

“ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA ETHERNET SOBRE SDH (SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY) Y PRUEBAS DE CANALIZACIÓN UTILIZANDO MULTIPLEXORES HI7070, PARA EL TRAYECTO QUITO Y GUAYAQUIL DE LA RED DE TRANSELECTRIC S.A”

Julio Fernando Chacha Guevara (jchacha@transelectric.com.ec)
María Soledad Jiménez (sjimenez@mailfie.epn.edu.ec)

Resumen –El proyecto desarrolla un estudio de la tecnología *Ethernet over SDH (EoS)* y pruebas de canalización utilizando multiplexores HiT7070, utilizando en el núcleo de la red óptica NSDH (*Next Synchronous Digital Hierarchy*) el multiplexor ADM (*Add&Drop Multiplexer*) HiT7070. En este contexto las redes NSDH permiten de una manera eficiente y eficaz realizar el transporte, la conmutación y el enrutamiento de los grandes volúmenes de información (voz, datos y multimedia) que se transportan.

Abstract –The project develops a study of the technology *Ethernet over SDH (EoS)* and canalization tests using multiplexers HiT7070, using in the backbone of the optic network NSDH (*Next Digital Synchronous Hierarchy*) the ADM (*Add&Drop Multiplexer*) HiT7070 multiplexer . In this context networks NSDH allows in an efficient and effective way to carry out the transport, commutation and routing of the big volumes of information (voice, data, multimedia) that are transported.

I. JERARQUÍA DIGITAL SINCRÓNICA SDH

A. Introducción

Actualmente estamos viviendo una gran explosión en la demanda de servicios sofisticados de Telecomunicaciones, servicios tales como video-conferencias, acceso a bases de datos remotas y transferencia de archivos multimedia, por lo que se requiere de una red que tenga la habilidad de ser lo suficientemente flexible para tener virtualmente un ancho de banda ilimitado. Por lo tanto surge la necesidad de definir un

estándar internacional de comunicaciones que permita manejar y supervisar con facilidad esta capacidad de transporte, tal estándar es SDH (*Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Sincrónica*).

B. Definición de SDH

Este estándar se definió por el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) actualmente la UIT-T¹ se especifica en las recomendaciones UIT-T G.707 (Velocidades Binarias de la Jerarquía Digital Sincrónica), G.708 (Interfaz de nodo de red para SDH) y G.709 (Interfaces para la red óptica de transporte). Ver figura 1.

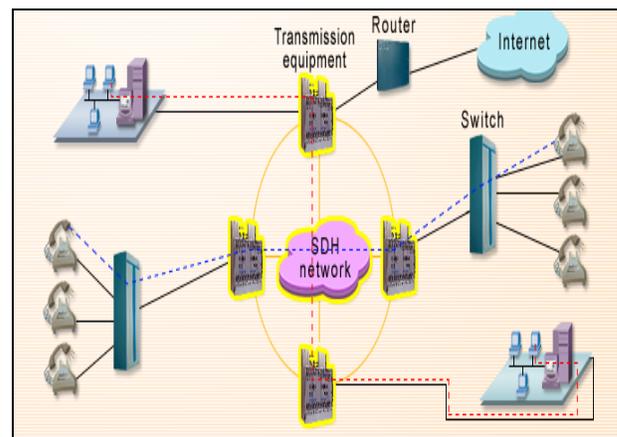


Fig. 1 Servicios de la Jerarquía Digital Sincrónica

La jerarquía SDH permite de una manera rápida y fácil cumplir con los requerimientos de sus usuarios y de las redes privadas que manejan altas capacidades de tráfico utilizando como medio de transmisión la fibra óptica, es importante

señalar que también se utiliza sistemas SDH en transmisiones vía radio y satelitales.

C. Ventajas de SDH

SDH, provee de estándares universales para interfaces eléctricos y ópticos:

Operaciones de multiplexación y demultiplexación más sencillas y flexibles, permitiendo extraer o añadir servicios sin tener que desmontar la señal.

Las cabeceras permiten mejorar los procedimientos de operación, administración y mantenimiento de la red (OAM).

Cuenta con mecanismos integrados de protección.

Las señales de baja velocidad PDH pueden ser extraídas o insertadas (*Add&Drop*) hacia un flujo de alta velocidad SDH, como se se muestra en la tabla 1.

Jerarquía PDH (Modelo Europeo)			
Señal	Tasa de bit	Abreviado	Capacidad en EIs
E1	2.048 Mbps	2 Mbps	E1
E2	8.448 Mbps	8 Mbps	4 E1
E3	34.368 Mbps	34 Mbps	16 E1
E4	139.264 Mbps	140 Mbps	64 E1
Jerarquía SDH			
Tasa de bit (Mbps)	Abreviado	SDH	Capacidad con relación a PDH
155.52	155 Mbps	STM-1	63 E1 o 1 E4
622.08	622 Mbps	STM-4	252 E1 o 4 E4
2488.32	2.5 Gbps	STM-16	1008 E1 o 16 E4
9953.28	10 Gbps	STM-64	4032 E1 o 64 E4

Tab. 1 Capacidades relacionadas entre las jerarquías PDH y SDH

D. Estructura de SDH

La jerarquía SDH ha sido dividida en una estructura de cuatro secciones (ver figura 2).

Trayectoria (*Path*): Es un circuito extremo a extremo que se ubica entre dos puntos terminales o usuarios finales de la red de transporte.

Sección: Es el servicio de transporte entre dos nodos adyacentes. Varias secciones conforman una trayectoria.

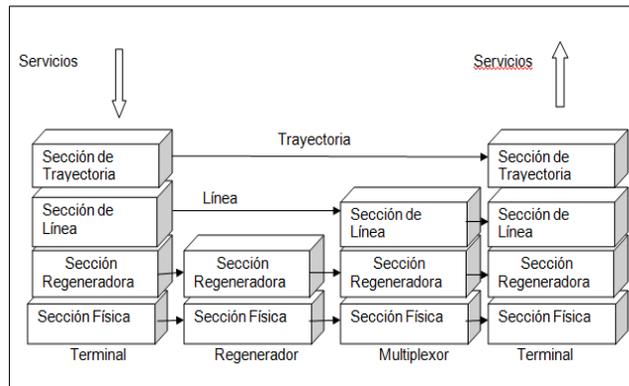


Fig. 2 Estructura en secciones de una red SDH

Sección Física: La sección física incluye una especificación del tipo de fibra óptica, enlaces de radio o satelitales a ser utilizados. Establece detalles tales como: potencia mínima de transmisión, características de dispersión de los transmisores, sensibilidad de los receptores, etc.

