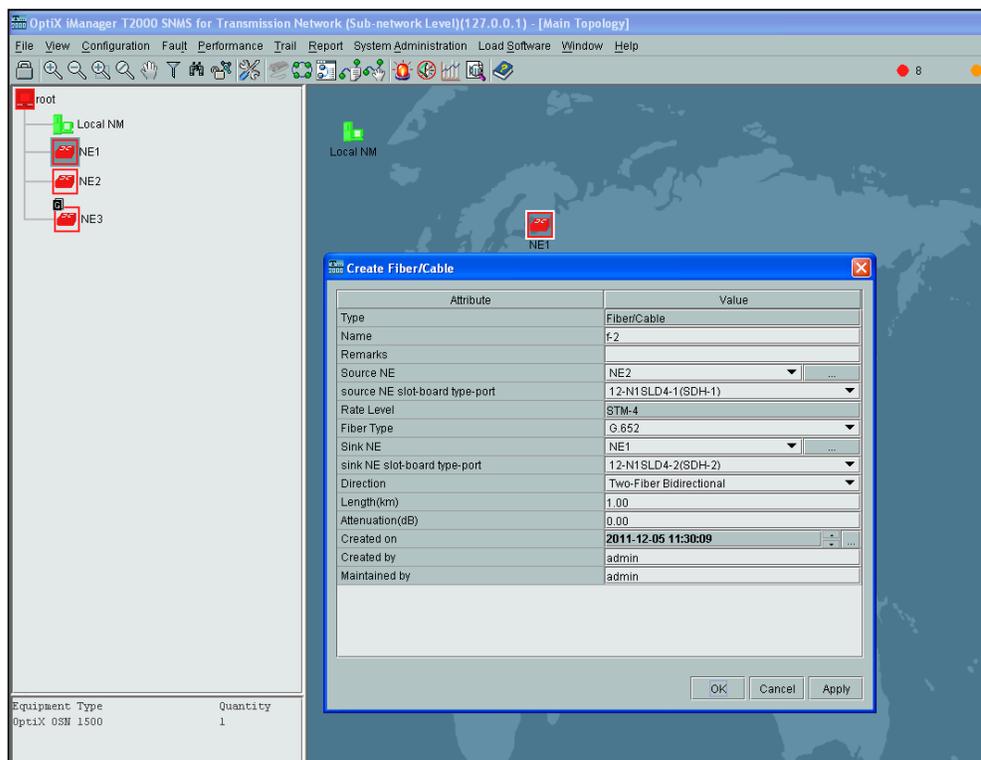


Figura 4.10.- Creación de los Enlaces entre NE2 y NE1.

La creación del enlace entre los NE1 y N3, también se lo realiza siguiendo el orden de los puertos indicados en la figura 4.1

Protecciones, Las protecciones serán 1 a 1, esto quiere decir que cuando una línea falla entra a operar la siguiente. En el menú principal hacer click en Configuration y luego en “Protection View” como indica la figura 4.11.

Aparecerá un submenú donde se da click en "Create SDH Protection Subnet".

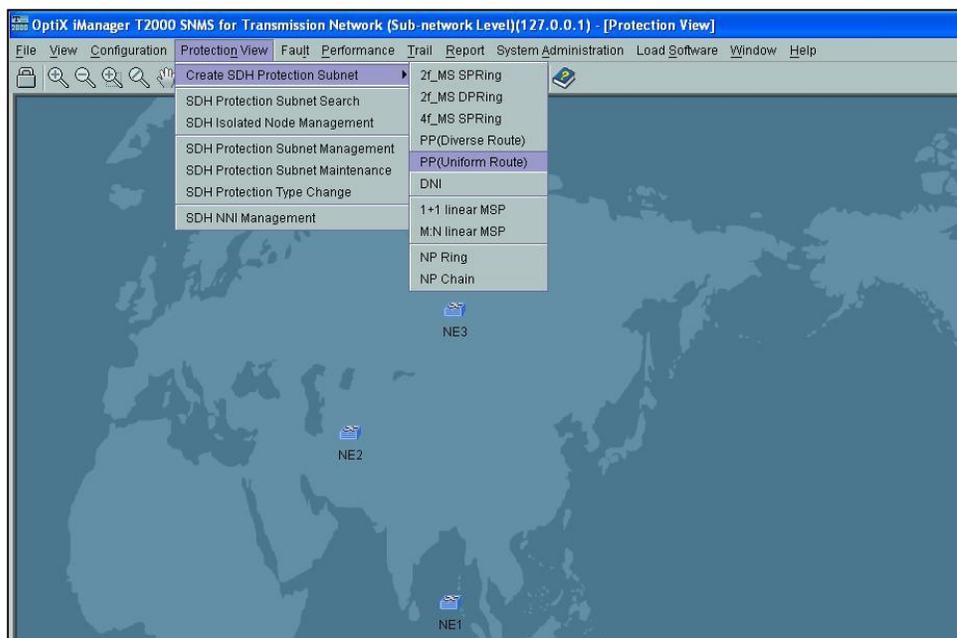


Figura 4.11.- Configuración Protecciones 1 a 1.

Luego se selecciona "PP(Uniform Route)" y se señalan los nodos a proteger, NE1, NE2 y NE3.

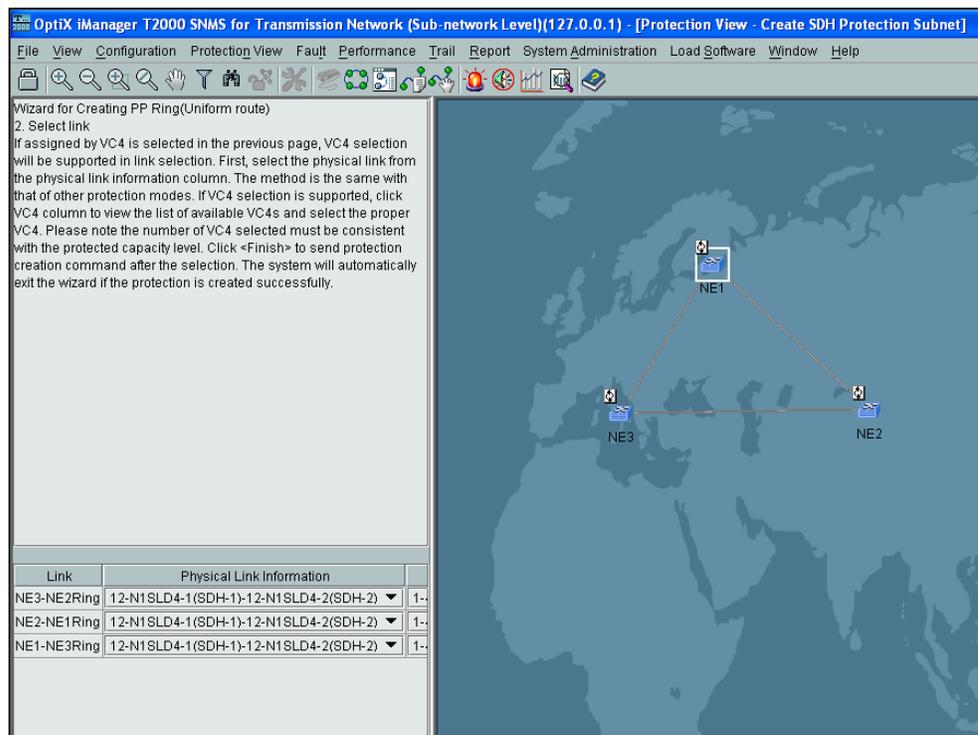


Figura 4.12.- Configuración de las protecciones.

Se habilitan las opciones de “Resourcing Sherin” y “Assigned by VC4” como lo indica la figura 4.12, obteniendo las protecciones para los tres NE.

Luego aparecerá un cuadro de dialogo indicando que fueron guardados con éxito las configuraciones de protección en los tres NE mostrado en la figura 4.13.

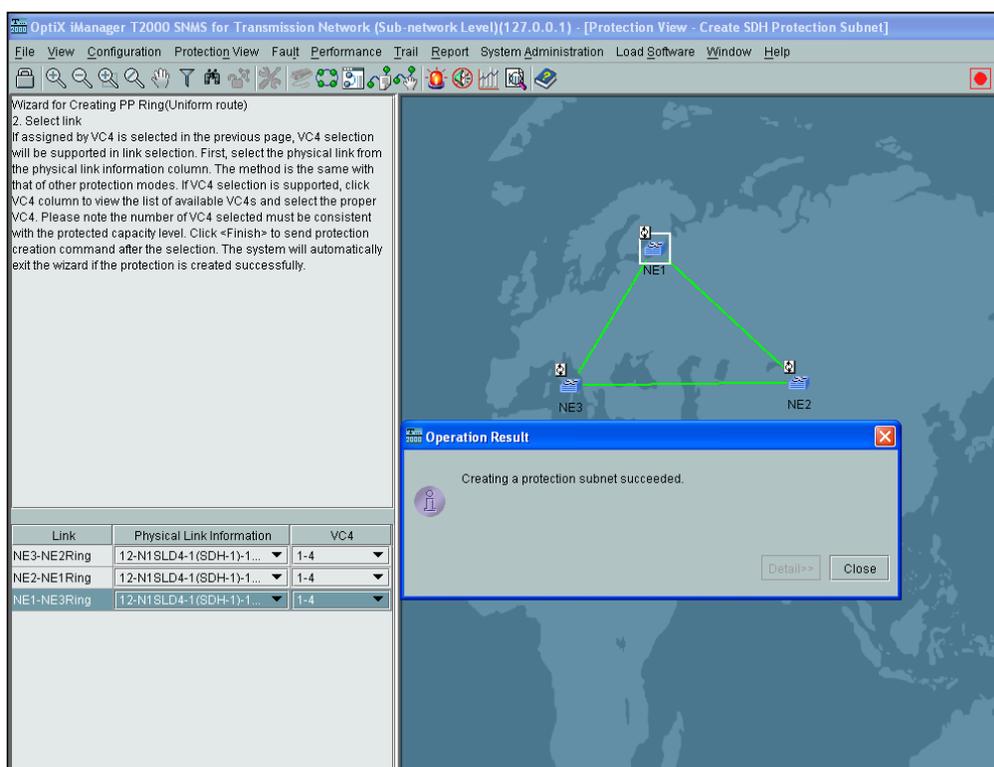


Figura 4.13.- Configuración exitosa de los tres NE.

