

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA RED SDH MULTISERVICIOS

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

EDUARDO MARTIN BOBADILLA MILLER

**PROMOCIÓN
2002 - I**

**LIMA – PERÚ
2010**

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA RED SDH MULTISERVICIOS

DEDICATORIA

A mis padres: Justo Bobadilla Ramírez y Rina Miller de Bobadilla, por enseñarme a ser perseverante, por su gran corazón y capacidad de entrega, pero sobre todo, por enseñarme a ser responsable, gracias a ustedes he llegado a esta meta.

SUMARIO

El presente informe de suficiencia describe los problemas a los que se enfrentaron los ingenieros de Telmex Perú cuando tuvieron que operar y mantener la red SDH que fue heredada de la empresa AT&T Perú luego de una masiva reducción de costos.

AT&T Perú, finalizó sus operaciones en el año 2004 cuando toda la corporación AT&T Latin América, fue comprada por Telmex Internacional. Previamente a ser comprada, AT&T redujo sus costos para verse mas atractiva a los posibles compradores, esta reducción de costos trajo como consecuencia la reducción de personal y también la reducción de los costos operacionales de todas las redes. Debido a estas políticas por parte de AT&T, la red SDH fue expuesta completamente, pues se redujo al personal con experiencia que la operaba y mantenía y se quedó sin mantenimientos preventivos.

Cuando Telmex inició sus operaciones en Perú tomando posesión de todos los bienes de AT&T Perú, encontró una red SDH que aún no experimentaba los problemas de tener una red sin un plan de mantenimiento y personal capacitado que la opere, por lo que continuó con el mismo esquema de trabajos de AT&T Perú por un buen tiempo hasta que finalmente la red empezó a mostrarse inestable (se presentaron muchas averías y fallas debido a la falta de mantenimiento y mala operación)

Para solucionar los diferentes problemas que reportaba la red se tuvo que armar un plan de trabajo para recuperarla, mantenerla y ordenarla no solo físicamente si no también lógicamente. Este informe intenta resumir las actividades y medidas que se tomaron para recuperar una red que había sido abandonada.

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	
DESCRIPCIÓN BREVE DE LA TECNOLOGÍA SDH	
1.1. ¿Que es SDH?	2
1.2. Origen y antecedentes de las redes SDH	2
1.3. Multiplexación Digital	3
1.4. Módulo de Transporte Síncrono (STMN)	3
1.5. La trama STM1	5
1.5.1. El encabezado de sección (SOH - Section Overhead)	6
1.5.2. El área de carga útil	7
1.6. Elementos de red básicos en SDH	8
1.6.1. Regeneradores	8
1.6.2. Multiplexores Terminales	8
1.6.3. Multiplexores Add/Drop	8
1.6.4. Crosconectores Digitales	9
1.7. Arquitectura de Red	9
1.7.1. Punto a punto	10
1.7.2. Lineales o Cadena	10
1.7.3. Anillos	11
1.7.4. Algunas otras arquitecturas	11
1.8. Protecciones	11

1.8.1	Protecciones de equipamiento	12
1.8.2	Resistencia de la red	12

CAPITULO II SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED SDH DE TELMEX PERÚ

2.1	Descripción de la red SDH	14
2.1.1	El Backbone o Core	14
2.1.2	Los anillos de acceso	15
2.2	Gestión de la red	20
2.2.1	El Server T2000	20
2.2.2	El Cliente T2000	21

CAPITULO III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1	Problemas asociados al diseño y a la asignación de recursos de la red	22
3.1.1	Protecciones configurados como "No Reversibles"	22
3.1.2	Matriz de tráfico para la asignación de VC4 dentro de los anillos de la red	23
3.1.3	Matriz para la asignación de Time Slots dentro de un VC4	24
3.2	Problemas asociados a la operación de la red	27
3.3	Problemas asociados al mantenimiento de la red	27
3.3.1	Mantenimiento Preventivo	27
3.3.2	Mantenimiento Correctivo	27

CAPITULO IV SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA RED SDH MULTISERVICIOS DE TELMEX

4.1	Solución a los problemas asociados al diseño y a la asignación de recursos	28
4.1.1	Solución a las protecciones configuradas como "No Reversibles"	28
4.1.2	Solución al problema de la Matriz de tráfico para la asignación de VC4 dentro de los anillos de la red	28

4.1.3	Matriz para la asignación de Time Slot dentro de un VC4	31
4.2	Solución a los problemas asociados a la operación de la red	32
4.2.1	Operación de la red desde el punto de vista de los operadores del NOC	33
4.2.2	Operación de la red desde el punto de vista del administrador de red	34
4.3	Solución a los problemas asociados al mantenimiento de la red	35
4.3.1	Mantenimiento de la red desde el punto de vista del Administrador	35
4.3.2	Mantenimiento de la red desde el punto de vista del personal de campo	37
4.4	Resumen de los problemas y soluciones abordadas en este informe	40
4.4.1	Del diseño y asignación de recursos de la red	40
4.4.2	De los procedimientos que deben existir para operar la red	42
4.4.3	Del mantenimiento preventivo de la red	42
CAPITULO V		
ANÁLISIS DE COSTOS		
5.1	Costos de los ingenieros para operar la red desde el NOC	43
5.2	Costos del administrador de red	43
5.3	Costos estimados para ejecutar el mantenimiento preventivo de la red	43
5.4	SLA con el proveedor Huawei	44
5.5	Resumen total de costos	44
CONSLUSIONES		45
ANEXO A: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA RED		46
ANEXO B: CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD Y EL MTTR LA RED		51
ANEXO C: GLOCARIO DE TERMINOS		53
BIBLIOGRAFIA		57

PROLOGO

Uno de los retos más grandes que enfrentan las organizaciones de hoy es el manejo de su información de una manera segura, estable y siempre disponible. Es común que las aplicaciones en las que se utiliza esta información se vuelvan cada vez más robustas, teniendo como entradas y salidas un gran flujo de datos. Esta creciente montaña de información exige grandes recursos de las redes de datos por las cuales viajan, haciéndose muy necesario grandes anchos de banda. De este principio nace el concepto de backbone o red de transporte de información.

En materia de redes de transporte ha habido una constante evolución determinada en gran parte, por una carrera en aumentar el recurso de ancho de banda disponible. Otros aspectos que han liderado este vertiginoso avance han sido el tipo de tecnología, nivel de sincronismo, detección y corrección de errores, estabilidad y direccionamiento de cada una de las soluciones que existen en el mercado. El resultado de este crecimiento es que ahora se dispone de una alta gama de posibilidades a considerar, entre las cuales se encuentran las redes ATM, Gigabit Ethernet y SDH.

El acceso a estas tecnologías estuvo limitado por mucho tiempo a empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones, debido a los altos costos y personal especializado necesario para operarlas. Contratar estos servicios, por su parte, trae grandes costos asociados para las organizaciones, además que se toca el tema tan delicado de la seguridad de la información, al estar ésta manejada por agentes externos y fuera del control de la empresa. Sin embargo, a raíz de este apogeo de las redes de transporte, los precios de los equipos y medios de transmisión, como las fibras ópticas, han caído considerablemente y se han convertido en un tema que ya es posible tratar. Las empresas así ya tienen la posibilidad de equiparse con redes muy estables, con poca logística para su operación y a bajos costos.

CAPITULO I DESCRIPCIÓN BREVE DE LA TECNOLOGÍA SDH

1.1. ¿Qué es SDH?

En principio, SDH (Synchronous Digital Hierarchy - Jerarquía Digital Síncrona) es una tecnología que permite el transporte en capa física de una gran cantidad de tráfico y gestiona su transmisión de forma eficiente.

Un enlace SDH puede ser visto como un canal o tubería, en la cual pueden ser insertados paquetes de tráfico con una información asociada para su correcta entrega en el destino y que además permite conocer el comportamiento de dicho paquete en su recorrido.

El protocolo SDH define todos los elementos necesarios para llevar a cabo el transporte en la primera capa del modelo OSI (Open System Interconnection – Interconexión de Sistemas Abiertos). Entre éstos, estandariza la utilización eficiente de las interfaces ópticas y radioeléctricas, la multiplexación digital, la sincronización, los esquemas de protección y parte de la gestión de red.

Existe otro estándar que es usado en Norteamérica llamado SONET (Synchronous Optical Network - Red Óptica Síncrona), el cual se basa en los mismos principios y es compatible con SDH (que es usado en el resto del mundo) en varios niveles de jerarquía.

1.2. Origen y antecedentes de la red SDH

La jerarquía digital síncrona SDH nace de una iniciativa por mejorar las prestaciones que hasta entonces habían dado las redes PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy - Jerarquía Digital Plesiócrona) con algunas limitantes propias de las redes plesiócrona. La Bellcore propone una normalización a la ANSI (American National Standards Institute - Instituto Nacional Americano de Estándares) para sacar un estándar que reuniera a todos los operadores de fibras ópticas que operaban de forma síncrona. El estándar de la ANSI es conocido como SONET (Synchronous Optical Network – Red Óptica Síncrona), el cual luego es propuesto a la CCITT, ahora UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, sector Telecomunicaciones), que emite la normalización para SDH en el libro azul de 1989. Este estándar agrupa las recomendaciones G.707, G.708 y G.709 para el armado

de tramas, G.781, G.782 y G.783 con la información referente a los multiplexores, G.784 con la gestión y administración de la red, y en G.957 y G.958 la información referente a interfaces.