Sección Regeneradora: La sección regeneradora establece el camino entre regeneradores. Se encarga de crear las tramas básicas de SDH, convertir señales eléctricas a ópticas, presentar algunas facilidades de monitoreo. Para grandes distancias se puede requerir repetidores regenerativos.

Sección de Línea: La sección de línea es responsable de la sincronización y multiplexación de los datos en tramas SDH, funciones de protección y mantenimiento. Como equipos terminales de línea se pueden tener multiplexores y nodos de conmutación.

Sección de Trayectoria: La sección de trayectoria es responsable del transporte de datos entre puntos terminales, así como del establecimiento de la velocidad apropiada de señalización. En este circuito entre puntos terminales los datos son ensamblados al comienzo del circuito, y no son modificados hasta ser desensamblados en el punto final

E. Multiplexación en la jerarquía SDH

El proceso de multiplexación incluye dos tipos, la multicanalización de señales SDH de bajo orden y de señales tributarias en un STM-1. A continuación se detalla.

Multiplexación de Señales SDH de Bajo Orden: La multiplexación de señales SDH de bajo orden dentro de señales de alto orden, permite obtener mayores capacidades en una red SDH. La multiplexación se realiza byte a byte. Ver figura 3.

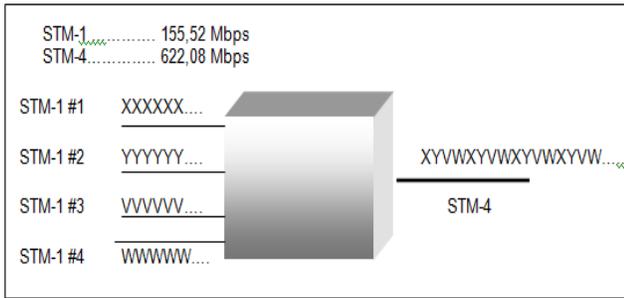


Fig. 3 Multiplexación de cuatro STM-1 (tributarios) a un STM-4 (agregado)

Multiplexación de Señales Tributarias en un STM-1:

La multiplexación de señales tributarias de baja tasa de transmisión dentro de una señal SDH, permite adaptar señales PDH como un T1, E1, E3, E4, etc., dentro de un STM-1. El diagrama de la estructura de multiplexación según la recomendación G.709 de la ITU-T con señales tributarias, se muestra en la figura 4.

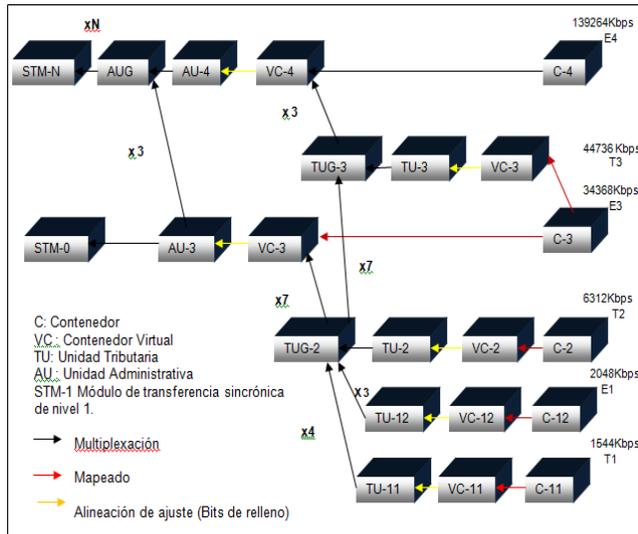


Fig. 4 Diagrama de Multiplexación de Unidades Tributarias en STM-N

En la figura 4, se puede apreciar dos escenarios de multiplexación uno a nivel de unidad tributaria (TU) y uno a nivel de la unidad administrativa (AU). A nivel de TU se adapta contenedores virtuales de bajo orden (VC-11, VC-12 y VC-2) y a nivel de AU se forman VC de alto orden (VC-3 y VC-4).

El proceso de mapping (mapeado): permite que señales plesiócronicas (E1, E4, T1, etc) se adapten a la velocidad binaria de los contenedores mediante un relleno de bits o bytes.

El proceso de alineación de ajuste: permite que los punteros marquen el comienzo de la estructura de datos de un contenedor virtual dentro de una unidad tributaria.

II. TECNOLOGÍAS FASTETHERNET Y GIGABITETHERNET

A. Introducción

ETHERNET es el estándar que más se utiliza en las redes de área local a nivel mundial; sin embargo, cuando se habla de *Ethernet* se hace referencia a un conjunto de tecnologías LAN, MAN y WAN. Ver figura 5.

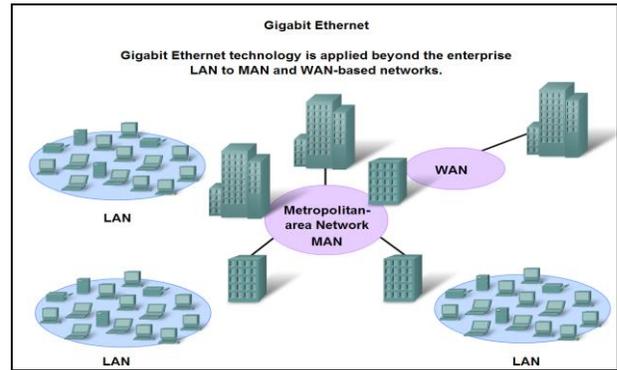


Fig. 5 Coberturas de la tecnología Ethernet

Ethernet e IEEE 802.3: Especificaciones para redes LAN que operan a 10 Mbps utilizando como medio de transmisión fibra óptica, cable coaxial o par trenzado no apantallado de cobre (UTP).

100Mbps Ethernet (FastEthernet-IEEE 802.3u): Especificaciones para redes LAN que operan a 100 Mbps utilizando como medio de transmisión fibra óptica y UTP.

1.000 Mbps Ethernet (GigabitEthernet-IEEE 802.3z e IEEE 802.3ab): Especificaciones para redes LAN y MAN que operan a 1 Gbps utilizando como medio de transmisión fibra óptica y UTP.

10.000 Mbps Ethernet (10GigabitEthernet- IEEE 802.ae): Especificaciones MAN y WAN que opera a 10 Gbps utilizando como medio de transmisión fibra óptica.