4.3.- Creación de los Servicios.

Servicios STM-1, En el menú principal, se hace click en “Trail” y aparece un sub menú donde se da click en “SDH Trail”, donde aparecerá la pantalla de creación de servicios, mostrada en la figura 4.14.

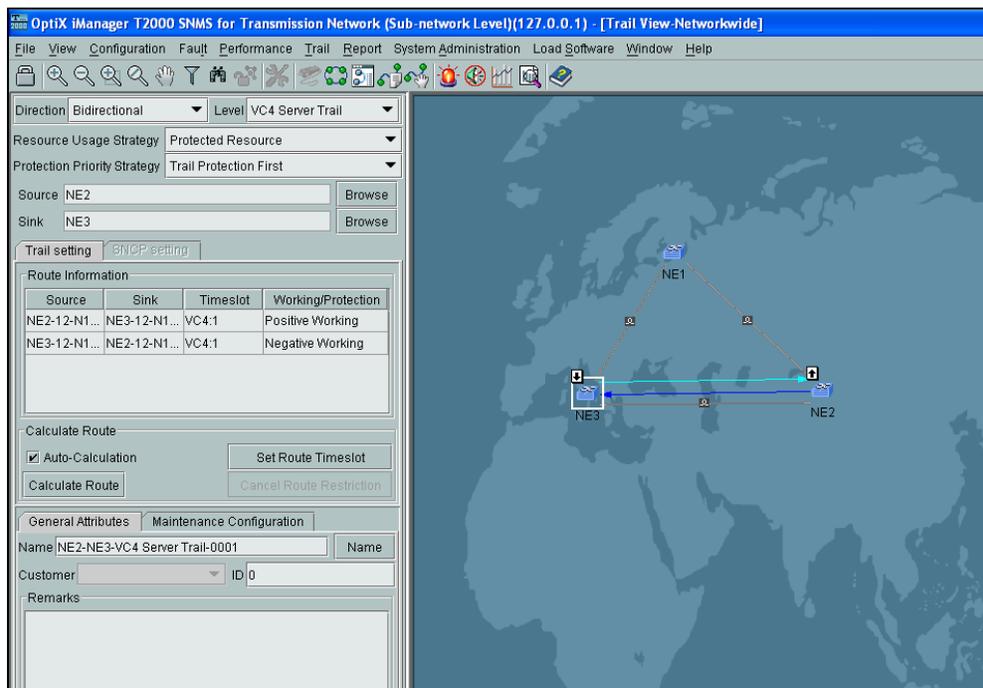


Figura 4.14.- Configuración de Servicios STM-1 entre NE 2 y NE3.

En la pantalla de configuración de servicios, se escoge “dirección: Bidireccional” y para crear el servicio STM-1 se escoge “level: VC4 Server Trail”, luego click en Browse y se elige NE2 como “Source” y NE3 como “Sink” para crear los servicios entre NE2 y NE3.

Se deben escoger los parámetros de “Protection Resource” y “Trail Protection Firts”, luego se activa “Auto Calculator” y “Activate the Trail”, se debe hacer click en “Apply” para guardar los cambios.

Se realiza el mismo procedimiento para la creación de los

servicios tanto entre NE3 y NE1 como para los servicios entre NE1 y NE 2, donde al final aparecerá el cuadro de diálogo de operación exitosa mostrado en la figura 4.15.

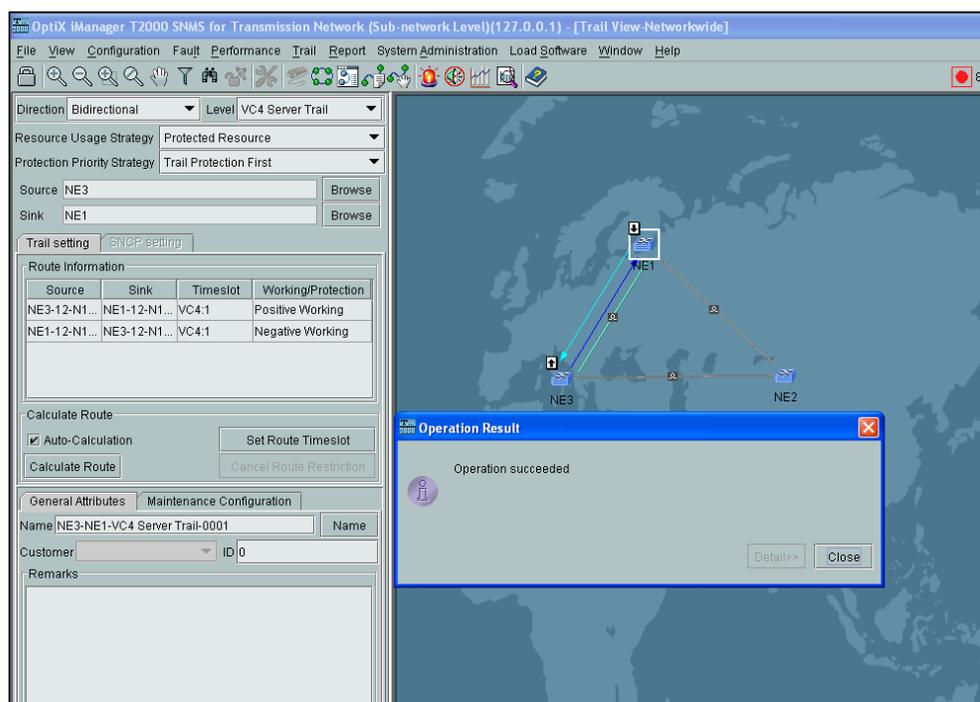


Figura 4.15.- Configuración Exitosa de servicios entre NE1 y NE 3.

Creando los E1, Para crear los servicios E1 entre los NE1 y NE3, seleccionamos en “Direction: Bidirectional”, y en “Level: VC12” como indica la figura 4.16 luego se repite el mismo procedimiento entre el N1 y N2 y luego con N2 y N3.

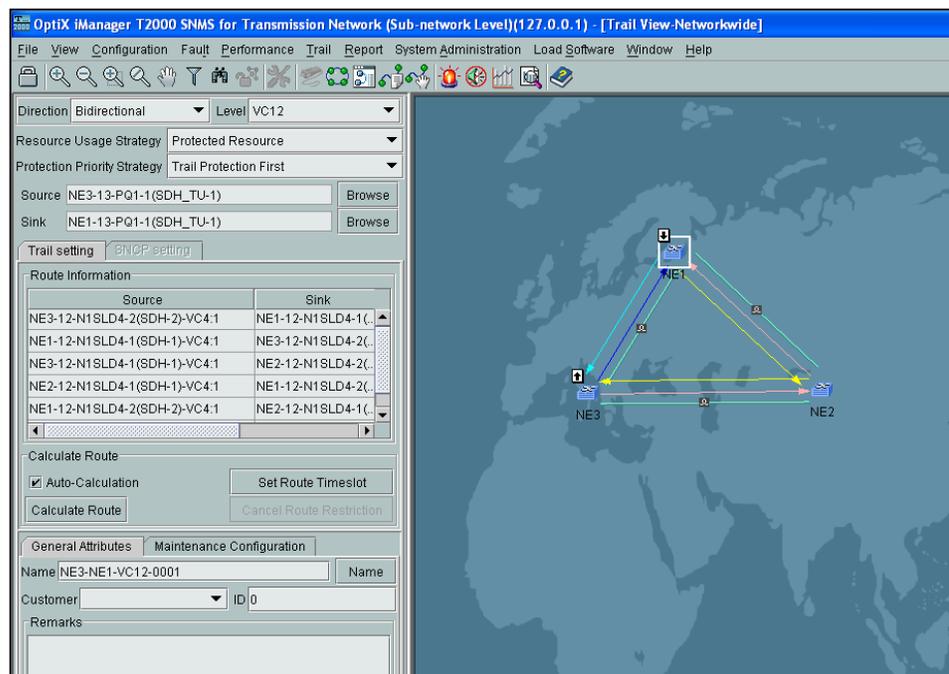


Figura 4.16.- Creación de servicios E1 entre los tres NE.

Para confirmar la configuración del servicio de E1 entre los nodos deberá aparecer el cuadro de operación exitosa luego de activar las casillas “Auto-Calculation” y “Activate the Trail”, mostrado en la figura 4.17.

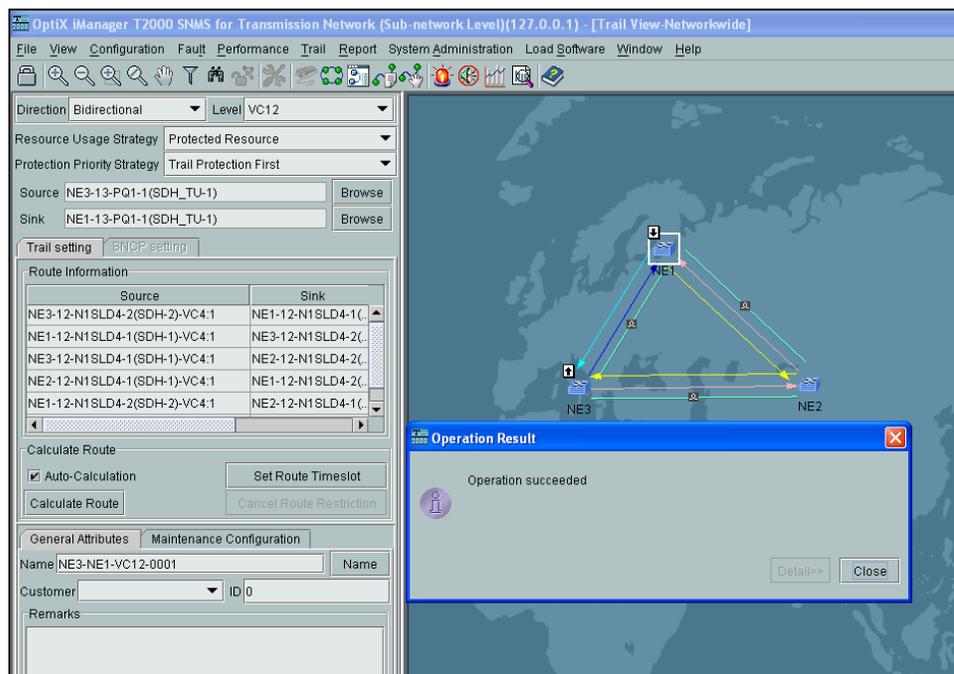


Figura 4.17.- Servicios de E1 creados exitosamente.