1.3. Multiplexación Digital

Este concepto se asocia al aprovechamiento que se hace de un canal de comunicaciones en el que se transportan señales digitales. Las señales digitales provienen de señales análogas que son muestreadas y cuantificadas, convirtiéndolas en una sucesión de bits (unos y ceros), o simplemente de flujos de datos originalmente digitales en alguna aplicación. El objetivo de la multiplexación digital es aumentar la frecuencia con que se transmiten los datos por un canal, haciendo que éste pueda ser usado por varios tráficos independientes en intervalos de tiempo diferentes llamados time slots. Dicha repartición del canal puede hacerse en ráfagas de bits de una longitud determinada para cada canal; comúnmente se multiplexa a nivel de bit o a nivel de byte (8 bits).

1.4. Módulo de transporte síncrono (STM-N)

El módulo de transporte síncrono (STM: Synchronous Transport Module) es donde va contenida toda la carga de tributarios y agregados de la red SDH en forma de contenedores. Un contenedor es el elemento básico de carga de la red SDH y está conformado por los bits de información de una señal de tributario, la cual está empaquetada dentro del contenedor. El tamaño del contenedor depende del tamaño de la información que será empaquetada en él, y existe una cantidad discreta de tamaños que corresponden a cada una de las tasas de señales PDH.

Como cada paquete de tráfico está asociado a un origen (que es el emisor del paquete) y un destino (que es el que lo recibe), debe llevar una información asociada a éstos y a la ruta que recorre. Esta información se conoce como la cabecera de ruta (camino) y permite etiquetar el tráfico asociado a un contenedor para trazar su camino a través de la red SDH. El elemento obtenido de empaquetar un contenedor junto con su cabecera de ruta asociada, se conoce como contenedor virtual (VC - Virtual Container). Un contenedor virtual también puede conformarse a partir de grupos de unidades tributarias (TUG – Tributary Unit Groups).

Los contenedores virtuales están organizados de acuerdo a la jerarquía de la señal PDH a la cual están asociados. Un VC12 (Contenedro virtual que transporta a un E1 de capacidad) lleva asociado una señal de 2 Mbps, un VC11 carga una señal de 1,54 Mbps (un DS1), un VC3 una señal de 34 Mbps 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, por ejemplo, un VC4 puede construirse a partir de 63 VC12.

Todos los contenedores virtuales están contenidos dentro del área de carga útil (en inglés payload área) de la señal STM-N. A su vez, la señal básica o fundamental de SDH es el STM-1 (155,52 Mbps). Al concatenar en múltiplos de 4 la señal STM1 se obtienen mayores tasas de transmisión, como lo son STM-4 (622,08 Mbps), STM-16 (2,49 Gbps) y STM-64 (9,95 Gbps). Estos niveles de mayor jerarquía de las señales SDH no llevan ninguna clase de bits de alineación o supertrama como en las señales PDH, por lo que su tasa de transferencia es exactamente 4 veces la tasa de transferencia del nivel inmediatamente inferior, y esto permite que puedan ser definidos una gran cantidad de niveles superiores de manera simple. Existe también otra medida en la jerarquía conocida como sub-STM o STM-0 y corresponde a la tasa de transferencia de un STS-1 (primer nivel de jerarquía en SONET), 51,84 Kbps. Para poder gestionar el comportamiento de los STM en la red SDH, éstos también tienen unos bytes de información asociados a los elementos de red. Estos canales de datos (algunos pueden ser usados como canales de voz también) permiten el control de la transmisión, fallos y alarmas entre dos nodos adyacentes y entre los nodos y un sistema de gestión centralizado.

La estructura de multiplexación SDH define cómo una señal digital de tributario es empaquetada, mapeada y llevada hasta su destino. Inicialmente el tráfico de tributario es empaquetado en un contenedor al cual le es agregado un encabezado de camino para ser convertido en un contenedor virtual (VC); a éste a su vez se le agrega un puntero para marcar su ubicación y esto es conocido como unidad tributaria (Tributary Unit, TU). Las unidades tributarias son multiplexadas en grupos de unidades tributarias (TUG) y éstos a su vez en grupos de unidades administrativas (AUG – Administrative Unit Group) según unas reglas estrictas de multiplexación mostradas en la figura 1.1. De la figura 1.1 observamos que dentro de un VC4 podemos transportar o encapsular 63 VC12 (cada VC12 puede transportar señales de 2,048Mbps equivalente a un E1 e PDH) o 3 VC3 (cada VC3 puede transportar señales de 45Mbps equivalentes a un E3), observamos también que dentro de un VC3 podemos transportar 21 VC12.

Ya que el módulo de transporte es síncrono con una referencia temporal común a todos los nodos de la red, la información puede ser fácilmente multiplexada y demultiplexada en cada uno de los nodos. Además el sincronismo y las cabeceras presentes en la red dan la posibilidad de no tener que desmontar toda una señal SDH para extraer un canal de

tráfico, sino que implementa una función llamada Add-Drop (agregar-extraer) que permite extraer o adicionar hasta un solo canal de 2Mbps sin tocar el resto de la señal.

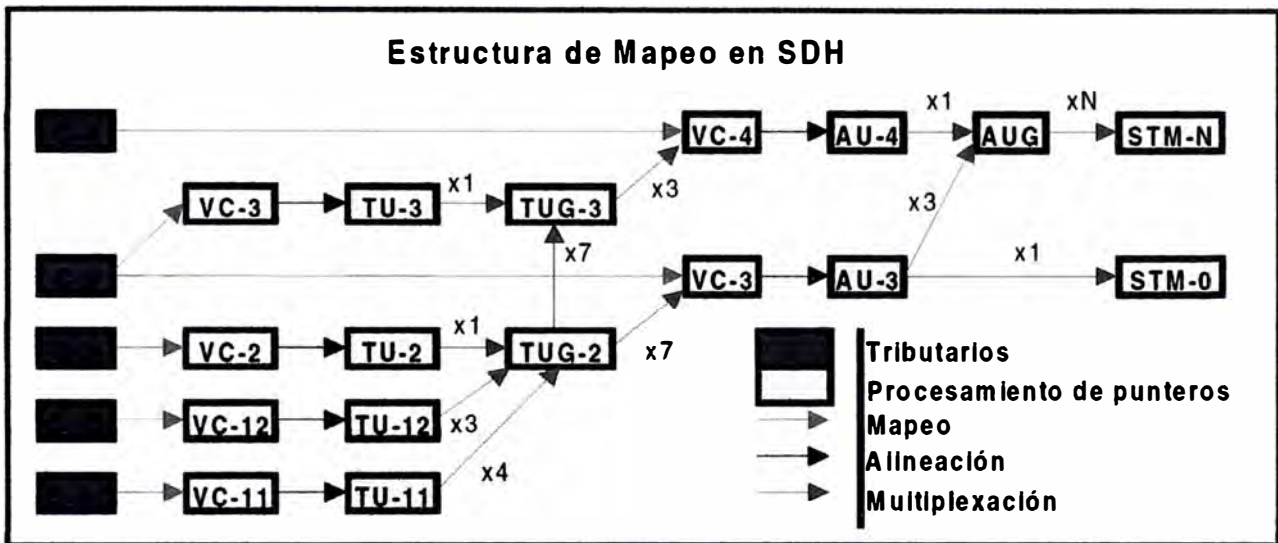


Fig.1.1 Estructura de multiplexación en SDH

1.5. La trama STM-1

La unidad STM-1 constituye el orden de jerarquía básico de SDH. La trama STM-1 se compone de una organización matricial de 270 bytes (columnas) de ancho por 9 bytes (filas) de alto, en total 2430 bytes como se muestra en la figura 1.2. En las primeras 9 columnas de la trama están incluidas la cabecera de sección y los punteros de los VC4. Para ser compatible con el período de muestreo de los canales de voz en PCM, cada trama se transmite cada 125 ms (8000 tramas por segundo), lo cual genera una tasa de transmisión total de 155,52 Mbps. Además al tener el mismo período de transmisión de tramas que PCM cada byte de la trama STM-1 puede ser visto como un canal de 64Kbps. Las velocidades de transmisión de las tramas de mayor jerarquía pueden ser fácilmente calculadas multiplicando la tasa básica STM-1 por múltiplos de 4.

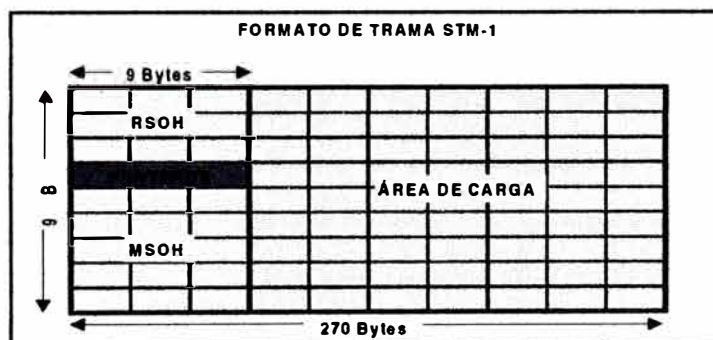


Fig.1.2 Formato de trama STM1

1.5.1. El encabezado de sección (SOH – Section Overhead)

Las primeras 9 columnas de la matriz de bytes de la trama STM-1 constituyen el encabezado o tara de sección. Estos 81 bytes transportan la información de control y gestión que intercambian dos nodos adyacentes dentro de la red SDH. Algunos de los bytes no están completamente definidos y pueden ser usados para aplicaciones propietarias o definidos para uso nacional. Existen también bytes definidos para uso de canales de voz, que son útiles en la operación y mantenimiento de una red SDH. La fila 4 del SOH contiene 9 bytes destinados para los punteros de los VC4 dentro del área de carga. Estos punteros señalan el inicio del VC4 dentro de la carga útil y ofrecen una oportunidad de justificación. Las filas 1 a 3 del SOH se conocen como RSOH y corresponden a aplicaciones entre equipos regeneradores, y las filas 5 a 9 se usan para aplicaciones entre equipos multiplexores terminales, conocido también como MSOH. Estos últimos dos sectores contienen los canales DCC (Data Communication Channel, Canal para comunicación de datos) descritos en el sistema de gestión TMN (Telecommunication Management Network, gestión de redes de telecomunicaciones).