B. Fastethernet

El objetivo de la tecnología *Ethernet* rápida, es incrementar la velocidad de 10 Mbps a 100 Mbps conservando los sistemas de cableado estructurado, el método MAC y formatos de trama. El estándar IEEE 802.u se conoce como 100BASE-T, que en la práctica cuenta con dos estándares de acuerdo al tipo de medio de transmisión: 100BASE-X para cables STP, UTP categoría 5E o superior, o fibra óptica y 100BASE-T4 para cables UTP categoría 3.

100BASE-X: El estándar 100BASE-X fue originalmente definido por FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*, Interfaz de Distribución de Datos por Fibra Óptica), el estándar incluye dos distinciones en función del medio de transmisión, una para fibra óptica conocida como 100BASE-FX y otra para par

trenzado llamada como 100BASE-TX.

100BASE-TX: Se utiliza 2 pares de cable de par trenzado, uno para transmisión y otro para recepción. El tiempo de bit es de 10nseg y se puede utilizar cable STP o UTP categoría 5E o superior. Para la codificación de datos se utiliza el código de línea MLT-3.

100BASE-FX: Se utiliza dos fibras ópticas multimodo, una para transmitir y otra para recibir, para la transformación de señales eléctricas a ópticas (modulación de intensidad) se emplea el código 4B/5B-NRZI. El 1 lógico se representa por un pulso o un haz de luz y el 0 lógico se representa por ausencia de pulso de luz o por uno de muy baja intensidad.

C. GIGABITETHERNET

La tecnología *GigabitEthernet*, permite manejar velocidades de transmisión de 1 Gbps con un tiempo de bit de 1nseg por lo que se utiliza en *backbones* LAN y para interconectar servidores a la Red. La familia *GigabitEthernet* se define en dos estándares: IEEE 802.3z: 1000BASE-LX, 1000BASE-SX, 1000BASE-CX e IEEE802.3ab: 1000BASE-T.

IEEE802.3ab: Este estándar es también conocido como 1000BASE-T, la velocidad de transmisión es de 1Gbps, y utiliza como medio de transmisión cable UTP CAT 5 ó 5E de 4 pares de cobre (cada par se utiliza para transmitir y recibir los datos).

El alcance se mantiene igual que 100BASE-TX, de 100m entre el concentrador y las estaciones, y de 200m entre computadores. En la tabla 2 se establece las diferencias, alcances y el tipo de fibra óptica que utilizan las tecnologías mencionadas.

Medio de transmisión	1000BASE-CX	1000BASE-SX (850nm)	1000BASE-LX (1300nm)	1000BASE-T	Alcance
Cobre UTPCAT 5 ó UTPCAT 5E	No soporta	No soporta	No soporta	Soporta	100m
Cobre STP (150Ω)	Soporta	No soporta	No soporta	No soporta	25m
Fibra óptica multimodo 62.5/125μm	N/D	Soporta	Soporta	No soporta	220m (SX) y 440m (LX)
Fibra óptica multimodo 50/125μm	N/D	Soporta	Soporta	No soporta	550m para SX y LX
Fibra óptica monomodo 10/125μm	N/D	No soporta	Soporta	No soporta	5000m (LX)
Tipo de conector	RJ-45	SFP ¹ ó SC/PC	SFP ó SC/PC	RJ-45	

Tab. 2 Configuración de las tecnologías IEEE802.3z e IEEE802.3ab

III. FIBRA ÓPTICA

Uno de los avances más significativos que ha revolucionado los sistemas de telecomunicaciones, es la fibra óptica, se emplea por su gran ancho de banda y alcance, así como su casi total inmunidad al ruido, a la interferencia electromagnética y su atenuación muy baja.

La fibra óptica se usó inicialmente en las plataformas principales de las redes de Telecomunicaciones, hoy en día se está instalando rápidamente en los *backbones*, redes de telefonía, de televisión, redes WAN y ya está llegando al abonado.

Las ventanas del espectro de comunicaciones por fibra óptica están en: 850 nm, 1310 nm, 1470 nm, 1550 nm y 1625 nm.

La fibra óptica está constituida de tres secciones concéntricas: el núcleo, el revestimiento y el recubrimiento.

Núcleo (Core): Es la sección que lleva la luz en la fibra óptica.

Revestimiento (Cladding): Cubre al núcleo y permite que los haces de luz se mantengan dentro del mismo. El índice de refracción del núcleo es mayor al del revestimiento, posibilitando que la luz quede atrapada dentro del núcleo.

Recubrimiento (Jacket): Dota de protección al revestimiento, está compuesto de plástico o de una cubierta acrílica, permitiendo así preservar la fibra de la humedad, fricción y otros efectos dañinos. En la figura 6 se esquematiza la estructura de la fibra óptica.

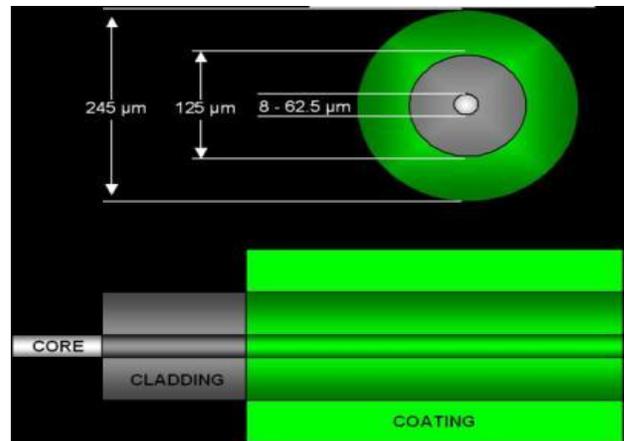


Fig. 6 Estructura de la fibra óptica

A. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica

Dentro de las ventajas que la fibra óptica presenta podemos mencionar: su gran capacidad, permitiendo transmitir información a velocidades en el orden de las decenas de Tbps por un hilo de fibra óptica utilizando DWDM; reducido peso y

diámetro; inmunidad a la EMI (*Electromagnetic Interference*, Interferencia Electromagnética) ó a la RFI (*Radio Frequency Interference*, Interferencia de Radio Frecuencia), por tal razón las empresas eléctricas utilizan la fibra óptica a lo largo de las líneas de alta tensión; facilidad para detectar intrusión; facilidad para expansión de los sistemas de fibra, para ello se cambia la electrónica, pero el cable de fibra óptica utilizado puede ser el mismo; gran alcance, pudiendo cubrir distancias mas allá de los 70 Km, antes que se requiera regenerar la señal óptica,

Dentro de las desventajas de los sistemas de fibra óptica podemos mencionar: la necesidad de realizar procesos de conversión electro-óptica u opto-electrónica que limitan la velocidad; necesidad de una instalación y puesta en servicio adecuados y procesos de reparación que requieren equipos y personal especializado.