Creación interfaces Gigabit Ethernet, Para configurar el servicio de Gigabit Ethernet entre los nodos NE1 y NE2 del laboratorio en los cuales existen las tarjetas Gigabit Ethernet EGT2, se da click en Trail del menú principal y luego en “SDH Trail Creator”.

Posteriormente se elige la tarjeta que nos dará el servicio de Gigabit “EGT2” y los puertos tanto del origen como del destino, para este caso NE2 y NE1.

Se escoge "Direction: Bidirectional" y para crear los servicios

Gigabit, se elije "Level : VC4" como lo indica la figura 4.18.

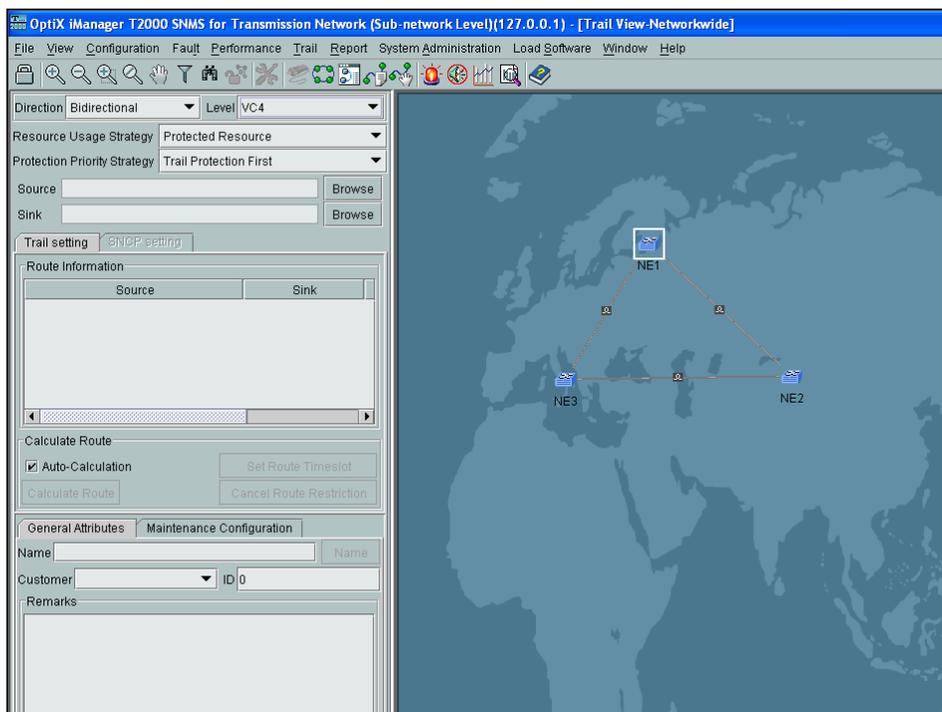


Figura 4.18.- Configuraciones para los servicios Gigabit Ethernet.

La figura 4.19 muestra las configuraciones de los servicios Gigabit Ethernet de los siguientes NE, para esto se elije como source el NE2 y Sink el NE1.

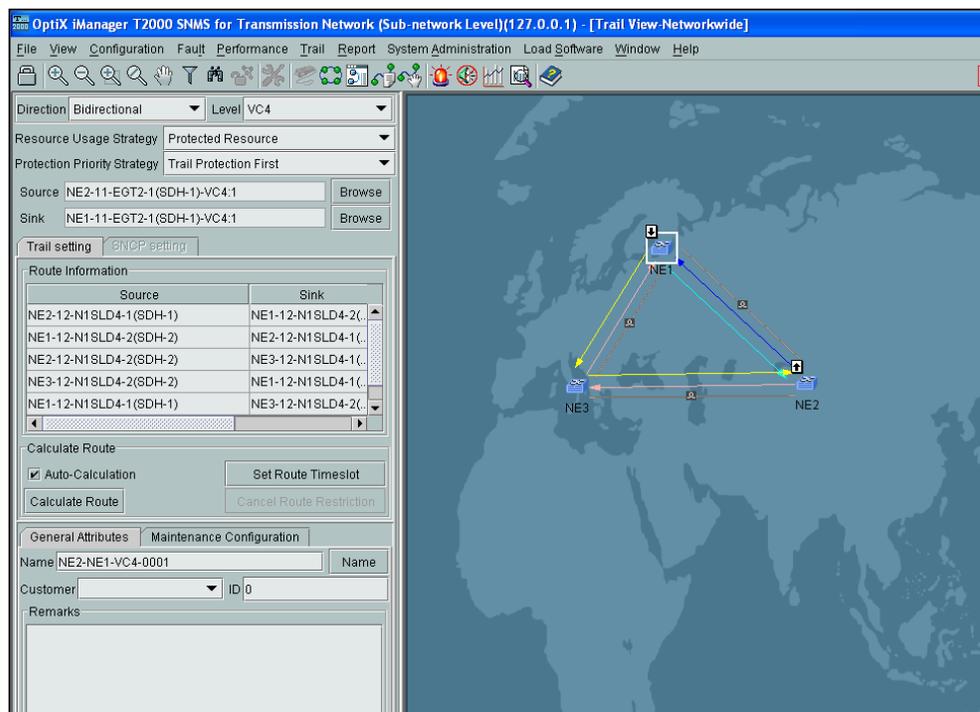


Figura 4.19.- Configuración de los servicios Gigabit Ethernet.

La figura 4.20 muestra la pantalla de la configuración exitosa del servicio.

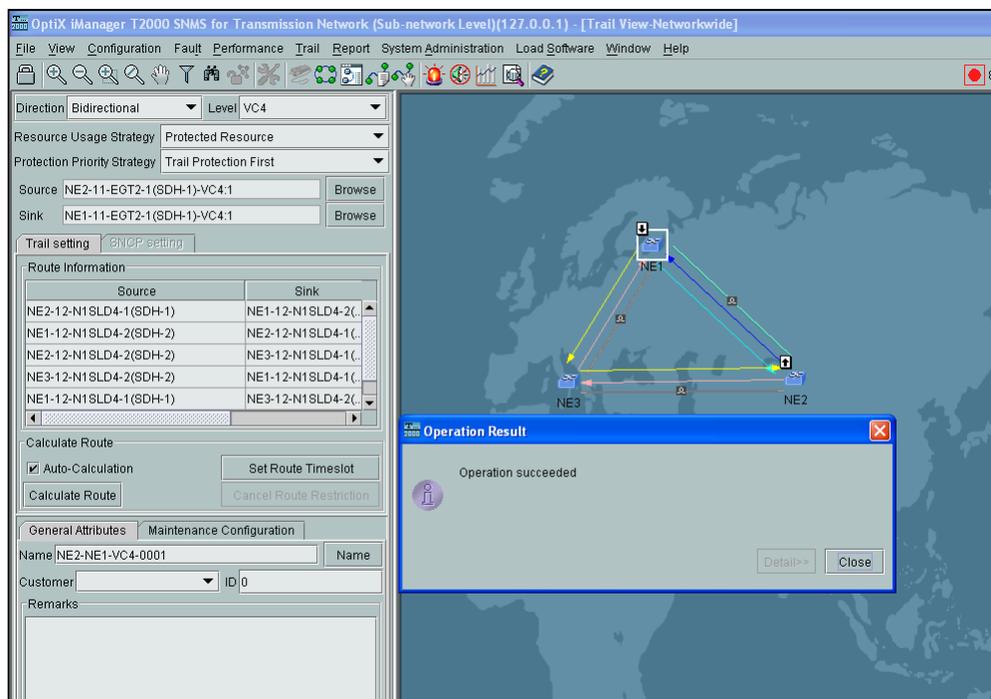


Figura 4.20.-Creación Exitosa de los Servicios Gigabit Ethernet.

4.4.- Configuración del Clock

Es importante indicar el sentido del clock, dado que dependiendo de esto se darán las prioridades. Para este caso, será configurado en sentido horario.

Configuración del NE3, Para la configuración del clock en el NE3 dado que es el Gateway como lo indica la figura 4.1, se

realizan los siguientes pasos:

En el ícono del NE3 damos click derecho y se escoge "NE Explorer", luego "Configuration" y posteriormente "Clock" por último se escoge "Clock Source Priority" como se muestra en la figura 4.21.

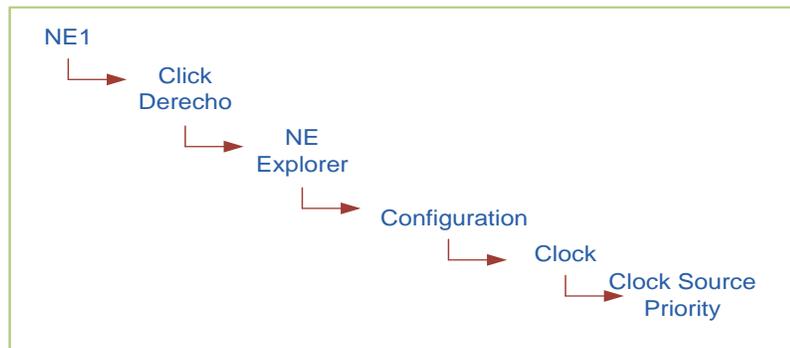


Figura 4.21.- Pasos a seguir para la configuración del Clock.