La ubicación de cada uno de los bytes del SOH aparece ilustrada en la figura 1.3. En ella se pueden reconocer algunos bytes no nombrados que son específicamente para uso nacional, aplicaciones especiales y componen también un canal de 2 Mbps usada para la comunicación entre equipos, cuando se usan interfaces eléctricas. La tabla 1.1 describe también el uso y la función de los bytes más importantes dentro del SOH.

ENCABEZADO DE SECCIÓN (SOH)									
A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	UN	UN	RSOH
B1	M	M	E1	M		F1	UN	UN	
D1	M	M	D2	M		D3			
H1	Y	Y	H2	1	1	H3	H3	H3	PUNTEROS
B2	B2	B2	K1			K2			MSOH
D4			D5			D6			
D7			D8			D9			
D10			D11			D12			
S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	UN	UN	

Fig.1.3. Encabezado de sección (SOH)

TABLA N° 1.1 Bytes del encabezado de sección

RSOH	
A1, A2	6 bytes de alineamiento de trama
J0	1 byte que identifica cada STM1 dentro de un STMN
(B1)	1 byte de paridad para detección de errores
E1	1 byte para canal de frecuencia vocal para operación y mantenimiento
F1	1 byte para canal de datos reservado para uso del operador de la red
D1D3	3 bytes para transportar canales DCC(192 Kbps)
M	6 bytes destinados para uso del medio de enlace, especialmente cuando se usa interfaz radioeléctrica
MSOH	
B2	3 bytes de paridad para detección de errores
K1,K2	2 bytes para conmutación automática
D4D12	9 bytes para transportar canales DCC(576 Kbps)
S1	1 byte para el estado de la sincronización
Z1,Z2	4 bytes reservados
M1	1 byte que lleva información sobre el numero de errores
E2	1 byte para canal de frecuencia vocal para operación y mantenimiento
UN	Bytes reservados para uso nacional

1.5.2. El área de carga útil

Está compuesta por un arreglo de 9 por 261 bytes, en los cuales está contenida la información de los tributarios en forma de contenedores virtuales (VC). Estos contenedores son empaquetados según la estructura de multiplicación de la figura 1.1.

Con cada uno de los contenedores van asociados unos bytes de información del camino (cabecera de ruta, POH) que facilitan el manejo y control del flujo de información extremo a extremo que proporciona flexibilidad para la bastión de red. La cantidad de bytes varía de acuerdo al tipo de carga que porta el contenedor virtual. Así que para un VC4, por ejemplo, el número de bytes y su funcionamiento se explica en la tabla 1.2.

TABLA N° 1.2 Bytes asociados al POH de un contenedor VC4

J1	1 byte para traza de ruta. verifica el estado de la conexión sobre el VC4
B3	1 byte para el control de paridad
C2	1 byte que indica la existencia de la carga útil
G1	1 byte que indica la calidad de la transmisión
F2	1 byte para canales de comunicación propietarios
H4	1 byte usado como punteros a la carga
F3	1 byte para canales de comunicación propietarios
K3	1 byte destinado para conmutación automática
N1	1 byte para monitoreo de conexión Tándem

1.6. Elementos de red básicos en SDH

1.6.1. Regeneradores

La tarea de un elemento regenerador es reconstruir las relaciones de potencia y sincronismo de una señal, que han sido distorsionadas por la dispersión asociada al medio. Los Regeneradores por lo general son elementos activos que derivan su señal de sincronismo de la trama de datos entrante.

El tramo de red existente entre dos Regeneradores adyacentes se conoce como Sección de Regenerador y los equipos pertenecientes a una misma de estas secciones se comunican a través de los canales existentes en la RSOH (encabezado de la sección de regeneración). El diagrama simple en bloque de un Regenerador se muestra en la figura 1.4.

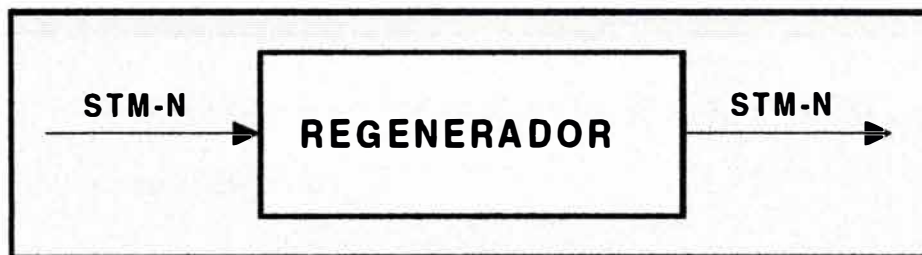


Fig.1.4 Diagrama en bloque de un Regenerador

1.6.2. Multiplexores Terminales

Los Multiplexores Terminales empaquetan y combinan una serie de señales plesiócronas de tributario en una sola señal síncrona de agregado STM-N. Estos equipos se encargan de distribuir eficientemente el ancho de banda disponible en el enlace troncal para acomodar todas las señales que requieren ser transportadas. El diagrama en bloque se muestra en la figura 1.5.



Fig.1.5 Diagrama en bloque de un Multiplexor Terminal

1.6.3. Multiplexores Add/Drop

Estos equipos se basan en la funcionalidad que dan el sincronismo y los punteros presentes en la trama STM, permitiendo ubicar cualquier tráfico dentro de la misma. Los Multiplexores Add/Drop poseen dos enlaces troncales STM que lo incorporan a una especie de anillo en el cual el tráfico puede pasar de largo o simplemente ser extraído o adicionado al agregado STM principal. El diagrama en bloque se muestra en la figura 1.6.

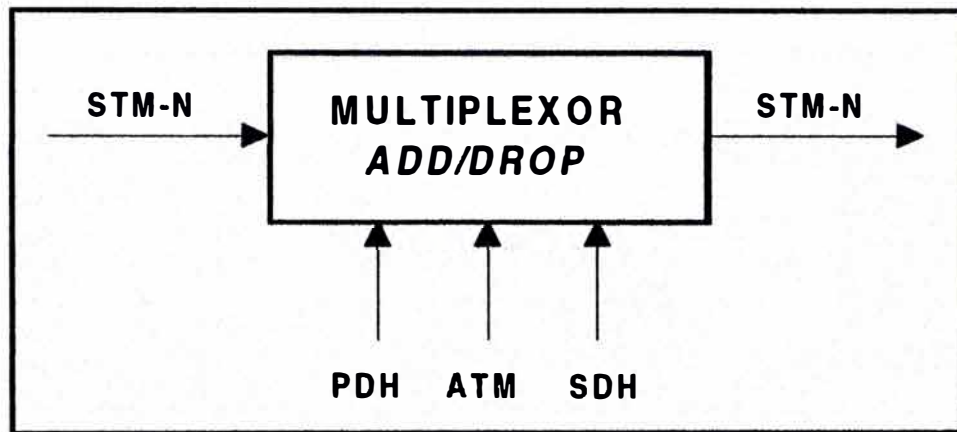


Fig.1.6 Diagrama en bloque de un Multiplexor Add/Drop

1.6.4. Crossconectores Digitales

Tienen la funcionalidad que le da mayor flexibilidad a la red. Estos equipos permiten crear conexiones virtuales entre cualquier tipo de tráfico, a nivel de contenedores y agregados STM. Básicamente están constituidos por una o varias matrices de conmutación estática con una granularidad definida. El diagrama en bloque se muestra en la figura 1.7.

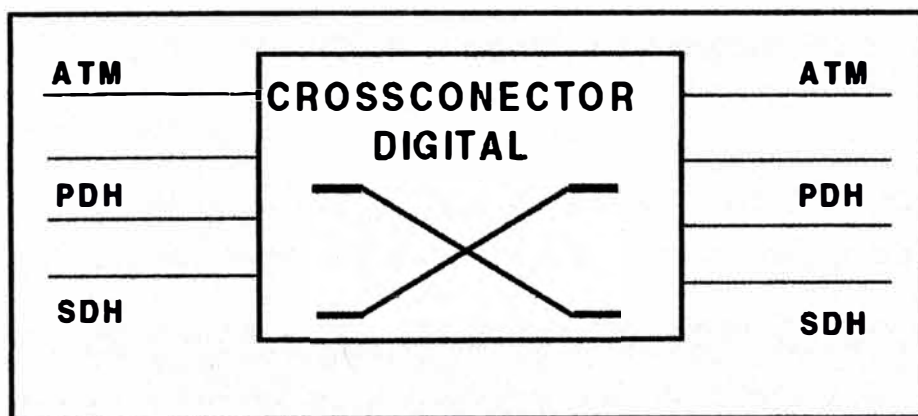


Fig.1.7 Diagrama en bloques de un Crossconector Digital

1.7. Arquitectura de Red

La arquitectura de red se entiende como la organización topológica de los elementos de una red SDH y la interconexión entre los mismos. Es un concepto que lleva asociados los

diferentes tipos de elementos y de enlaces. Algunos de los tipos de arquitectura se listan a continuación:

1.7.1. Punto a punto

Esta se compone de dos multiplexores terminales unidas por uno o dos enlaces (con protección implementada) STM-N. En cada uno de los multiplexores se arma y se desmonta la trama completa. Este tipo de aplicación se ilustra en las figuras 1.8 y 1.9.