B. Formato

FIBRA ÓPTICA MULTIMODO DE ÍNDICE ESCALONADO: Los índices de refracción del núcleo y del revestimiento son diferentes pero constantes. En la figura 7, se puede observar cómo varía el índice de refracción y la forma del pulso de entrada y salida en este tipo de fibra.

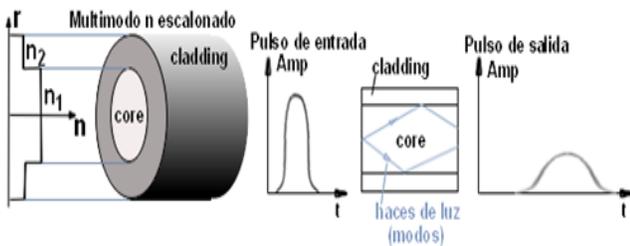


Fig. 7 Índices de refracción y pulsos de entrada y salida en la fibra óptica Multimodo de índice escalonado

FIBRA ÓPTICA MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL: El índice de refracción del núcleo, decrece desde el centro hasta el exterior, mientras que el índice de refracción del revestimiento es constante. En la figura 8, se puede observar cómo varía el índice de refracción y la forma del pulso de entrada y salida en este tipo de fibra.

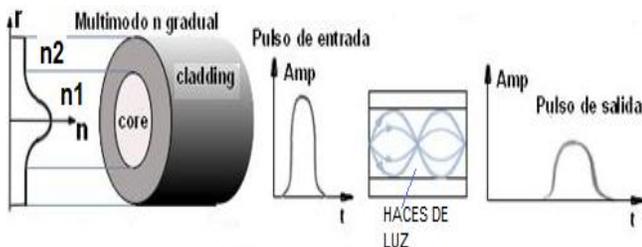


Fig. 8 Índices de refracción y pulsos de entrada y salida en la fibra óptica Multimodo de índice gradual

FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO: Aquella en la que existe un solo camino para los rayos de luz. Para lograr esto, se reduce el diámetro del núcleo de la fibra, con lo cual se elimina el ensanchamiento del pulso debido a la dispersión modal, dando como resultado velocidades de transmisión mucho más grandes sobre distancias más largas. En la figura 9 se aprecia la propagación de la luz en la fibra óptica monomodo.



Fig. 9 Características de transmisión en la fibra óptica monomodo

C. Parámetros de transmisión de la Fibra Óptica

ATENUACIÓN: Es la pérdida de potencia óptica en un enlace de fibra óptica, considera las pérdidas tanto en la fibra como en los empalmes y conectores involucrados en dicho enlace.

DISPERSIÓN: Este fenómeno produce que los pulsos que viajan en la fibra se vayan ensanchando a medida que avanzan por ella. El ensanchamiento de los pulsos puede provocar un solapamiento entre pulsos, pudiendo llegar a hacerse indistinguibles para el equipo receptor. La dispersión es una función de la longitud de la fibra óptica, cuanto mayor sea ésta, más pronunciado será el efecto.

ANCHO DE BANDA: El ancho de banda de una fibra óptica es una medida de su capacidad de transmisión, el cual se encuentra limitado por la dispersión total de la fibra, se expresa generalmente en Mhz*Km. El cálculo del ancho de banda en una fibra óptica monomodo esencialmente está en función de la dispersión cromática de la fibra.

D. Cables de Fibra Óptica

La mayoría de instalaciones se ubican en la intemperie o en lugares con ambientes agresivos, surge la necesidad de añadir elementos que ayuden y que garanticen el mantenimiento de las características ópticas y mecánicas de la fibra.

Para instalaciones aéreas se usan cables del tipo:

CABLE ÓPTICO OPGW: Es un cable de estructura holgada, permite el transporte de 6, 12, 24 ó 48 hilos de fibra dentro de una estructura formada por conductores metálicos y sirve como cable de guarda para la protección de las líneas de transmisión eléctrica contra descargas atmosféricas y corto

circuitos (conexión a tierra). Ver figura 10.

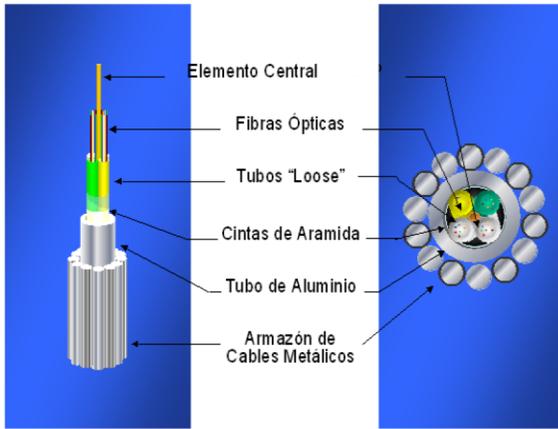


Fig. 10 Estructura del cable óptico OPGW

CABLE ÓPTICO ADSS: Es un cable de estructura holgada, las fibras vienen en varios tubos plásticos cubiertos por una o dos envolturas plásticas. Para que el cable ADSS se auto soporte contiene elementos que refuerzan el cable, como son los hilos de aramida que se encuentran por dentro de la cubierta del cable. Ver figura 11.



Fig. 11 Estructura del cable óptico ADSS

CABLE ÓPTICO EN FIGURA 8: Es un cable de estructura holgada, en el cual se coloca un cable mensajero adosado. El cable mensajero es usualmente de acero que sirve como soporte en las instalaciones aéreas ó puede ser en algunos casos de material dieléctrico, permitiendo aislar la interferencia electromagnética generada por las líneas de alta tensión (138 Kv). Ver figura 12.