La figura 4.22 muestra la configuración del Clock en el NE3 donde se eligen los puertos de ingreso del clock.

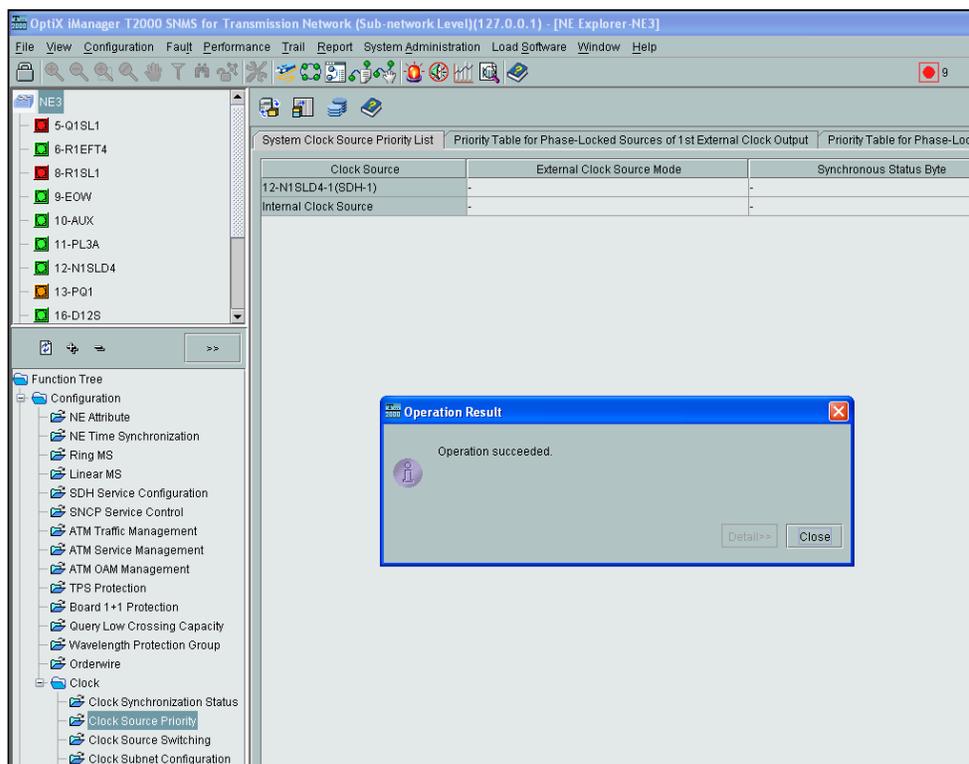


Figura 4.22 Configuración del Clock en el NE3.

En “System Clock Priority List” se hace click en “Create” y se escoge en la lista el puerto “12-N1SLD4-1(SDH)” e “Internal Clock” donde el puerto 1 será la fuente y el puerto 2 el destino en el NE3; luego hacer click en “Apply” como lo indica la figura 4.23.

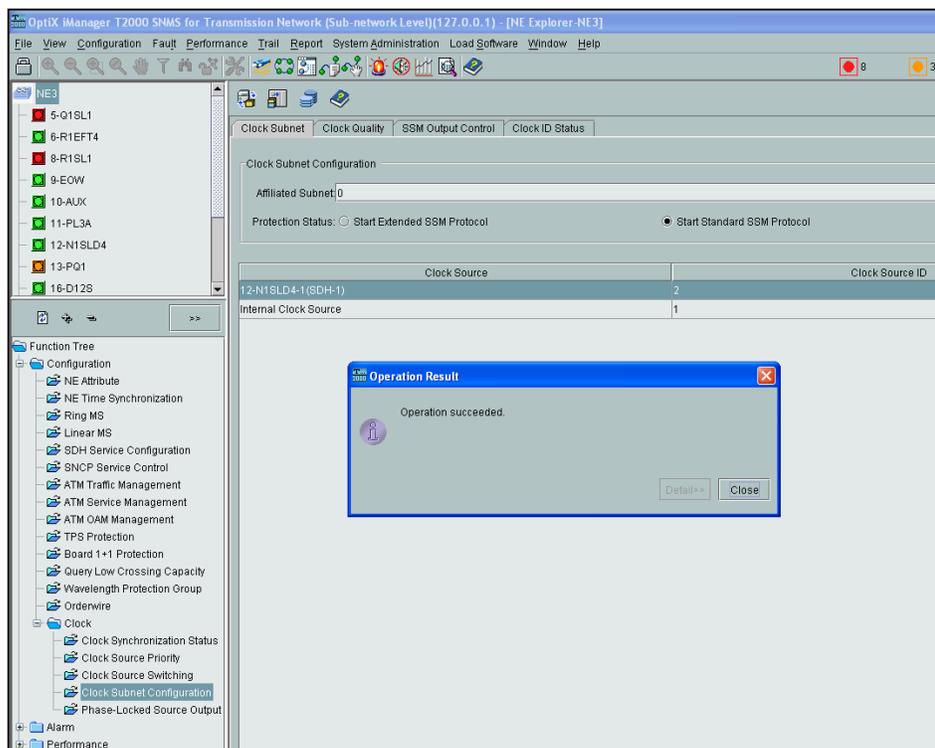


Figura 4.23.- Configuración exitosa del clock del NE3.

Para establecer las prioridades hacer click en “Clock Subnet Configuration” y se elije como prioridad 1 al “Internal Clock” y como prioridad 2 al “12-N1SLD4-1(SDH-1)”, luego click en “Start Standard SSM Protocol” y luego en “Apply”.

Configuración del Clock en NE2, La figura 4.24 muestra la selección de los puertos de ingreso del clock.

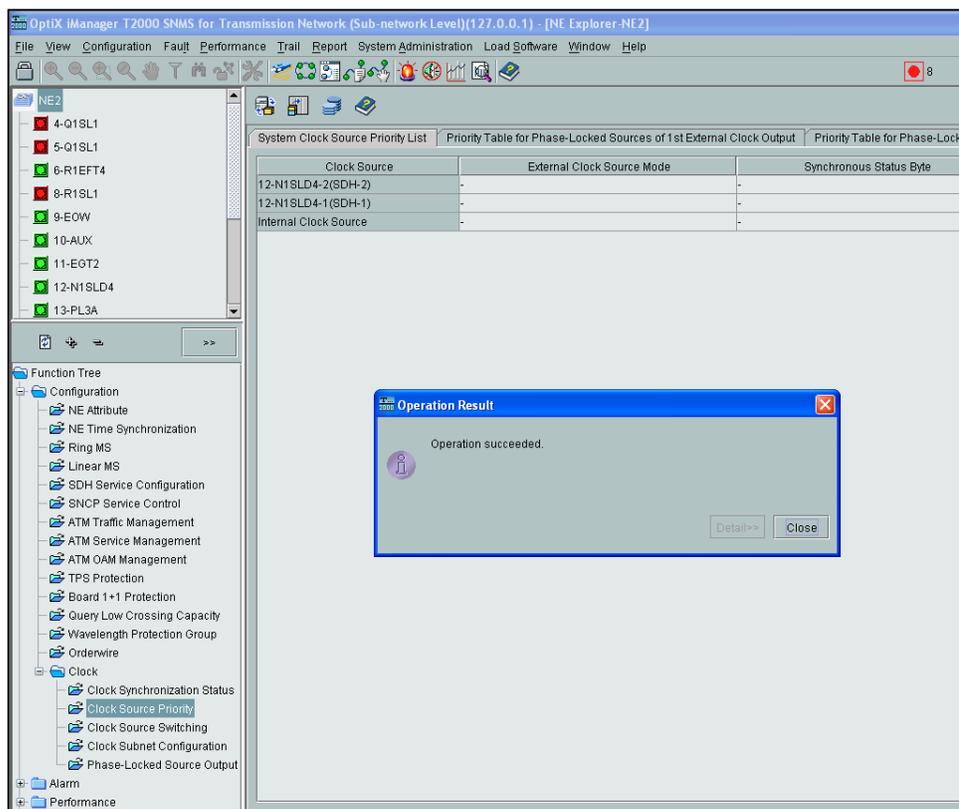


Figura 4.24.- Configurando puertos de ingreso del clock.

Para la configuración del NE2 se realizan los mismos pasos que en el equipo anterior, pero en este elemento se escogerán como opción la posibilidad de que la señal del clock ingrese por el puerto 1, por el puerto 2 o que éste equipo genere el clock en un

momento dado.

En la figura 4.25 se observa la asignación de Prioridades por el puerto de ingreso del Clock NE2.