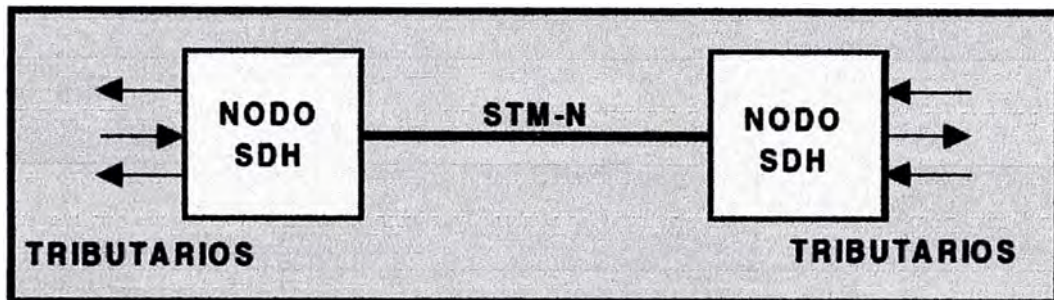


Fig.1.8 Aplicación punto a punto

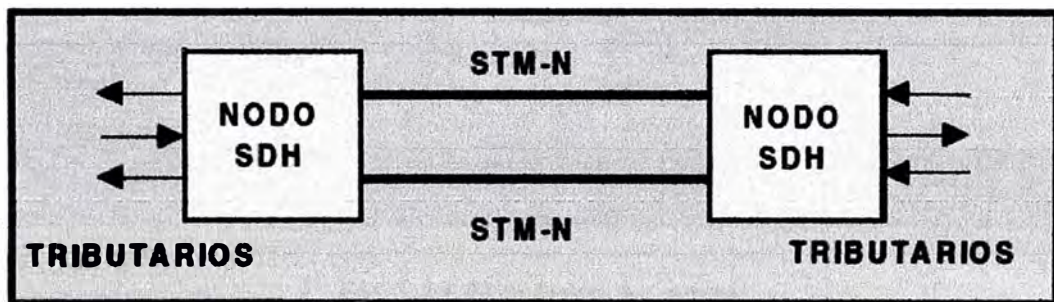


Fig.1.9 Aplicación punto a punto con protección 1+1

1.7.2. Lineales o Cadena

Están compuestas por una sucesión de multiplexores add/drop finalizadas en cada extremo por un multiplexor terminal. Este tipo de aplicación se ilustra en la figura 1.10.

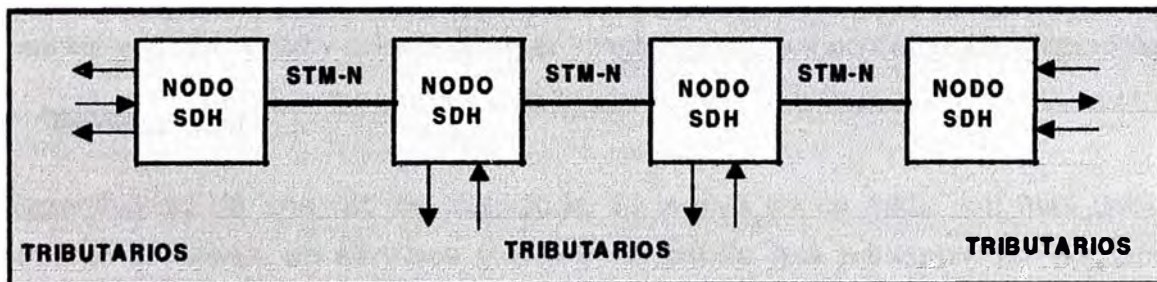


Fig.1.10 Aplicación lineal

1.7.3. Anillos

Estas están compuestas por un conjunto de multiplexores add/drop con dos enlaces STMN unidos entre sí en forma de un anillo físico. Este tipo de aplicación se ilustra en la figura 1.11.

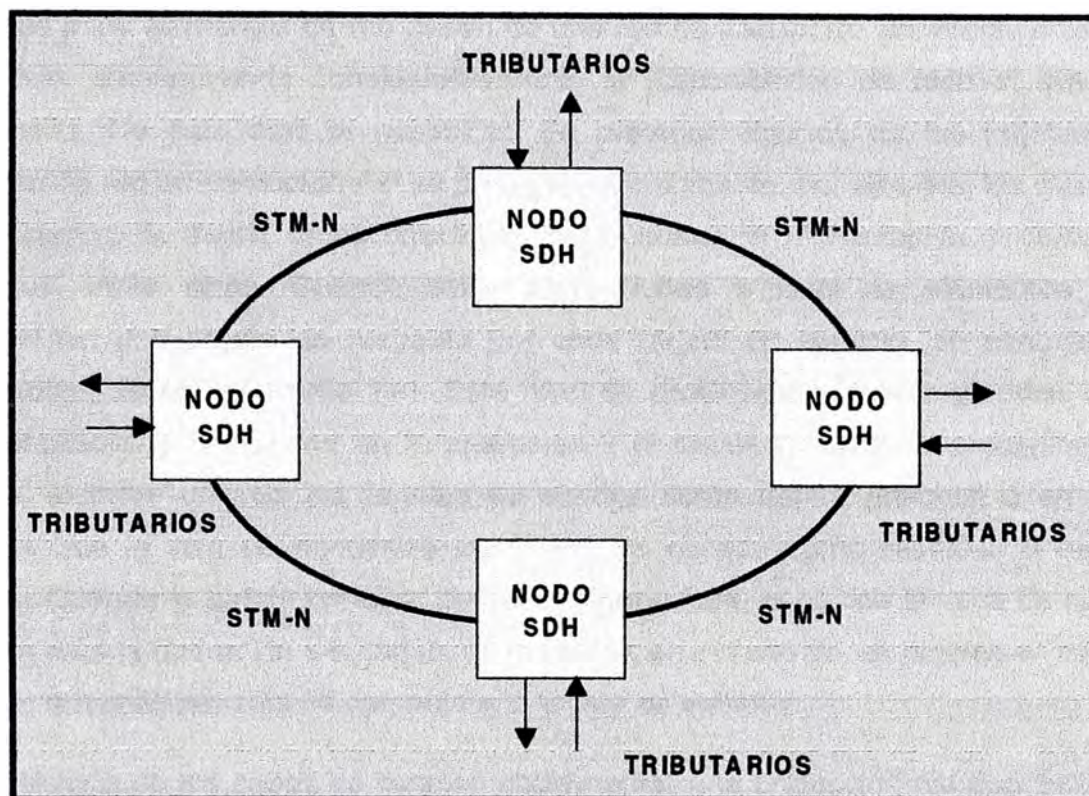


Fig.1.11 Aplicación en anillo

1.7.4. Algunas otras arquitecturas

A partir de las formas básicas listadas en los puntos anteriores es posible realizar un sin fin de combinaciones de ellas, aprovechando las características de cada uno de los equipos en particular y de la red que se desea implementar. Se puede aprovechar lo mejor de cada una de las topologías con el fin de utilizar protecciones y redundancias, en donde la red sea vulnerable y además con el fin de aislar flujos de tráfico que no son necesarios en toda la red y pueden ocupar y malgastar el ancho de banda disponible.

1.8. Protecciones

La disponibilidad de una red de transporte se vuelve crítica cada vez más debido al crecimiento constante en servicios y ancho de banda que presentan las aplicaciones actuales. Por esta razón, se han creado diferentes métodos para proteger a estas redes, y en particular a las redes SDH, de sufrir alguna caída en el servicio. Las redes SDH se

caracterizan por la cantidad de protecciones a varios niveles que permite implementar, siendo algunas solo disponibles para aplicaciones con gran ancho de banda como lo son las redes a nivel STM16 o superior.

1.8.1. Protecciones de equipamiento

Las fallas a los elementos de red hacen de una red de transporte vulnerable a caídas en el servicio, disminuyendo considerablemente la disponibilidad de todo el sistema de transmisión. De esto sale la necesidad de proteger algunas de las tarjetas de un elemento de red en particular. Así se protegen comúnmente, por ejemplo, los módulos de temporización, la matriz crossconectora, los módulos de alimentación y unidades de tributarios, entre otras. Cuando estas protecciones a nivel de elementos de red implementan una tarjeta de respaldo por cada tarjeta en servicio, se conocen como protecciones de equipamiento 1+1. Este nivel de protección presenta grandes ventajas de confiabilidad y flexibilidad en la operación y el mantenimiento. El procedimiento es sencillo, siempre una de las tarjetas se conoce como tarjeta principal o en servicio mientras que la otra se encuentra inactiva y se conoce como respaldo o tarjeta en standby. Cuando la tarjeta principal presenta alguna falla, el equipo la saca de servicio y conmuta toda la operación a la tarjeta de respaldo, en el caso de las tarjetas de tributarios el tráfico automáticamente se conmuta a la tarjeta en standby.

En la mayoría de los casos es costoso implementar una protección del tipo 1+1 ya que implica la duplicación de todas las tarjetas asociadas a un equipo. Por esta razón, existen también otros tipos de protecciones conocidos como 1:n. Este tipo de protecciones utiliza una tarjeta de respaldo por cada n elementos de red protegidos, así en el caso de que uno de los elementos falle será conmutado a esta tarjeta de reserva. Por ejemplo, con un equipo STM-4 con 4 tarjetas de tributario a nivel STM1, puede implementarse una 5 tarjeta adicional de respaldo que permanecerá en standby hasta el momento que sea requerida.

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

1.8.2. Resistencia de la red

Los elementos de red no son los únicos que pueden ser protegidos en caso de falla. Los enlaces entre estos elementos de red y los caminos que siguen los tráficos de tributario

también son foco para asegurar la disponibilidad. Con este tipo de protecciones se pueden construir caminos alternativos para el tráfico en caso de falla de algún elemento de red o un enlace dentro del recorrido principal antes de que ocurra una pérdida o caída en el servicio. Los puntos que siguen a continuación están directamente relacionados con la resistencia de la red.¹

a. Bidireccional (1+1) Anillo bidireccional con protección (1+1)

En este caso, cada segmento del anillo es bidireccional (tráfico en ambos sentidos). Además se dispone de una protección adicional consistente en duplicar la información por vías paralelas (1+1). Se trata de enlaces punto a punto en topología anillo mediante crossconnectores.

b. Unidireccional (1+1) Anillo unidireccional con protección (1+1).