Fig. 12 Estructura del cable óptico Figura 8

IV. PROTOCOLOS QUE INTERVIENEN EN LA TRANSFORMACIÓN ETHERNET OVER SDH

El término EoS (*Ethernet over SDH*), se refiere a los protocolos que permiten la adaptación de tramas *Ethernet* en contenedores virtuales SDH, éstos son: GFP (*Generic Framing Procedure*, Procedimiento Genérico de Selección de Tramas), VCAT (*Virtual Concatenation*, Concatenación Virtual) y LCAS (*Link Capacity Adjustment Scheme*, Esquema de Ajuste de Capacidad del Enlace)

A. GFP (Procedimiento Genérico de Selección De Tramas)

GFP, es un protocolo de capa 2 (enlace) del modelo OSI (*Open System Interconnection*, Interconexión de Sistemas Abiertos), que permite adaptar el tráfico de varias tecnologías (*FastEthernet*, ESCON, MPLS, FC, etc.) sobre la jerarquía SDH. De acuerdo al tipo de servicio transportado se tiene 2 clasificaciones del protocolo GFP: El GFP-T (*Generic Framing Procedure-Transparent*, Procedimiento Genérico Transparente de Selección de Tramas) y el GFP-F (*Generic Framing Procedure-Frame*, Procedimiento Genérico de Selección de Tramas con Correspondencia de Trama). En la tabla 3, se realiza la descripción y aplicación de los mismos.

TIPO	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
GFP-F	El servicio es mapeado trama por trama a la trama GFP. Encabezados mínimos Longitud de trama GFP variable	(Optimizado para protocolos de la capa 2 del modelo OSI) <i>FastEthernet</i> , <i>Gigabit Ethernet</i> , IP, MPLS, PPP, etc.
GFP-T	El servicio es mapeado byte por byte a la trama GFP Optimiza el retraso de transferencia Longitud de trama GFP constante	(Optimizado para protocolos de la capa 1 del modelo OSI) <i>Fiber Channel</i> , <i>FICON</i> , <i>ESCON</i> , <i>Ethernet</i> , etc.

Tab.3 Servicios transportados en GFP-F y GFP-T

B. Concatenación

La concatenación es el proceso de agrupar varios contenedores virtuales (VC-i) dentro de un contenedor de mayor capacidad de datos ($\Sigma VC-i$).

Este agrupamiento se puede utilizar para transportar contenedores virtuales de bajo orden (VC-11, VC-12 y VC-2) dentro de contenedores virtuales de alto orden (VC3 ó VC4).

En la figura 13, se muestra un ejemplo de los dos tipos de concatenación, para la concatenación contigua 4 VC-4s (622 Mbps) son agrupados, éstos se transmiten en conjunto a través de la red SDH, siguiendo un solo camino (*path*), mientras que para la concatenación virtual se agrupan 3VC-4s (465 Mbps),

los cuales se transmiten individualmente siguiendo varios caminos (*paths*), para luego agruparse nuevamente en el lado del receptor.

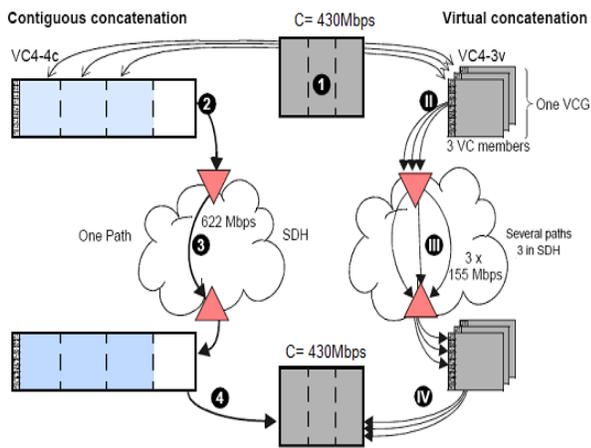


Fig. 13 Concatenación Contigua y Concatenación Virtual

C. LCAS (Esquema de Ajuste de Capacidad de Enlace)

El esquema de ajuste de la capacidad del enlace, estandarizada por la ITU-T G.7042, fue diseñado para modificar la capacidad de transporte de un servicio que viaja a través de la red SDH, utilizando la concatenación virtual. LCAS puede, durante la transmisión de los datos, añadir y remover miembros del VCG provisionando así a la red SDH una mayor o menor capacidad de datos sin que afecte el transporte de los mismos.

V. RED DE TELECOMUNICACIONES DE TRANSELECTRIC S.A.

Para la interconexión de las diferentes ciudades del país, se utilizan multiplexores *Siemens*, de diferente modelo: el HiT7070DC, HiT7030, HiT7020 y SMA16. La administración y monitoreo de estos equipos se realiza mediante el programa propietario de *Siemens* TNMS (*Telecommunication Network Management System*). Ver figura 14.

Las Telecomunicaciones en TRANSELECTRIC S.A., constituyen el pilar fundamental en donde se soportan la transferencia de datos y voz del SNT, desde hace 25 años se está operando y manteniendo un Sistema de Telecomunicaciones utilizando la tecnología PLC, esta tecnología permite interconectar las diferentes subestaciones a nivel nacional.

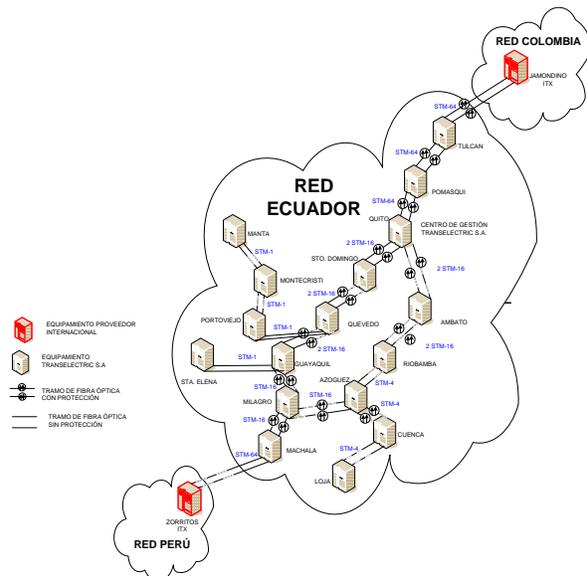


Fig. 14 Capacidades de la red de F.O de TRANSELECTRIC S.A.

La información de las subestaciones es entregada al CENACE (Centro Nacional de Control de Energía) y al COT (Centro de Operación de Transelectric S.A), esta información constituye la base para la operación y administración del SNT.

Las actuales necesidades de comunicación y los requerimientos de alta disponibilidad, demandan la utilización de nuevas tecnologías en la transmisión de la información, es por esto que TRANSELECTRIC S.A., se ha visto en la necesidad de implementar fibra óptica como parte de su red de Telecomunicaciones.

EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS NODOS DE LA RED SDH

MULTIPLEXOR HIT7070: Es un multiplexor ADM (*Add Droop Multiplexer*) que permite manejar las diferentes tecnologías de la nueva generación de la jerarquía SDH (Ethernet, SAN, ATM, WDM, etc., también se puede interconectar redes PDH para dar servicios de *clearchannel* (enlace digital dedicado). Ver figura 15.

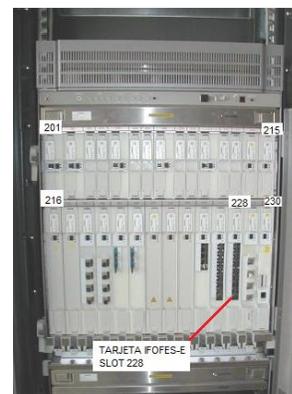


Fig. 15 Multiplexor HiT7070

MULTIPLEXOR HIT7030:

El multiplexor HiT7030, es un ADM (*Add Droop Multiplexer*) que permite el acceso al *backbone* de la red SDH

conformada por los HiT7070DC. En la figura 16, se observa los diferentes interfaces que maneja el equipo, por ejemplo se tiene en total 8 puertos RJ-45 (*puertos FastEthernet, 100BASE-T*).



Fig. 16 Vista frontal del multiplexor HiT7030

MULTIPLEXOR HIT7020: El HiT7020 es un TM (*Terminal Multiplexer, Multiplexor Terminal*), que permite el acceso a la red SDH y PDH de la compañía. En la figura 17, se muestra los diferentes interfaces que maneja el equipo, por ejemplo se tienen 4 puertos RJ-45 (*puertos FastEthernet, 100BASE-T*).



FIG. 17 Interfaces del multiplexor HiT7020

MULTIPLEXOR SMA 16: Es un multiplexor ADM, que permite básicamente transformar la información que llega al nodo, al formato utilizado por SDH, en cada nodo de la red de transporte. En la figura 18, se visualiza 3 tarjetas de línea SDH con conectores FC/PC del multiplexor SMA-16.



Fig. 18 Interfaces del multiplexor SMA 16

A. TRANSNEXA S.A.

TRANSNEXA S.A., opera en forma exclusiva la red de fibra óptica tendida entre Ecuador y Colombia facilitando la

conectividad de los ISP's (*Internet Service Provider, Proveedores de Servicio de Internet*) con los E.E.U.U., a través de la red de cable submarino ARCOS-I y MAYA-I. ARCOS-I, comprende un anillo de fibra óptica de longitud 8.600 Km, consiste de dos segmentos de cable uno retransmisible y otro no retransmisible usando las tecnologías de punta DWDM (48 longitudes de onda) y la jerarquía SDH.

B. Servicios

CLEAR CHANNEL: Es un servicio que conecta dos sitios mediante un enlace digital dedicado, que asegura la disponibilidad de un canal exclusivo para enviar y recibir grandes volúmenes de información con una máxima velocidad, al tener garantizado el 100% de la capacidad de transporte contratado. Debido a sus características es ideal cuando se necesita realizar transmisiones en tiempo real, sin demoras.

VALOR AGREGADO: El servicio base en la compañía es el Internet; como portador, utilizando la misma red SDH, se brinda servicios de valor agregado, por ejemplo se tiene el servicio de entrega de datos seleccionados al CENACE. También se brinda el servicio de telefonía fija para todas las instalaciones de Transelectric S.A.

COLLOCATION: El servicio brinda, facilidades físicas de espacio, energía y ambiente controlado, para la instalación de equipos en los puntos de presencia de la compañía.

C. Servicios al MEM (Mercado Eléctrico Mayorista)

La compañía para brindar este servicio, establece canales de comunicación con el objetivo de hacer transmisión de datos, voz y video para el sector eléctrico, el cual se beneficia de este servicio ya que utiliza sistemas de comunicaciones SCADA, Datos de Contadores, Registradores de Falla y Relés Inteligentes, Voz Dedicada, Voz Conmutada, Servicios de Respaldo, Videoconferencia e Internet, todo esto complementa los servicios de valor agregado.

VI. PROGRAMAS UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS DE CANALIZACIÓN

A. TNMS Client

El sistema de administración TNMS (*Telecommunication Networks Management Systems*) Client) permite realizar un control y monitoreo de toda la red óptica SDH, como también crear *Cross Connects*. Ver figura 19. La administración incluye sistemas DWDM, IP, ESCON, etc. Además se caracteriza por tener un entorno amigable con el usuario, permite saber: la topología de la red, potencias de transmisión, potencias de recepción, capacidades de los servicios ofrecidos, tipos de tarjetas (SDH, *FastEthernet*, etc.), alarmas asociadas a la trayectoria (*path*), de los diferentes multiplexores conectados entre sí en la red SDH.

El protocolo que utiliza el programa TNMS Client para enrutar el tráfico entre los diferentes multiplexores de la red SDH es el IS-IS (*Integrated System to Integrated System*) que pertenece a la capa 3 del modelo OSI, el encaminamiento del tráfico lo realiza mediante las direcciones NSAP (*Network Service Access Point*), estas direcciones se deben configurar en cada uno de los multiplexores mediante el programa, esta dirección permite identificar a cada nodo en la red SDH por áreas.

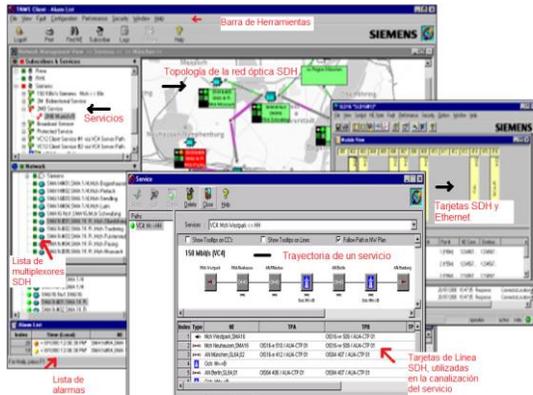


Fig. 19 Panorama del programa TNMS Client

B. PTRG TRAFFIC GENERATOR

El PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*) es un programa diseñado para monitorear la velocidad de transmisión de entrada y salida, de uno o varios servicios transportados en el canal de transmisión en tiempo real. El usuario en teoría obtiene datos exactos del flujo de datos en la red y sobre las tendencias de su uso, los resultados se presentan en forma individual y gráfica para una fácil comprensión. Ver figura 20.