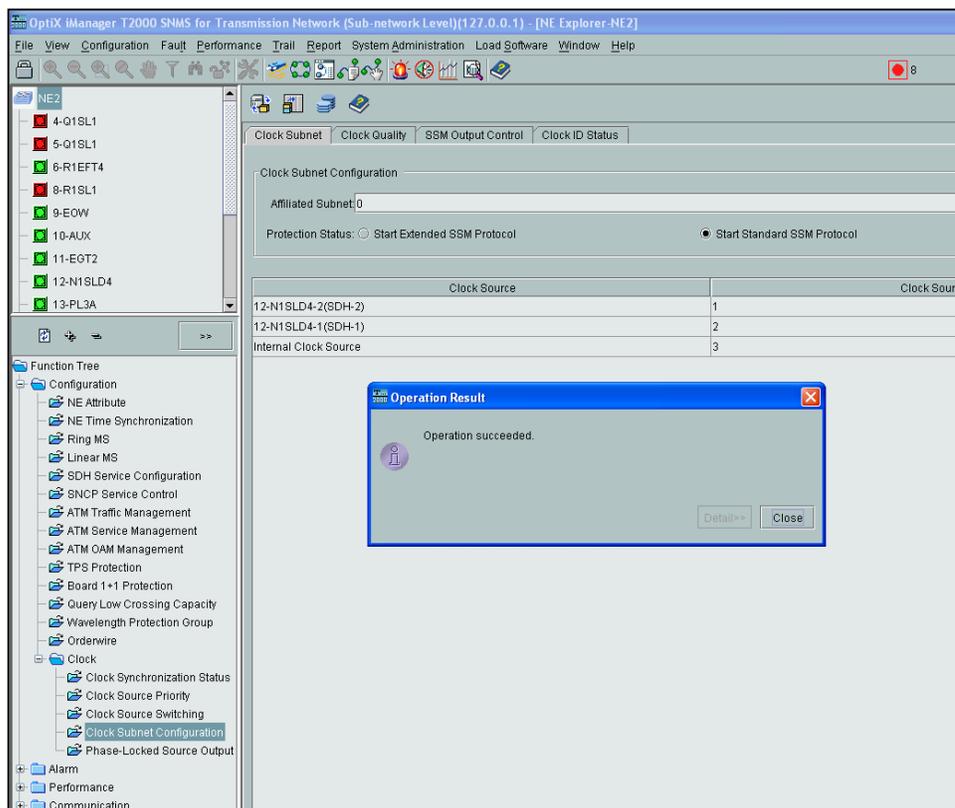


Figura 4.25.- Prioridades del puerto de ingreso del Clock NE2.

Se establecen las tres prioridades, basándonos nuevamente en lo que indica la figura 4.1. El puerto “12-N1SLD4-2(SDH-2)” que es por donde ingresa el clock en sentido horario se lo establece como prioridad 1; el puerto “12-N1SLD4-1(SDH-1)” como prioridad 2 y el

“internal clock” como prioridad 3. Se habilita la casilla de “Start Standard SSM Protocol” y por último click en “Apply” para confirmar.

Configuración del NE1, Para la configuración del NE1 se realiza el mismo procedimiento usado para la configuración del NE2.

4.5.- Configuración del Router Huawei Quidway AR-2830.

Luego de configurar los servicios de Gigabit Ethernet en los Equipos SDH OPTIX 1500, se realizan las pruebas de conectividad entre NE1 y NE2, en los ruteadores HUAWEI QUIDWAY AR 28-30 como lo indica la figura 4.26.



Figura 4.26.- Router HUAWEI QUIDWAY AR 28-30 ^[9]

En la figura 4.27 se observa que las interfaces de los equipos están en estado “UP” utilizando el comando “Display Intergigabits” en el router 3.

```

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 91.12 bytes/sec, 728 bits/sec, 0.89 packets/sec
  Last 300 seconds output rate 91.12 bytes/sec, 728 bits/sec, 0.89 packets/sec

  Input: 665 packets, 67792 bytes, 665 buffers
    1 broadcasts, 0 multicasts, 0 pauses
    0 errors, 0 runts, 0 giants
    0 crc, 0 align errors, 0 overruns
    0 dribbles, 0 drops, 0 no buffers
    0 frame errors
  Output:667 packets, 67920 bytes, 0 buffers
    2 broadcasts, 0 multicasts, 0 pauses
    0 errors, 0 underruns, 0 collisions
    0 deferred, 0 lost carriers

```

Figura 4.27.- Verificando el Estado de las interfaces de los Routers.

Luego de que se ha verificado el estado de las interfaces de los dos equipos, se lanza un ping a la dirección 192.168.50.1 del siguiente router comprobando la comunicación entre los dos equipos como se observa en la Figura 4.28.

```

<R3g>
<R3g>
<R3g>ping 192.168.50
%Oct 20 02:55:09:761 2011 R3g PHY/2/PHY: Serial3/0: change status to down.1
PING 192.168.50.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=2 ms
  Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=2 ms
  Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=2 ms
  Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=2 ms
  Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=1 ms

```

Figura 4.28.- Prueba de conectividad entre los Routers.

Luego de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos se puede entregar 2 STM-1 en formato Gigabit Ethernet como servicio o puerto tributario entre los Nodos Principales.

4.6.- Configuración de Equipos IPMUX.

Siendo TDMoIP la mejor tecnología de acceso para brindar los servicios de voz y aprovechando que ésta se puede adaptar sobre las redes Metro Ethernet ya instaladas en el país, se procederá a realizar las conexiones en el laboratorio para la simulación de la entrega de E1 al cliente.

La figura 4.29 muestra el diagrama General de conexión de la Red SDH con la red Metro Ethernet.

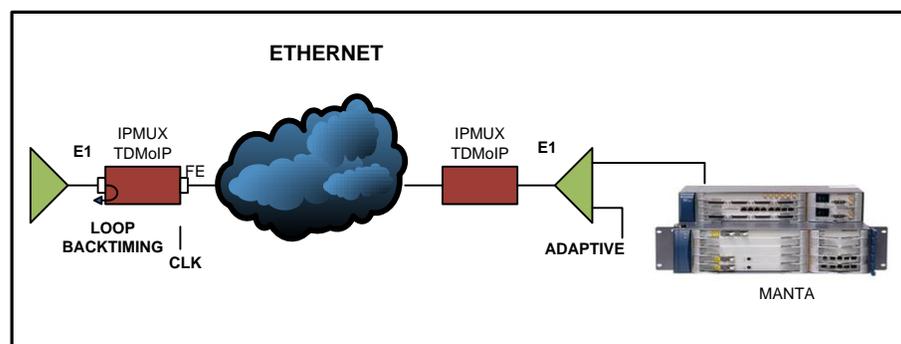


Figura 4.29.- Diagrama General de Conexión para brindar servicios E1.

Para simular el ambiente de la red donde se entregará los servicios Clear Channel de E1, se utilizan los siguientes equipos de laboratorio como lo indica la figura 4.30:

- 1 IPMUX-1 marca RAD,
- 1 IPMUX -11 marca RAD,
- 1 SWITCH CISCO 3550 capa 3, para simular red Ethernet.

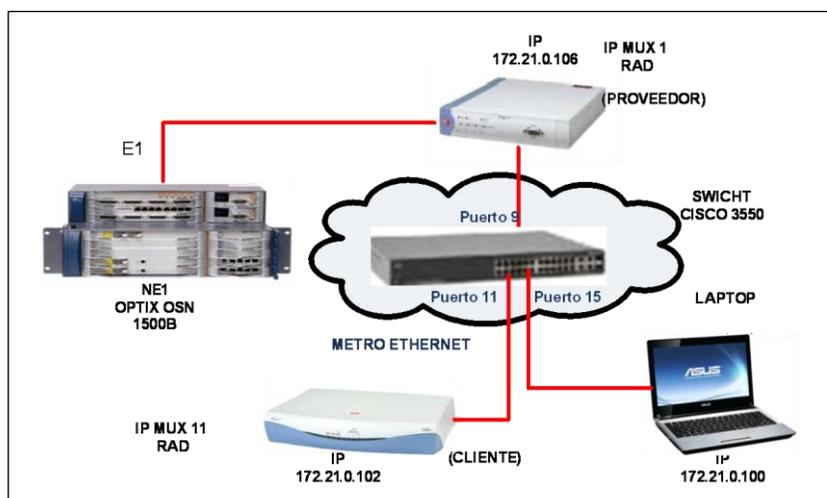
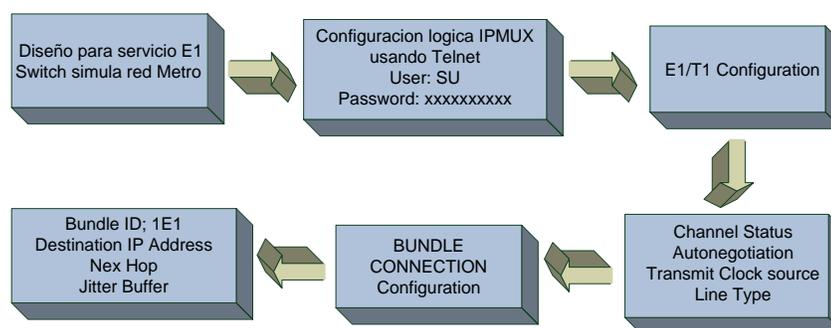


Figura 4.30.- Interconexión de Equipos IPMUX.

La interconexión entre los IPMUX se la realiza por medio del Switch Cisco 3550. En los puertos del Switch, el cual simulará la red Metro Ethernet se conectará el IPMUX 1 en el puerto 9, en el Puerto 11 el IPMUX 11 y en el puerto 15 la pc de prueba.

Los IPMUX se comunican por medio de IP lógicas. Las direcciones lógicas asignadas a cada equipo se muestran en la figura 4.30 y deben pertenecer a la misma sub red. La creación de una VLAN que involucre a todos estos equipos evitará que los broadcats de este servicio sean afectados por los de otros servicios.

A continuación se muestra el Diagrama de Bloques para simular el servicio de entrega de 1 E1:



Los IPMUX se conectan al switch por medio de sus puertos Ethernet. Para la configuración de los IPMUX se debe entrar al ambiente de los equipos usando el comando TELNET seguido de la IP del equipo a configurar.

Dentro del equipo IPMUX 1 debemos ingresar con **Usuario**: SU y **Password**: “xxxxxxx” para poder acceder al menú principal de

opciones de “Configuración General”. Los parámetros a configurar son “Configuración E1/T1”, “LAN Configuration”, como se muestra en la figura 4.31. Del menú principal, Item 2 se escoge Physical Layer para configurar como van a funcionar las interfaces Ethernet.

El “channel status” tiene que estar activo; la auto negociación también tiene que estar activada y el enunciado de capacidad máxima debe estar indicado en 100 BaseT full dúplex, como se muestra en la Figura 4.31.