En este caso la información circula en el anillo en un solo sentido. Es útil en anillos pequeños, pues la conexión entre puntos cercanos requiere girar todo el anillo. Esta estructura es usada en redes de datos LAN del tipo Token Ring y FDDI.

c. MSP (Multiplex Section Protection).

Protecciones usadas para topologías anilladas, consiste en dividir al enlace físico en 2 canales lógicos uno para pasar el tráfico principal y otro para pasar el tráfico de respaldo. Debido a esta división lógica es que la capacidad de transporte del anillo se divide en dos, es decir si el anillo está formado por enlaces STM-4, solo utilizaremos 32 VC4, el resto se usará para respaldar esta información. La conmutación de este tipo de protección se da a través de los bytes K1K2 del MSOH.

d. SNCP (Subnetwork Connection Protection)

La función de protección de trayecto (Path Protection) permite ingresar un tributario en ambas direcciones del anillo sobre un equipo ADM (Add/Drop Multiplexer) y seleccionar en la matriz de conmutación la dirección en mejor estado. En este caso el tráfico de cada tributario ocupa un lugar en ambas ramas del anillo logrando que el tráfico tributario de los equipos que forman el anillo sea transportado por cada tramo del mismo.

e. SHR, SPRing (Bidirectional SelfHealing Ring o Shared Protection Ring)

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

CAPÍTULO II SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED SDH DE TELMEX PERÚ

2.1 Descripción de la red SDH

La red SDH Metropolitana de Telmex Perú está formada por un anillo principal denominado backbone o Core, y varios anillos de acceso conectados a éste. La red está compuesta netamente por equipos de un solo proveedor, Huawei Technologies S.A.C. El Core de la red transporta altas capacidades y los equipos que forman parte de los anillos de acceso son los que se conectan con los equipos de nuestros clientes, a través de la última milla (UM). La Figura 2.1 muestra como los anillos de acceso se interconectan con el Core para formar la red en si.

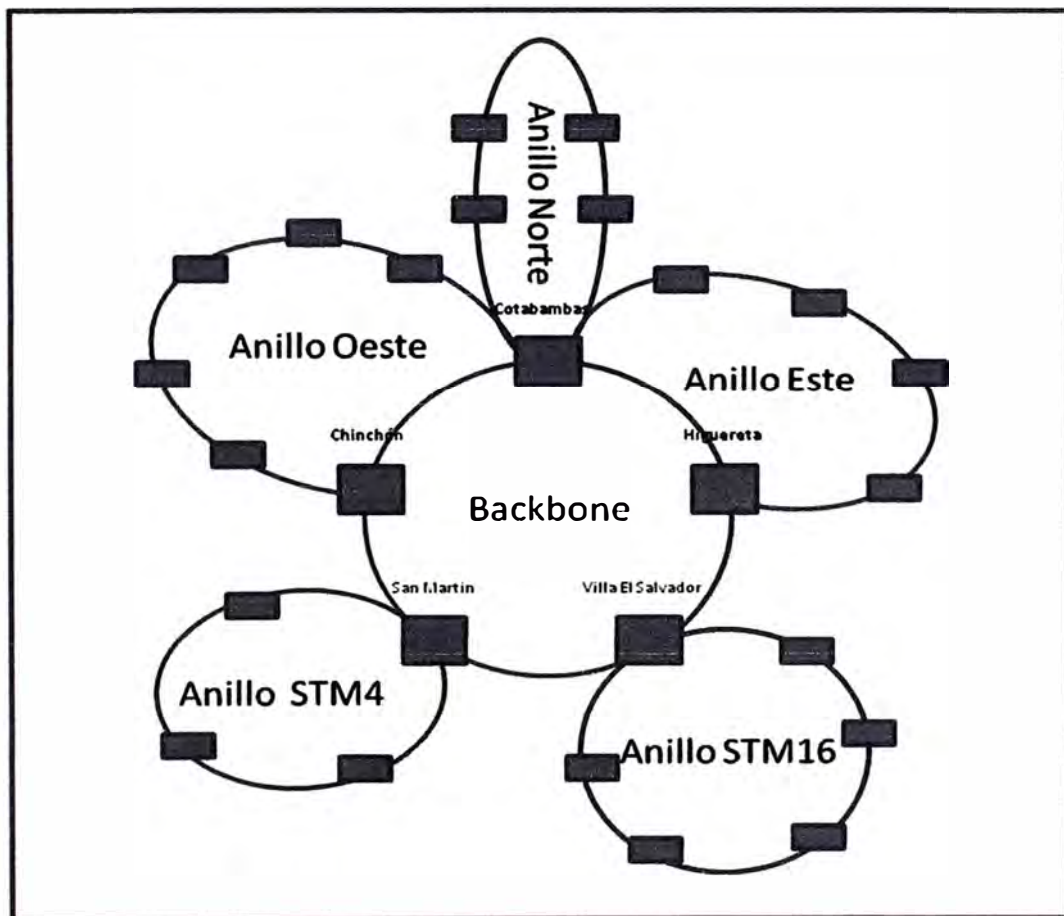


Fig.2.1 Topología de la red SDH

2.1.1 El Backbone o Core

Es el corazón o núcleo de la red, está formado por equipos metro 5000 interconectados entre sí, cuenta con una topología anillada y con protección MSP para brindar mayor disponibilidad a la red. Los equipos metro 5000 de Huawei han sido diseñados para transportar y crossconectar altas capacidades, cuentan con redundancia de tarjetas y de fuentes de alimentación de energía. Los POPs (lugares donde están ubicados los equipos metro 5000) son los siguientes: POP Villa el Salvador, POP San Martín, POP Chinchón, POP Cotabambas y por último el POP Higuiereta.

La figura 2.2 muestra al Core de la red SDH de Telmex, anillo de 10Gbps de capacidad equivalente a un STM-64, cuyos equipos están interconectados unos con otros a través de fibras ópticas monomodo que transportan señales ópticas con una longitud de onda de 1550nm.

Pese a que los equipos pueden transportar hasta 64 VC4, solo podemos utilizar 32 debido al tipo de protección que usa este anillo (protección MSP); por lo tanto, la capacidad real del anillo es de $32 \times 155.52\text{Mbps}$, dándonos un total de 4.98 Gbps (aprox. 5Gbps).

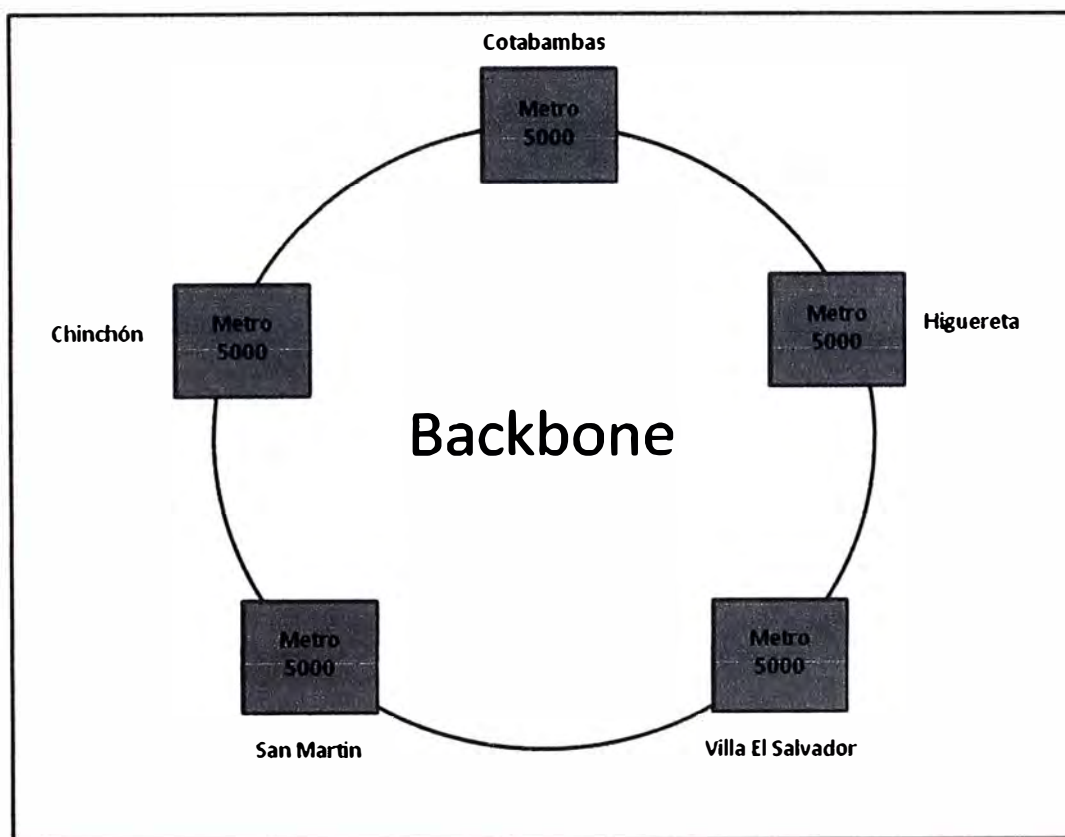


Fig.2.2 Backbone o Core

2.1.2 Los anillos de acceso

Los equipos que forman los anillos de acceso están configurados como ADM (Add Drop Multiplexer), los cuales permiten agregar y desagregar tributarios. A cada puerto Tributario de los equipos se conecta el Media Converter del POP que transforma la señal eléctrica que envían los equipos de acceso de la red SDH en señal óptica para ser transportada por fibra óptica hasta el local del cliente, en donde otro Media Converter (MC) reconvierte la señal óptica en eléctrica, para ser entregada a los equipos del cliente. La fibra óptica utilizada para la UM es multimodo y los Media Converter transmiten señales ópticas con una longitud de onda de 850 nm. La Figura 2.3 muestra un ejemplo de la conexión entre 2 sedes de un cliente para la cual se utiliza la red SDH; aquí se muestra como funciona la Última Milla que se les brinda a los clientes.