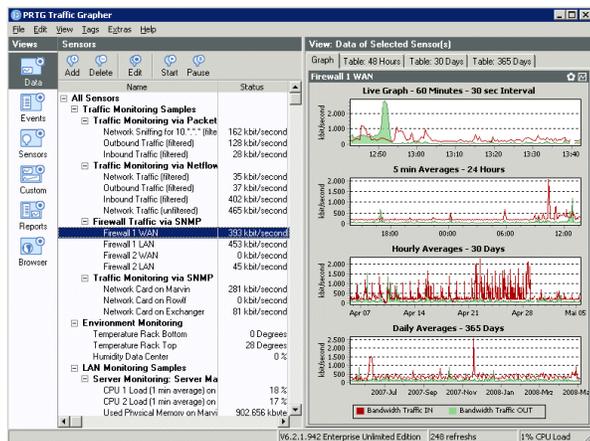


Fig. 20 Uso del PRTG para monitorear diferentes capacidades de varias redes de comunicación.

C. TFGen (Traffic Generator)

TFGen es un programa que permite generar tráfico en una red. Se debe instalar el ejecutable (.exe) del programa en una computadora, configurar la dirección IP (*Internet Protocol*) hacia donde se desea realizar la transmisión y elegir la

capacidad para generar tráfico (Kbps). En la figura 21 se aprecia un ejemplo de configuración del programa TFGen, se asigna la dirección IP (192.168.0.1) de destino y la velocidad de transmisión (3000 Kbps) que va hacia un computador remoto.



Fig.21 Utilización del programa TFGEN, IP de destino (192.168.0.1) y velocidad de transmisión 3000 Kbps

VII. PROTOTIPO PARA CANALIZAR UN SERVICIO A NIVEL FASTETHERNET

Para el efecto se deben realizar los siguientes pasos:

1. Definir el tipo de multiplexación, es decir cuántos y cuáles contenedores virtuales de bajo o alto orden se van a insertar en el canal de comunicación de datos. Ver figura 22.

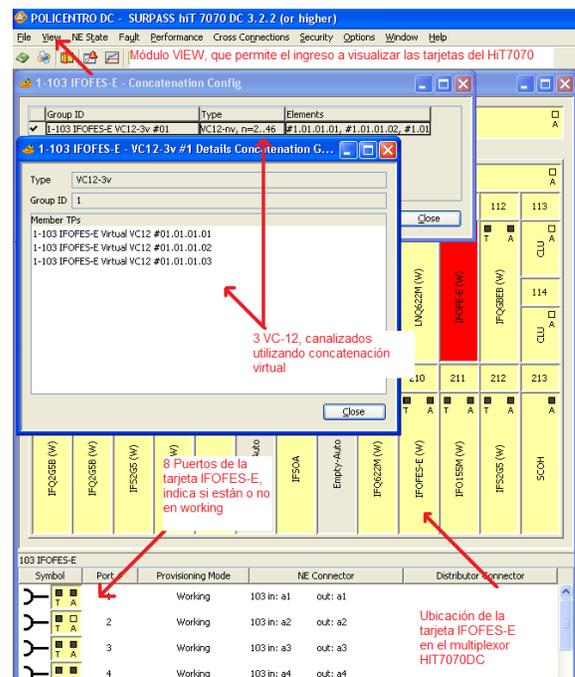


Fig. 22 Identificación y asignación de los 3 VC-12 dentro de un VC-4 en el TNMS.

2. Definir la capacidad del canal, es decir la forma de agrupar los contenedores virtuales de bajo o alto orden en la tarjeta *FastEthernet*, la agrupación puede ser contigua o virtual (a la unión de contenedores virtuales se denominan grupo virtual).

3. Asociar el grupo virtual al puerto o a los puertos de la tarjeta *FastEthernet*. El protocolo que permite esta asociación es el GFP, cada puerto de la tarjeta *FastEthernet* está unido a un

grupo GFP, aquí se debe escoger el puerto y el grupo GFP al que se va a destinar el servicio. La distribución se debe realizar en ambos multiplexores, de inicio y fin de la trayectoria.

4. Realizar la conexión cruzada (DXC), entre la parte SDH de la tarjeta *FastEthernet*, y las tarjetas de línea SDH de las diferentes secciones de trayectoria (*path*).

5. Realizar la Verificación y Activación del servicio canalizado. La verificación del camino *path*, se refiere al chequeo de las diferentes conexiones cruzadas entre los diferentes multiplexores de la trayectoria y la activación se refiere a poner en ejecución en el canal de transmisión de datos, el servicio canalizado.

VIII. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A NIVEL *FASTETHERNET* Y *GIGABITETHERNET*

Utilizando el prototipo a nivel *FastEthernet*, se asignó la capacidad del servicio en la tarjeta *FastEthernet* IFOFES-E y se estableció la trayectoria (*path*) entre los multiplexores ubicados entre las ciudades de Quito y Guayaquil. La capacidad del servicio canalizado fue de 3 VC-12s (6.72 Mbps),

Como se puede observar en la tabla 4, luego de los 90 minutos de prueba, se obtiene una velocidad máxima de transmisión de 6.530,050 Kbps, esta velocidad es la más próxima al valor teórico canalizado (6.760,000 Kbps), es decir un error de medición del programa PRTG del 3%. Además se puede observar que la velocidad de entrada y salida no son iguales, es decir la transmisión de datos es asimétrica. El *ping* extendido de 1500 *bytes* realizado al *host* de Guayaquil, a más de comprobar la conectividad con el sitio remoto (Guayaquil), se puede observar que no existe pérdida de paquetes durante los 90 minutos de prueba.