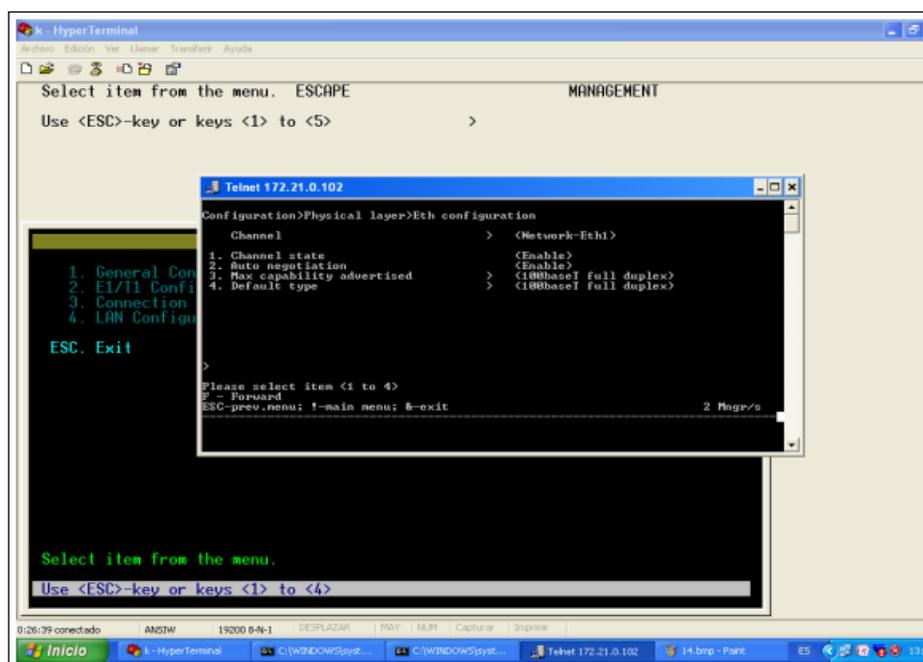


Figura 4.31.- Menú Principal para la configuración de Equipos IPMUX

El ítem conection se configura para indicar como van a estar conectados los IPMUX.

En la Figura 4.32 se observa la pantalla de los parámetros a configurarse para la comunicación de entre los IPMUX.

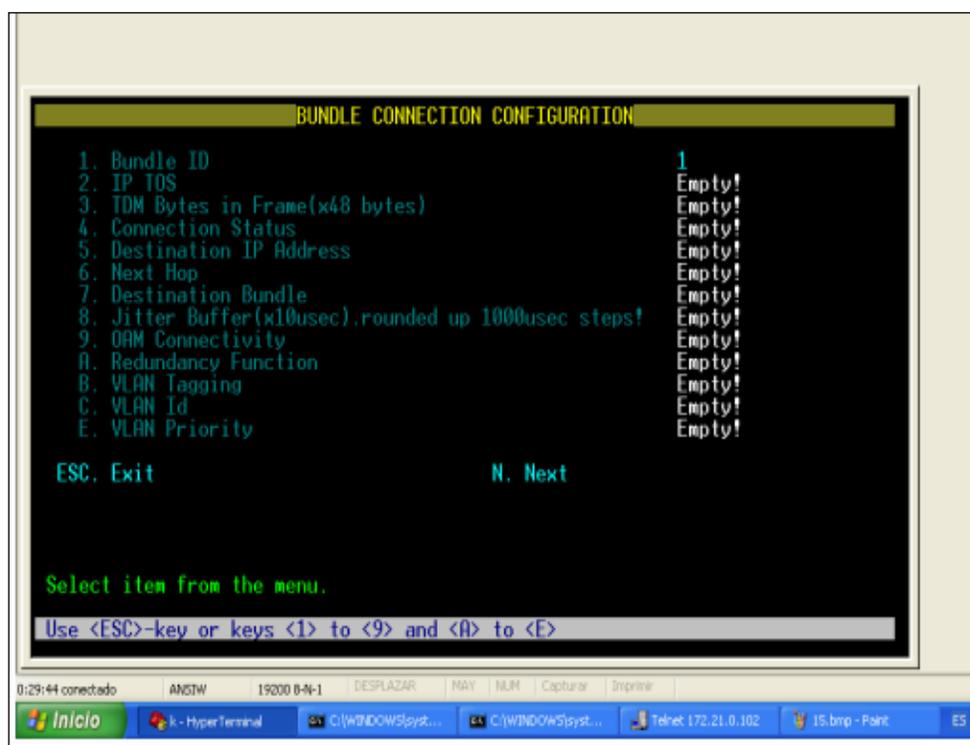


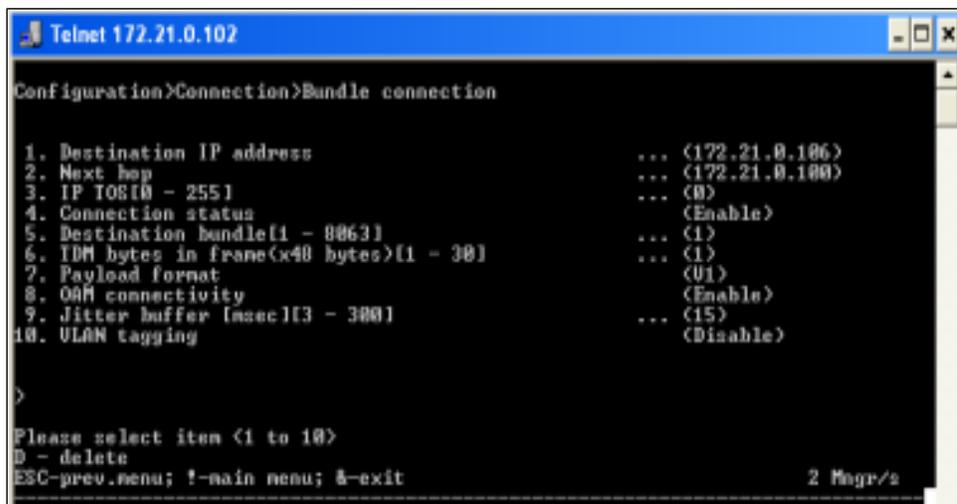
Figura 4.32.- Parámetros para configuración de los equipos IPMUX

Posteriormente se configuran los Bundle ID, los cuales son agrupaciones de time slot de un E1 para poder segmentar el servicio E1. Algo similar de lo que es en datos las sub-interfaces

lógicas de una interfaz física.

Para el IPMUX 1, se selecciona con Bundle ID de 1 dado que solo trae un E1 para configurar, pero en otros modelos de equipos como el IPMUX 8 tienen hasta 4 E1.

En “Destination IP Address” se coloca la dirección IP del IPMUX destino. En NEXT HOP se coloca la dirección IP de la interfaz del siguiente equipo de capa tres que se encuentra entre la ruta de los dos IPMUX; en caso de no existir, se configura con dirección IP 0.0.0.0. En la figura 4.33, se muestra la configuración del NEXT HOP con la dirección de la interfaz del equipo de capa tres, para este caso la ip address del Gateway es **172.21.0.100**.



```
Telnet 172.21.0.102
Configuration>Connection>Bundle connection
1. Destination IP address      ... (172.21.0.106)
2. Next hop                   ... (172.21.0.100)
3. IP TOS (DSCP - 255)       ... (0)
4. Connection status         (Enable)
5. Destination bundle ID     ... (1)
6. IDN bytes in frame (x40 bytes) [1 - 30] ... (1)
7. Payload format           (UI)
8. OAM connectivity         (Enable)
9. Jitter buffer [msec] [3 - 300] ... (15)
10. VLAN tagging             (Disable)

>

Please select item (1 to 10)
D - delete
ESC-prev menu; !-main menu; &-exit
2 Mgr/s
```

Figura 4.33.- Configuración de direcciones IP del IPMUX destino y siguiente salto

CONCLUSIONES

1.- Una red SDH nos permite combinar diferentes tipos de señales de datos tipo plesiócrona o no síncrona sobre transmisiones de alta velocidad a nivel de STM-N y también la capacidad de protegerse y recuperarse de manera eficiente frente a fallas.

2.- Los requisitos de operatividad de la red suelen fijarse a través de los niveles agregados de servicio (SLA) establecido entre Proveedores y Clientes. El SLA es el tiempo de una conexión en funcionamiento. El SLA puede ser mejorado colocando un componente Stand-by.

3.- Con Ethernet, la implementación de la infraestructura de última milla, configuración y el mantenimiento de redes presenta costos menores debido a que solo se requiere conectar o intercambiar los equipos sin más configuración, permitiendo flexibilidad de una red LAN sobre una red óptica SDH ofreciendo así una gran variedad de velocidades de transmisión, desde 10 Mbps hasta 10 Gbps. Además en Ethernet se acostumbra que las Vlans sean generadas

por una red externas, es decir del lado del cliente y no del proveedor.

4.- Si la sincronización no está garantizada, esto puede ocasionar una degradación considerable del funcionamiento de la red. Al configurar el clock en una red SDH tipo anillo, no se debe cerrar el circuito dado que esto degradaría la señal del clock.

5.- Para servicios de Gigabit Ethernet en teoría se deberían mapear 8 VC4, pero debido a que a los 900 Mbps ya empiezan ciertos equipos de datos a dropear paquetes, solo se mapean 7 VC4.

6.- El sincronismo en tecnología TDMoIP lo determina el jitter buffer. El tamaño de este puede ser dinámico, aumentar o disminuir de acuerdo a las estadísticas de variación de la red. Lo deseable en una red óptica es tener un jitter (retardo) igual a cero.

7.- Para el análisis de la viabilidad de un proyecto si es rentable o no, se lo puede hacer por medio de tres criterios: el análisis de la VAN, por medio del PRI o por la TIR.