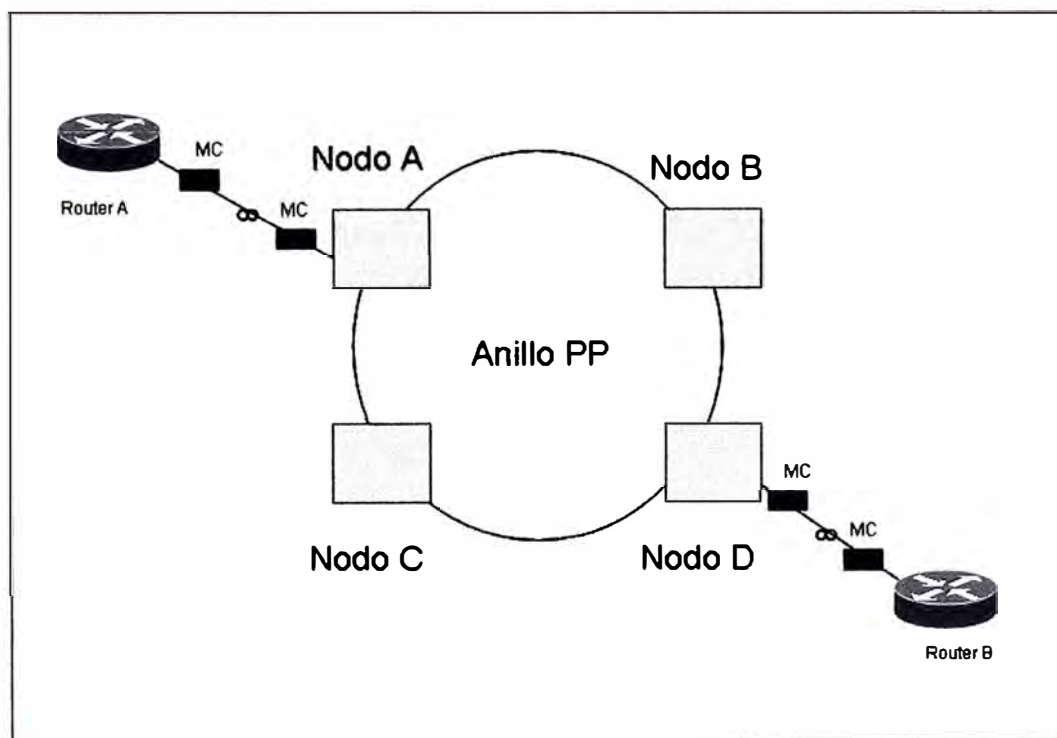


Fig.2.3 Interconexión del Router A con el Router B a través de la UM

La red SDH de Telmex Perú cuenta con 5 anillos de acceso, el anillo Norte, el anillo Este, el anillo Oeste, el anillo STM4 y el anillo STM16 (antiguo Core). Describiremos cada uno de estos anillos para familiarizarnos con la red.

a. El anillo Norte

Formado por equipos Huawei de diferentes modelos (metro 1000, metro 3100 y metro 5000), tal cual se muestra en la Figura 2.4. Este anillo es tangente al Core debido a que el equipo metro 5000, forma parte del anillo Norte y también forma parte del Core. Los equipos metro 1000 y 3100 cuentan con redundancia de fuentes y son equipos de acceso

más flexibles y con menor capacidad de croconexión; el equipo metro 1000 es el único modelo que no cuenta con la capacidad de redundancia de tarjetas.

Los equipos que forman parte del anillo están ubicados estratégicamente en la zona norte de Lima. Los POPs que alojan a estos equipos son los siguientes: POP Colonial, POP Los Olivos, POP Santa Luzmila, POP Ingeniería y POP Cotabambas; el equipo que está en Cotabambas es el mismo que forma parte del Core de la red.

La capacidad de este anillo es de 622 Mbps equivalente a un STM-4, el anillo utiliza protección PP lo cual permite acceder al total de la capacidad a diferencia del los anillos con protección MSP.



Fig.2.4 Anillo Norte

b. El anillo Este

Formado por 6 equipos ADM que están ubicados estratégicamente en la zona Este de Lima, tal cual se muestra en la Figura 2.5. Este anillo se intercepta con el Core a través de los equipos metro 5000 de Cotabambas e Higuiereta y debido a que las tarjetas ópticas de los equipos que forman los brazos del anillo son STM-4, su capacidad es de 622Mbps.

Los POPs en donde se ubican estos equipos con los siguientes: POP Cotabambas, POP Zarate, POP Santa Anita, POP Camacho, POP Monterrico y el POP Higuiereta.

Debido a que la protección que utiliza este anillo es PP la capacidad real de uso de tráfico sobre este anillo es de 622Mbps. Inicialmente este anillo no contaba con el equipo del POP Monterrico, se adicionó posteriormente a su implementación.



Fig.2.5 Anillo Este

c. El anillo Oeste

Formado por 7 equipos ADM que están ubicados estratégicamente en la zona Oeste de Lima, este anillo se intercepta con el Core a través de los equipos metro 5000 de Cotabambas y Chinchón, los cuales también pertenecen al Core de la red.

Los equipos están ubicados en los siguientes POPs: POP Cotabambas, POP Aeropuerto, POP Callao, POP La Punta, POP San Miguel, POP San Felipe y POP Chinchón.

Este anillo tiene una capacidad de 622 Mbps, equivalente a un STM-4 y al igual que los demás anillos de acceso, utiliza protección PP, por lo tanto podemos hacer uso de hasta 622 Mbps de capacidad. La figura 2.6 muestra como está interconectado este anillo.

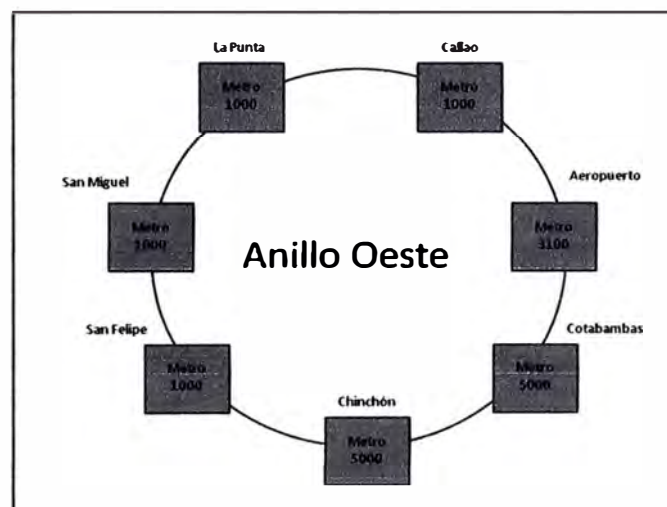


Fig.2.6 Anillo Oeste

d. El anillo STM4

Formado por 4 equipos configurados como ADM tal cual se muestra en la Figura 18, este anillo es tangente al Core debido a que el equipo metro 5000 de San Martín forma parte de este anillo y también del Core.

Los equipos están ubicados estratégicamente en la zona de San Isidro y Miraflores, en los siguientes POPs: POP San Martín, POP Centro Empresarial Pardo, POP Playa Real y POP Pardo y Aliaga.

La capacidad de este anillo, tal cual lo indica su nombre, es de un STM4 equivalente a 622 Mbps. La Figura 2.7 muestra al anillo STM4.

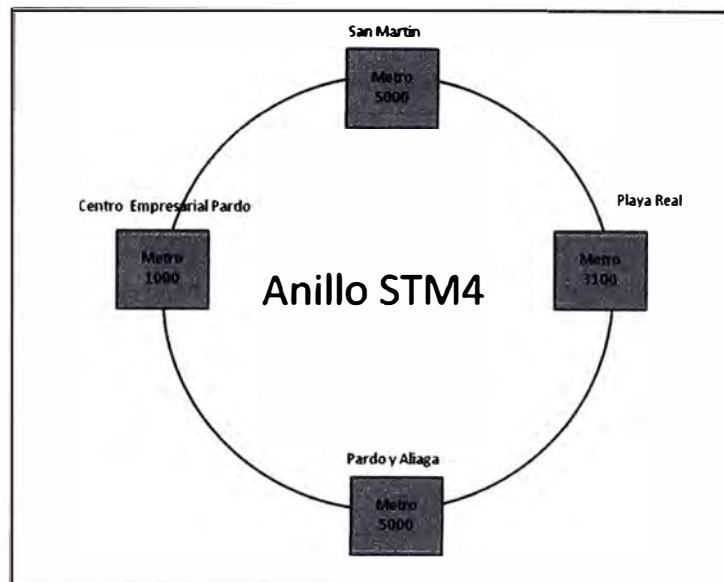


Fig.2.7 Anillo STM4

e. El anillo STM16

Formado por 6 equipos ADM que están ubicados en los mismos sites que los equipos del Core. Este anillo fue inicialmente el Core de la red por ello los equipos están ubicados en los mismos POPs que los equipos del Core. La red cuenta con una capacidad aproximada de 2.5Gbps, esta capacidad fue muy pequeña para los intereses de Telmex, por ello se tubo que habilitar un nuevo Core, quedando este anillo formando parte del la red de acceso. En la figura 2.8 se observa que este anillo cuenta con 2 equipos en el mismo site (Villa El Salvador), pues es en este punto donde los anillos STM16 y Core convergen de manera tangente. Debido a que este anillo fue el Core de la red, la protección que se utilizó fue MSP, por lo tanto la capacidad real se ve reducida a la mitad (es el único anillo de acceso que tiene este tipo de protección).