Tiempo de medida (minutos)	Tráfico Generado (Kbps)	C Kbps	Velocidad de entrada (Kbps)	Velocidad de salida (Kbps)
5	6.000	6.720	28,801	0,914
10	6.000	6.720	607,063	342,522
15	6.000	6.720	2.116,895	2.079,569
20	6.000	6.720	2.295,501	2.515,588
25	6.000	6.720	3.827,124	4.041,898
30	6.000	6.720	3.758,749	4.032,181
65	10.000	6.720	5.328,551	4.989,437

70	10.000	6.720	5.430,738	5.180,081
75	10.000	6.720	5.902,245	5.625,419
80	10.000	6.720	6.463,852	6.244,090
85	10.000	6.720	6.462,837	6.253,041
90	10.000	6.720	6.466,676	6.530,050

Tab.4 Resultados de las pruebas a nivel *FastEthernet*

Utilizando el prototipo para realizar las pruebas a nivel *GigabitEthernet*, se asignó la capacidad del servicio en la tarjeta *GigabitEthernet* IFQGBEB y se estableció la trayectoria (*path*) en los multiplexores ubicados en las ciudades de Quito y Guayaquil. La capacidad del servicio canalizado fue de 2VC-4s (300.672 Mbps)

Como se puede observar en la tabla 4, luego de los 75 minutos de prueba, se obtiene una velocidad máxima de transmisión de 295.964 Mbps, esta velocidad es la más próxima al valor teórico canalizado (300.672 Mbps), es decir un error de medición del programa PRTG del 1.56%. Además se puede observar que la velocidad de entrada y salida no son iguales, es decir la transmisión de datos es asimétrica.

Tiempo de medida (minutos)	Tráfico Generado (Mbps)	Capacidad de transmisión (Mbps)	Velocidad de entrada (Mbps)	Velocidad de salida (Mbps)
5	200	300.672	0.458	23.743
10	200	300.672	1.260	65.384
15	200	300.672	1.257	65.247
20	200	300.672	4.841	70.597
25	200	300.672	132.385	133.050
30	200	300.672	133.593	133.560
35	1000	300.672	159.072	162.826
40	1000	300.672	237.235	194.383
45	1000	300.672	243.344	245.353
50	1000	300.672	259.177	199.759
55	1000	300.672	259.964	200.829
60	1000	300.672	258.252	254.618
65	1000	300.672	259.103	198.953

Tab.5 Resultados de las pruebas a nivel *GigabitEthernet*

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La jerarquía SDH permite de una manera rápida y fácil cumplir con los requerimientos de las redes que manejan altas capacidades y variados tipos de tráfico, mediante la utilización de fibra óptica monomodo, es el caso del portador Transelectric S.A., en donde se brindan servicios de: *Clear Channel*, *Collocation* y Valor Agregado. Su limitación es el costo de implementación y puesta en funcionamiento de la red SDH.

Si bien *ETHERNET* es el estándar que más se utiliza en las redes de área local a nivel mundial, cuando se habla de Ethernet se hace referencia a un conjunto de tecnologías LAN, MAN y WAN. Por ejemplo para la tecnología *GigabitEthernet* que normalmente se utiliza en *backbones* LANs y MANs se tiene 4 alternativas: 1000Base-LX, 1000Base-SX, 1000Base-T y 1000Base-CX.

Debido a las grandes distancias entre las subestaciones del SNT y a la necesidad de transmisión de datos en tiempo real, desde las diferentes subestaciones al Centro de Operaciones de Transelectric S.A. y al CENACE, se emplea como medio de transmisión la fibra óptica con cable OPGW, éste a mas de permitir el transporte de 48 hilos de fibra, brinda protección de las líneas de transmisión eléctrica contra descargas atmosféricas y corto circuitos.

La Nueva Generación de SDH (N-SDH), permite a las Operadoras de Telecomunicaciones introducir nuevas tecnologías utilizando sus redes SDH tradicionales. Por ejemplo se puede brindar servicios de Internet a niveles *FastEthernet* ó *GigabitEthernet*, permitiendo interconectar redes LANs directamente a la red SDH tradicional, mediante *Routers* ó *Switches* que soporten estas capacidades de transporte.

El Hit7070DC, es un mutiplexor ADM (*Add&Drop Multiplexer*) de la nueva generación SDH, se utiliza en *backbones* con altas capacidades de transmisión (4 STM-1 y 16 STM-1), además este ADM puede brindar servicios que manejen diferentes tecnologías, por ejemplo se tiene: PDH (64 Kbps, 2 Mbps, 34 Mbps y 140 Mbps), SDH (VC-12, VC-3 y VC-4) y *Ethernet* .

Se recomienda que los ISPs (*Internet Service Providers*, Proveedores de Servicios de Internet), en sus equipos de frontera (multiplexores, *routers o switches*) posean la capacidad de manejar variedad de tecnologías a altas capacidades de transmisión, para así facilitar la interconexión con los portadores de Telecomunicaciones.

Se recomienda que la manipulación de la fibra óptica y los equipos que posean conectores ó adaptadores de fibra, sea cuidadosa, pues la emisión de rayos láseres puede causar daños a la salud humana.

X. REFERENCIAS

Chacha Guevara Julio, “*Estudio de la Tecnología Ethernet Sobre SDH (Synchronous Digital Hierarchy) y Pruebas de Canalización utilizando Multiplexores Hi7070, para el Trayecto Quito-Guayaquil de la Red de Transelectric S.A.*”, Quito Marzo 2009.

TT2500EU04TT_002, *SDH Basics, Principles and Characteristics of the SDH*, Siemens AG, 2001.

MARCONI, *Introduction to the Synchronous Digital Hierarchy, SDH Basics, AN00091831, Edition e*, 03.2004.

UDAYA, Wasantha, *Overseas Optical Network Technical Support Department, Huawei Technologies Co., ltd.*, Shenzhen-China.2000.

WAYNE D. Grover, *Mesh-Based Survivable Networks: Options and Strategies for Optical, MPLS, SONET, and ATM, Automatic Protection Switching (APS)*, Pág: 121, August 26, 2003.

Programa de la Academia de *Networking* de Cisco, CCNA 1: Conceptos Básicos sobre *networking* v3.1, Módulo 6: Correspondencia entre las tecnologías *Ethernet* y el modelo OSI.

XI. BIOGRAFÍAS

Chacha Guevara. Julio. Nació en la ciudad de Riobamba, el 05 de Julio de 1985. Se graduó en el Colegio San Felipe Neri, obtuvo el título de Bachiller en la especialidad en Físico Matemático en el año 2003. Se graduó de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en el año 2010. Trabajó como ingeniero Junior del Centro de Gestión de TVCable. Hoy se desempeña como ingeniero de primer nivel del Centro de Gestión de Telecomunicaciones de Transelectric.

Jiménez Jiménez María Soledad, Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, 1988 de la Escuela Politécnica Nacional; Master of Science in Electrical Engineering, University of Texas at Arlington – USA en 1994, Se desempeña como profesora del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información de la EPN. Área de interés: Comunicaciones Ópticas.