8.- Si la $VAN > 0$ para un proyecto que no tiene restricción de inversión, el proyecto es rentable. El mercado de las Telecomunicaciones ha crecido en los últimos años a niveles acelerados, tanto a nivel nacional como internacional. Según datos del ministerio de Telecomunicaciones, La penetración de Internet en el Ecuador, de acuerdo a proyecciones reales, llegaba a diciembre del 2011 a 37.9%, 5'479.000 usuarios aproximadamente; mientras que en el 2010 fue del 28%, con 3'998.362 usuarios, reflejando un gran crecimiento.

9.- Las ventas de líneas celulares a nivel mundial crecen aceleradamente y el Ecuador no es una excepción; la penetración del celular ya llega a 14'500.000 móviles activados en el país, lo que significa que hay mas dispositivos activados que personas (14'300.000) en la nación.

RECOMENDACIONES

1.- Al terminar las pruebas en los Equipos SDH se recomienda parar los procesos del Optix IManager T2000 para que no surjan alarmas de configuración y no se produzcan problemas error con la base de datos.

2.- Es preferible poner los atenuadores en las recepciones, para que se atenúe la potencia de transmisión y evitar de esta forma averías en los puertos o tarjetas del equipo SDH receptor.

3.- Los medidores de potencia se los instala en el equipo receptor, de esta forma se mide la potencia que llega desde el transmisor.

4.- Se recomienda dejar reserva de fibra óptica entre los extremos de cada bobina para evitar complicaciones ya sea por modificaciones de terrenos o cambios en el diseño del tendido óptico.

5.- En cada nodo o regenerador, los rack donde se instalaren los equipos, deben estar aterrizados para evitar problemas electrónicos en las tarjetas y por lo tanto reducir gastos de operación.

6.- Para la administración de los equipos IPMUX, es preferible no deshabilitar el ingreso vía browser o telnet, de esta forma podemos realizar troubleshooting en los equipos, por tanto se recomienda otro tipo de protección.

7.- Los medidores de potencia se los instala en el equipo receptor, de esta forma se mide la potencia que llega desde el transmisor.

8.- Las alarmas AIS (Alarm Indication Signal) generalmente nos indican que hay un problema en el transmisor y se manifiestan en el receptor, por tanto se recomienda revisar los puertos del equipo transmisor.

9.- Se recomienda trabajar con equipos switch de capa tres en lugar de routers dado que estos manejan muchos procesos utilizando gran parte de la memoria del CPU; los switch en cambio contiene un buffer interno que almacena los últimos eventos realizados logrando levantar la interfaz en pocos segundos al momento de presentar alguna falla. Un switch de capa tres cumple con los requerimientos necesarios de enrutamiento que se necesitan y con la gran ventaja que su costo es reducido en comparación de un router.

10.- Para la sincronización de los IPMUX, es necesario programar uno de ellos en estado Adaptive y el que genera el clock en estado Loopback timing; es indiferente si el cliente o el proveedor genera el Clock.

11.- Un buen diseño de red puede representar el 80% de funcionalidad y 20% de operación.

12.- Si se pierde el enlace en un equipo SDH, éste entra al estado Hold Over y mantiene el clock que él ha estado recibiendo por un lapso de tiempo (24 horas aproximadamente) controlando el

oscilador y la temperatura del mismo con la corrección de la frecuencia almacenada dado que la temperatura altera la frecuencia.

13.- Según estudios de la consultora TNS Research International, el 62% de los usuarios móviles en la región cambiará sus terminales por smartphones, lo que implica un crecimiento del 29% en la penetración de los teléfonos inteligentes durante el primer semestre de este año. Así también el tráfico de datos por teléfonos móviles crecerá en los próximos cuatro años un 66% en América Latina, según informe publicado por la consultora norteamericana Cisco Visual Networking Index.

ANEXO

JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA (PDH).

Con PDH, las señales que eran multiplexadas procedían de fuentes distintas, trayendo consigo pequeñas diferencias entre la velocidad real de los distintos canales de flujos de información debidas a variaciones en los tiempos de transmisión, falta de sincronización entre las fuentes, pérdida de información, etc. Este tipo de señales no sincronizadas reciben el nombre de plesiócrona lo cual requería usar técnicas de arreglo de bits conocida como bits de relleno para eliminar la falta de sincronismo.

En aquellos tiempos con la digitalización de las grandes redes públicas, se empezaron a instalar equipos PDH para comunicar a las poblaciones de las ciudades a nivel mundial para fines militares y de comercialización.

Al implementar este tipo de redes se encontraron más adelante con varias limitantes como la rigidez de las estructuras plesiócrona de multiplexación que hacían necesaria la extracción sucesiva de todas las señales de jerarquía inferior para poder extraer un solo canal de 64 Kbps.

Existía una deficiencia en la asignación del ancho de banda y una mayor lentitud en el procesamiento de las señales por parte de los equipos. La falta de sincronización entre distintos sistemas PDH, dificultaba la interconexión entre redes de un mismo operador elevando los tiempos de enlace y costos de operación, y por último se encontraba dificultad en la supervisión y control del sistema provocando pérdidas de la información de gestión la cual era transportada en las tramas PDH.

Con el pasar de los años un inesperado crecimiento del tráfico de la información a través de las redes debido a la evolución del internet ocasionó una gran demanda de comunicación a altas velocidades que en los años noventa los patrones de tráfico cambiaron bruscamente donde el tráfico de datos superaba al de la voz.

La trama Ethernet.^[13]

La trama Ethernet está compuesta por un preámbulo, campos de dirección de origen y de destino, tipo de campo, campo de datos y chequeo de integridad (FCS).

El **preámbulo** contiene 8 octetos que preceden a la trama en la capa física, su finalidad es permitir que los equipos receptores sincronicen sus relojes con el mensaje entrante para poder ser recibido sin errores, el último byte se denomina delimitador de inicio de trama (SFD).

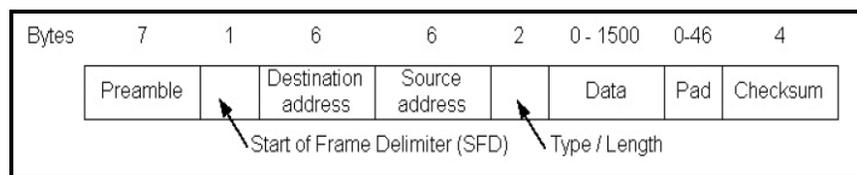
Las **direcciones de origen y destino** son direcciones físicas que se le asignan a los adaptadores de red de los dispositivos físicos, conocidos generalmente como Tarjeta de Interface de Red (NIC), refiriéndose así al NIC que recibirá la trama y al NIC remitente, cada NIC tiene un número de identificación único de 6 bytes que no puede ser alterado denominado Control de Acceso al Medio (MAC) indicados en formato hexadecimal¹¹.

El **código de tipo** es un número de 16 bits que sirve para

identificar el tipo de protocolo de alto nivel que está siendo utilizado en la red Ethernet, es decir el tipo de dato que está siendo transportado en el campo de datos del paquete.

El campo de datos del datagrama puede variar entre un mínimo de 46 y un máximo de 1500 bytes, así que la longitud máxima de un paquete Ethernet es de 1518 bytes, y mínimo 64 bytes.

El **campo de chequeo de integridad (FCS)** está formado por 32 bits (4 bytes), que contiene un control de redundancia (CRC) para proteger la integridad de los datos. El remitente realiza un control CRC de los datos e incluye el valor en este campo. El receptor realiza a su vez el mismo cálculo con los datos recibidos y los compara con el valor del campo FCS del datagrama recibido. Si estos valores no coinciden se solicita el reenvío del paquete erróneo¹¹.



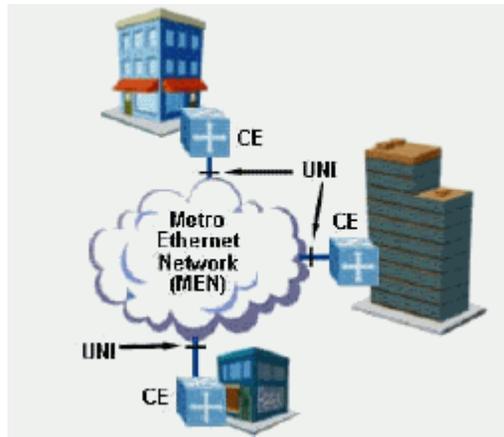
Trama Ethernet ^[13]

Redes Metroethernet.^[14]

Luego que Ethernet pasó a ser el protocolo clave de transmisión en las redes LAN y gracias a los acuerdos entre fabricantes y los organismos de estandarización como IEEE e ITU se definió a Ethernet como un servicio metropolitano, con esto evolucionarían las Redes de Área Metropolitana (MAN) basadas en Ethernet estableciendo y cambiando el servicio de las Telecomunicaciones brindando un servicio estable, rápido y multifuncional de voz, video y datos, gracias a equipos terminales (CE) localizados del lado del suscriptor por donde se conectan al canal de comunicaciones del proveedor, ajustándose de manera transparente a los requerimientos de empresas y usuarios fijos que van en aumento día a día.

Con Ethernet, la implementación de la infraestructura, configuración y el mantenimiento de redes Ethernet presenta costos menores debido a que solo se requiere conectar o intercambiar los equipos sin más configuración permitiendo flexibilidad de una red LAN sobre una red óptica SDH ofreciendo

así una gran variedad de velocidades de transmisión desde 10 Mbps hasta 10 Gbps.