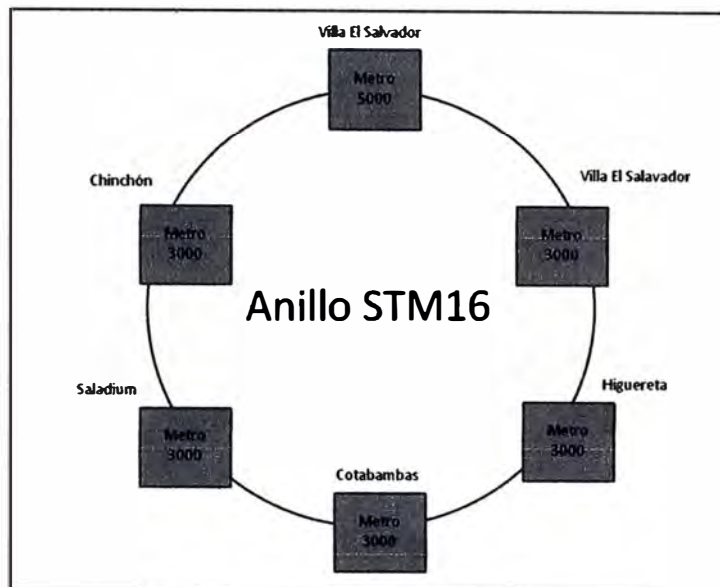


Fig.2.8 Anillo STM16

2.2 Gestión de la red

La gestión de una red es muy importante para operar y administrar los equipos, a través de ella los operadores de la red pueden verificar alarmas para acciones de troubleshooting, configurar servicios, reiniciar tarjetas, equipos, etc. La red SDH de Telmex se opera a través de un software denominado T2000, este software es propiedad de la empresa Huawei Technologies S.A.C. e incluye 2 aplicativos, el "Server T2000" y el "Cliente T2000". A continuación describiremos cada uno de estos aplicativos.

2.2.1 El Server T2000

El *Server T2000* está instalado sobre un servidor SUN modelo Sun-Blade 1000, este aplicativo carga procesos que nos permitirá enviar las ordenes a los equipos de la red. Para ello, este servidor necesita tener conectividad a nivel IP con los equipos de la red SDH. Los equipos de la red SDH que tienen conectividad con el servidor Sun se denominan *Gateways* y a través de estos equipos se controla toda la red. Los gateways tienen configurada una dirección IP y están ubicados en diferentes POP, sin embargo el servidor T2000 se encuentra en el data centre de Telmex; por lo tanto se necesita una red adicional que permita la conectividad IP entre el servidor T2000 y los gateways, Telmex utiliza a su red ATM para lograr este propósito. Cada equipo de la red SDH que no es un Gateway tiene gestión Inbound (dentro de banda) y está enlazado a varios Gateways para lograr redundancia. Si es que por algún problema en la red IP perdemos gestión de alguno de los gateways, solo hay que tener en cuenta que cada Gateway puede gestionar como máximo hasta 50 equipos de la red. La Figura 2.9 muestra la

forma como se establece la conectividad a nivel IP desde el Server T2000 hasta los equipos de la red SDH que son Gateways, se hace uso de la red ATM para lograr conectividad a nivel IP.

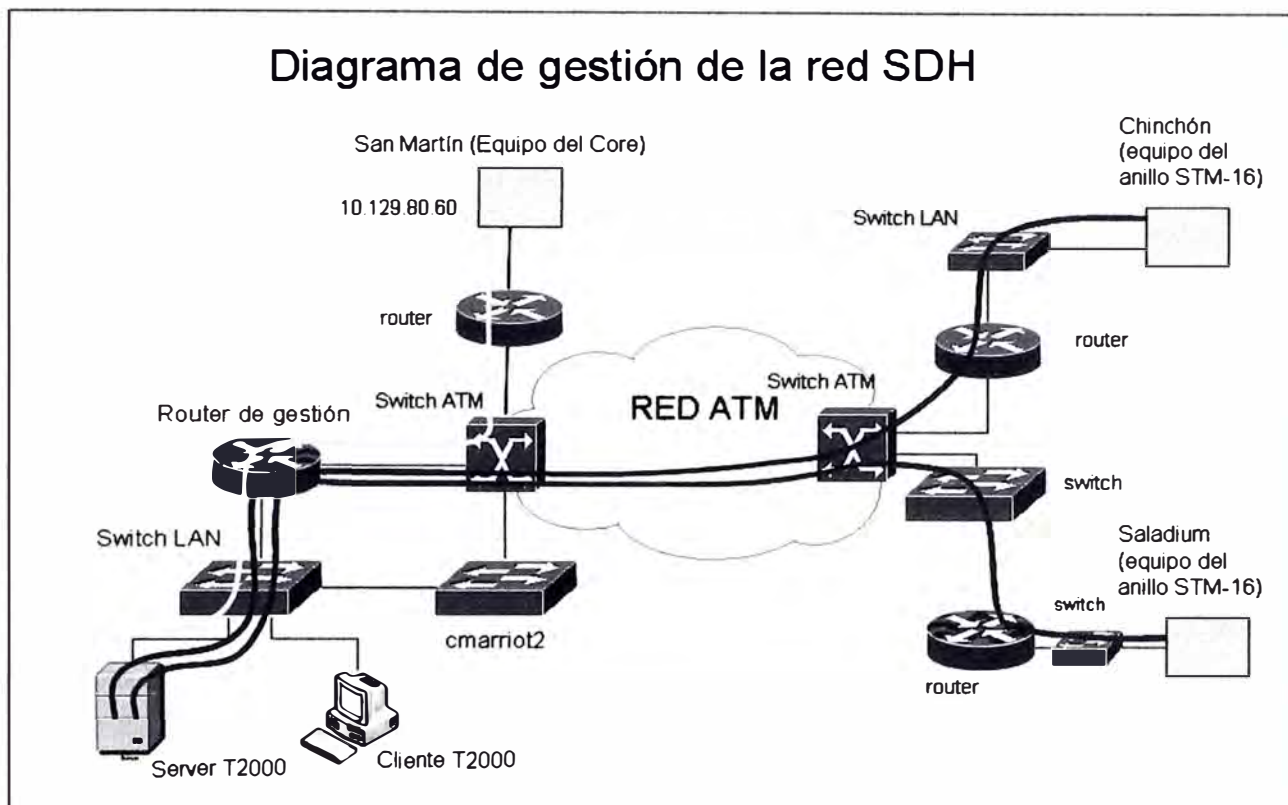


Fig.2.9 Diagrama de gestión de la red SDH

Debido a que el aplicativo Server T2000 está ubicado en el servidor SUN, es en este equipo donde se aloja la información conveniente a la operación de la red, tales como el log de alarmas, log de la performance, log de la operación, el backup de la red, etc.

2.2.2 El Cliente T2000

Este aplicativo se instala en una PC y es la interfase entre el administrador de la red y los equipos en sí, para ello, esta PC tiene que tener conectividad a nivel IP con el servidor donde se aloja el Server T2000. El Cliente T2000 es una herramienta gráfica que nos ayuda a simplificar la operación de la red; desde aquí podemos visualizar las alarmas, configurar los servicios, analizar a través de diversas herramientas la calidad del servicio, realizar el backup de la red, esta última función es de vital importancia ante la caída, falla o reemplazo de un equipo de la red. Existe un aplicativo similar denominado LCT (Local Craft Terminal), este aplicativo cuenta con las mismas herramientas que el cliente T2000 y es ampliamente utilizado por el personal en campo para atender las averías o realizar diferentes acciones de comisionamiento.

CAPÍTULO III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el 2003 y debido a una serie de eventos que no forman parte de este informe, AT&T Latin América, fue puesta en venta en la bolsa de valores de New York, en ese entonces Telmex, una empresa mexicana, adquirió dicha compañía extendiéndose por toda Latinoamérica. Cuando Telmex inició sus operaciones en Perú en el 2004, luego de adquirir a AT&T Latin América, heredó a todas las redes que AT&T operaba en Perú, dentro de ellas, la red SDH Multiservicios que actualmente opera. En esa época la red no tenía la capacidad ni la expansión con la que cuenta actualmente, era pequeña y no muy robusta.