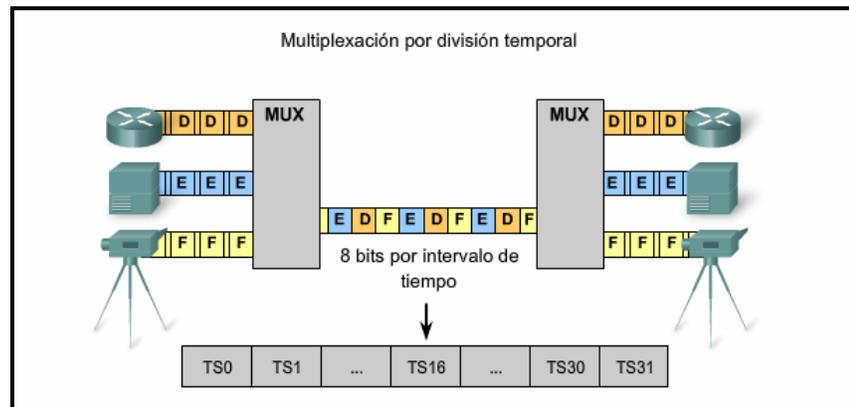


Red MetroEthernet ^[14]

Además ofrece una fácil interconexión con otras redes LAN que se encuentran implementadas sobre Ethernet donde no es necesaria una conversión de protocolos lo que facilita la integración a las redes MAN, la distancia ya no es una limitante, debido a que las tecnologías ópticas permiten transportar a centenares de kilómetros, la seguridad y protección de la información entre usuarios se ha reforzado gracias a tecnologías de seguridad, tunnelling y virtualidad que incluye autenticación en la red .

Modulación por División de Tiempo (TDM).

La tecnología TDM es un sistema tradicional aun usado en la actualidad para las transmisiones digitales. Utiliza conmutación de circuitos y está basado en la sincronización y señalización estricta del emisor como el receptor, además las transmisiones ocurren sobre el mismo medio pero no al mismo tiempo, dividiendo el ancho de banda de un solo enlace en canales separados en periodos de tiempo.^[15]



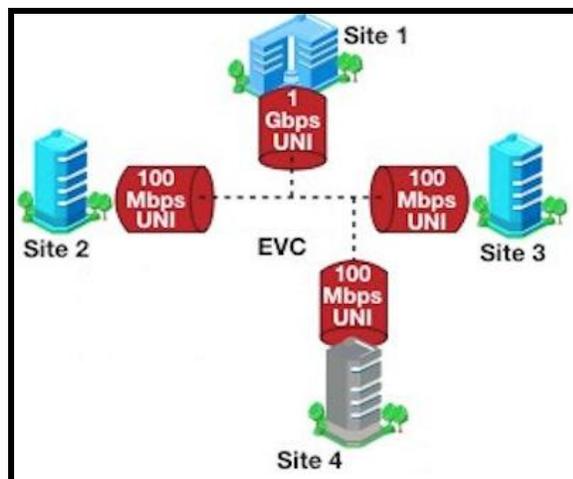
Multiplicación por división de tiempo ^[15]

El MUX (Multiplexor) del Tx admite tres señales diferentes. El Mux divide cada señal en segmentos; coloca cada segmento en un solo canal y los inserta en un periodo de tiempo. En el Rx, un Mux vuelve a ensamblar el stream de TDM en tres flujos de datos,

tomando como única referencia el tiempo que tarda cada bits en llegar. Una técnica llamado entrelazado rastrea la cantidad y la secuencia de los bits de cada transmisión específica, de manera que puedan re-ensamblarse con rapidez y eficacia para volver a su forma original¹².

Tipos de servicios sobre redes Ethernet.

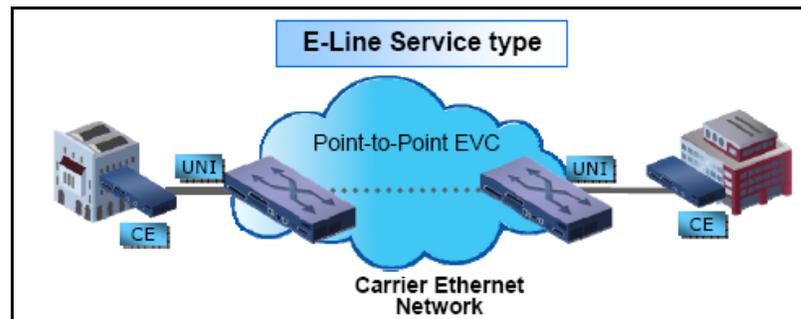
Una Conexión Ethernet Virtual (EVC) es la asociación entre dos o más Interface de Red de Usuario (UNI) que provee de un canal virtual de servicios al usuario de extremo a extremo atravesando distintas redes metro Ethernet, permitiendo seguridad y privacidad de la información entre usuarios.



Conexión Ethernet Virtual (EVC) ^[14]

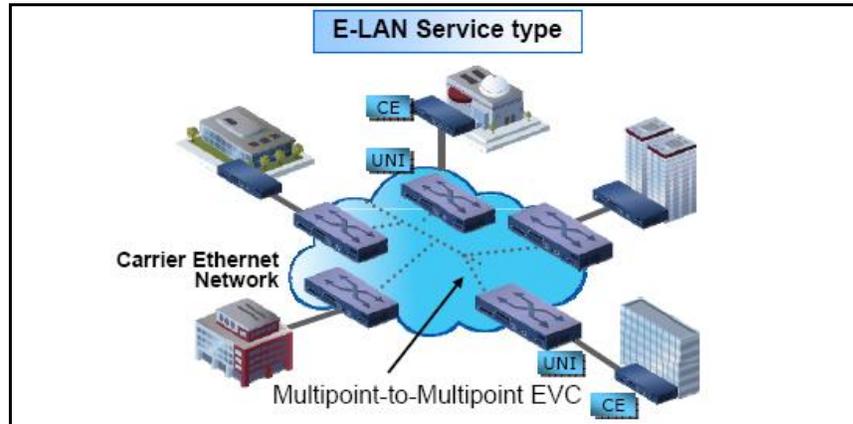
Una red Metro Ethernet puede ofrecer dos tipos de servicios diferentes:
E-line y E-lan.

El servicio E-line ofrece conectividad punto a punto entre dos interfaces UNI dentro de un EVC. De la amplia gama de servicios que ofrece el más sencillo consiste de un ancho de banda simétrico para transmisión de datos en ambas direcciones.



Conectividad punto a punto E-line ^[14]

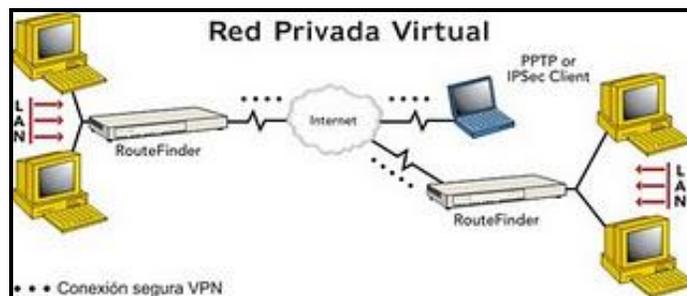
El servicio E-lan ofrece conectividad multipunto a multipunto entre dos o más UNI conectados cada uno de ellos a un EVC multipunto, con la ventaja de que permite un crecimiento de interfaces UNI's dentro de un mismo EVC simplificando enormemente la red.



Conectividad multipunto - multipunto Elan ^[14]

Redes Privadas Virtuales (VPN)

Son redes que transportan información de manera encapsulada o encriptado de una organización o usuarios utilizando las redes públicas como transporte siendo la información ilegible para usuarios extraños a la misma, la ventaja que presentan las VPN es la identificación de usuarios, control de acceso de acuerdo a la organización y la codificación de datos.



Red Privada Virtual ^[14]

BIBLIOGRAFIA

[1] Millán Ramón, Tecnología de transporte óptico SDH.

http://www.ramonmillan.com/tutoriales/sdh_parte1.php, fecha de consulta noviembre 2011.

[2] Luque Adrian, Jerarquía Digital Síncrona

<http://www.monografias.com/trabajos15/jerarquia-digital/jerarquia-digital.shtml>, fecha d consulta noviembre 2011.

[3] Wikipedia, Estructura de la trama STM-1,

<http://es.wikipedia.org/wiki/STM-1>, fecha de consulta noviembre 2011.

[4] FIALLOS HÉCTOR, Nuevas Redes de Telecomunicaciones

Escuela Superior Politécnica del Litoral, fecha de consulta octubre 2011.

[5] Daniel Morato Osés, Topologías de Redes SDH, Universidad pública de Navarra.

https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba07_08/slides/24TopologiasSDH_1pp.pdf, fecha de consulta noviembre 2007.

[6] Diego F. Grosz, Sistemas de Comunicación por fibra óptica de alta capacidad.

<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/consejo/boletin51/enpdf/a03.pdf>, fecha de consulta diciembre 2011.

[7] Surasak Sanguanpon, Ethernet.

<http://www.cpe.ku.ac.th/~nguan/presentations/datacom/ethernet.pdf>,
fecha de consulta septiembre 2011.

[8] Hernán Domínguez Lamaico, Estudio Diseño y Simulación de una red de Backbone sobre anillos de fibra óptica en la ciudad de Quito para unir las redes de acceso de la empresa integral Data que soporte sistemas de compresión de voz en TDMoIP., Proyecto de Tesis, fecha de consulta noviembre 2011.

[9] HUAWEI, Adquisición de Equipamiento para el Laboratorio de Telecomunicaciones, ESPOL , fecha de consulta septiembre 2011.

[10] Google Maps, Mapas del Ecuador,
<http://www.palomatica.info/juckar/googlema>, fecha de consulta octubre 2011.

[11] Cecilia Alberto - Lucas Chiesa, Tendido y Verificación de Redes de Fibra Óptica.

<http://www.marga.com.ar/~marga/6677/tp2/tp2-redes-fibra.pdf> , fecha de consulta noviembre 2011.

[12] Coss Bu, Raúl, Análisis y evaluación de proyectos de inversión, 2da edición, Editorial Noriega, México, año publicación 2005, fecha de consulta diciembre 2011.

[13] Wikipedia, Ethernet.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>, fecha de consulta noviembre 2011.

[14] Ing. Eduardo Schmidberg, IEEE, Metroethernet.

<http://www.ieee.org.ar/downloads/metroethernet.pdf>, fecha de consulta noviembre 2011.

[15] Wikipedia, TDM, Wikipedia The Free Encyclopedia,

<http://es.wikipedia.org/wiki/tdm>, fecha de consulta diciembre 2011.