En el 2003, previo al proceso de venta, AT&T despidió a gran parte de su personal para verse más atractiva a los compradores, en ese proceso, también se involucró al personal de operación y mantenimiento que operaba la red dejando que ésta sea operada y monitoreada por el NOC. Cuando Telmex tomó posesión de la red SDH continuó con el mismo esquema de organización de personal, la red era operada por el NOC bajo el mismo esquema de administración que había dejado el personal que fue despedido, luego, con el crecimiento de las capacidades y planes de expansión de Telmex, se creó un área responsable para que la administre a inicios del año 2007; esta área se llama Redes. En este capítulo describiremos los problemas que enfrentó el área de Redes para operar y mantener a la red SDH de Telmex Perú

3.1 Problemas asociados al diseño y a la asignación de recursos lógicos de la red

Dentro de los problemas de diseño y asignación de recursos nos enfrentamos a los siguientes problemas:

3.1.1 Protecciones configurados como “No Reversibles”

A continuación describiremos como el hecho de que tengamos protecciones configuradas como No Reversibles provoca que el manejo de alarmas desde el gestor T2000 de la red se vuelva engorroso. Como observamos en el capítulo anterior, los anillos de la red SDH utilizan diferentes tipos de protección, las protecciones actuales de los anillos están configuradas como “No Reversibles”, esto quiere decir que cuando ocurre una

conmutación sobre cualquiera de los anillos, los circuitos conmutarán a la ruta de protección pero no retornarán automáticamente a su ruta original (ruta principal o working) hasta que manualmente se retornen los circuitos uno por uno o hasta que ocurra una nueva conmutación sobre el anillo. Por ejemplo, asumamos que el operador Telmex le brinda a un cliente una línea telefónica E1 PRI (30 canales de voz), dicha línea es transportada por la red SDH hasta llegar al nodo C en donde Telmex tiene conectada su central telefónica (ver figura 3.1 para más detalles)

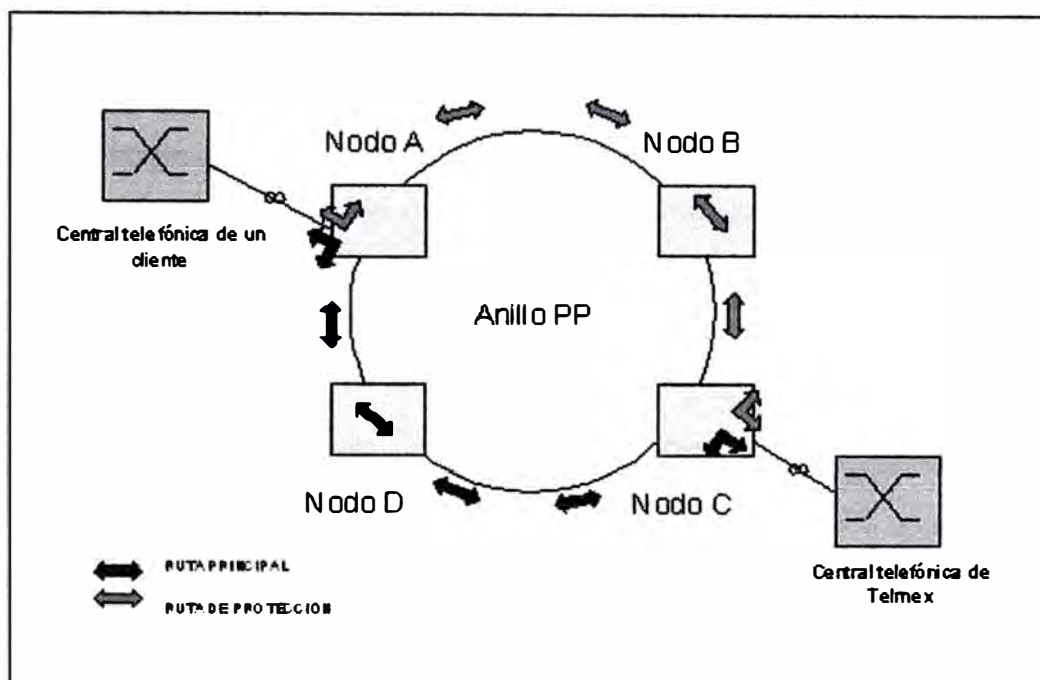


Fig.3.1 Rutas principal y protección de una anillo PP

Dentro del anillo, para transportar el E1 PRI, existe una ruta principal y otra de protección. En condiciones normales el servicio al cliente se le brinda mediante la ruta principal pero ante un corte de fibra, por ejemplo corte de fibra en el tramo del nodo A al nodo D en la figura 3.1, el servicio del cliente conmuta a la ruta de protección dejando la ruta principal alarmada en el gestor. Para eliminar la alarma indicada es necesario conmutar el circuito del cliente a su ruta principal. En el ejemplo anterior solo consideramos a un cliente con un servicio, sin embargo la red SDH real transporta más de 1000 servicios, lo que lleva a tener más de 1000 alarmas en el gestor de este tipo, por ello el manejo de las alarmas se vuelve engorroso.

3.1.2 Matriz de tráfico para la asignación de VC4 dentro de los anillos de la red

Otro problema que presentó la red era que no existía un orden para la asignación VC4 dentro de los anillos de la red. Para configurar servicios debemos tener claras las

asignaciones que seguiremos, pues de lo contrario no tendremos orden en la asignación de VC4s dentro de los anillos, provocando el reordenamiento de circuitos en la red cuando se deseen pasar servicios de alta capacidad. Por ejemplo, consideremos la Tabla 3.1, en donde se describe la utilización de VC4 para el Core de la red (imaginemos que tenemos esa distribución de tráfico si no configuramos en orden). Supongamos que nos solicitan configurar un enlace Giga Ethernet (8VC4s) por este anillo, desde el NE de Chinchón hasta el NE de Villa el Salvador, la pregunta es ¿Cómo realizamos esta configuración en la red si necesitamos contar con 8VC4s consecutivos para lograrlo?. La respuesta pasa por ordenar previamente de la asignación de la Tabla 3.1 para obtener la capacidad solicitada. En este caso es mejor reasignar los servicios del VC4:28 para ubicarlos en la posición del VC4:1, de esta manera tendré libres los VC4s del 25 al 32 para realizar esta configuración. Hay que tener en cuenta que el hecho de migrar los servicios del VC4:28 al VC4:1 implica una ventana de trabajo con corte de servicio para los clientes, impactando de esta manera la disponibilidad de los servicios brindados a los clientes, el impacto es muy alto.

3.1.3 Matriz para la asignación de Time Slots dentro de un VC4

Adicionalmente al problema de la asignación de VC4 dentro de los anillos, también debemos considerar la asignación de VC12 dentro de un VC4. Al momento de configurar "Trails" en la red, el gestor T2000, además de obtener la ruta que seguirá el trail por los equipos de la red, asigna automáticamente el Time Slots (TS) dentro del VC4 sin ninguna consideración (como se verá mas adelante), ocupando consecutivamente los TS libres dentro de un mismo VC4, como se muestra en la siguiente tabla 3.2. Bajo esta asignación, se van ocupando diferentes VC3 dentro de un mismo VC4, el problema se presenta cuando se requiere configurar un VC3 dentro de este VC4, pues al utilizar la asignación de TS consecutivas, no existe un VC3 totalmente libre. Por ejemplo: Supongamos que tenemos un VC4 con los TS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 y 13 ocupados, tal como se muestra en la tabla 5, y deseamos configurar 2 VC3 por este VC4 ¿Qué es lo que se hace normalmente?, la respuesta es un ordenamiento de TS dentro del VC4 con la finalidad de liberar los VC3: 2 y VC3: 3, una opción es mover los TS 2, 3, 5 y 6 de los VC3: 2 y VC3:3 a los TS 22, 43, 25 y 46 dentro del VC3:1 tal como se muestra en la tabla 5, de esa manera tendremos libres los VC3:2 y VC3:3 para utilizarlos tal cual nos lo solicitaron en el ejemplo, el problema radica en que para reasignar los TS dentro de este VC4 tal cual muestra la tabla 3.3 es necesario reconfigurar el circuito en la red; este hecho produce una interrupción de servicios para los clientes cuyo servicio está configurado en la asignación TS2, TS3, TS5 y TS6.

TABLA N° 3.1 Ejemplo de ocupación de VC4s en el Core

N° VC4	Villa El Salvador - Higuereta	Higuereta - Cotabambas	Cotabambas - Chinchón	Chinchón - San Martín	San Martín - Villa Salvador
VC4:1					
VC4:2					
VC4:3					
VC4:4					
VC4:5					
VC4:6					
VC4:7					
VC4:8					
VC4:9					
VC4:10					
VC4:11					
VC4:12					
VC4:13					
VC4:14					
VC4:15					
VC4:16					
VC4:17					
VC4:18					
VC4:19					
VC4:20					
VC4:21					
VC4:22					
VC4:23					
VC4:24					
VC4:25					
VC4:26					
VC4:27					
VC4:28					
VC4:29					
VC4:30					
VC4:31					
VC4:32					

TABLA N° 3.2. Esquema de asignación de TS dentro de un VC4

VC4												
VC3: 1				VC3: 2				VC3: 3				
K	L	M	TS	K	L	M	TS	K	L	M	TS	
1	1	1	1	2	1	1	2	3	1	1	3	
1	1	2	22	2	1	2	23	3	1	2	24	
1	1	3	43	2	1	3	44	3	1	3	45	
1	2	1	4	2	2	1	5	3	2	1	6	
1	2	2	25	2	2	2	26	3	2	2	27	
1	2	3	46	2	2	3	47	3	2	3	48	
1	3	1	7	2	3	1	8	3	3	1	9	
1	3	2	28	2	3	2	29	3	3	2	30	
1	3	3	49	2	3	3	50	3	3	3	51	
1	4	1	10	2	4	1	11	3	4	1	12	
1	4	2	31	2	4	2	32	3	4	2	33	
1	4	3	52	2	4	3	53	3	4	3	54	
1	5	1	13	2	5	1	14	3	5	1	15	
1	5	2	34	2	5	2	35	3	5	2	36	
1	5	3	55	2	5	3	56	3	5	3	57	
1	6	1	16	2	6	1	17	3	6	1	18	
1	6	2	37	2	6	2	38	3	6	2	39	
1	6	3	58	2	6	3	59	3	6	3	60	
1	7	1	19	2	7	1	20	3	7	1	21	
1	7	2	40	2	7	2	41	3	7	2	42	
1	7	3	61	2	7	3	62	3	7	3	63	

Primer TS asignado por el gestor T2000 para un circuito: TS 1

Tercer TS asignado por el gestor T2000 para otro circuito: TS 3

Segundo TS asignado por el gestor T2000 para otro circuito: TS 2

Cuarto TS asignado por el gestor T2000 para otro circuito: TS 3

TABLA N° 3.3. Migración de TS para liberar VC3 dentro de un VC4

VC4												
VC3: 1				VC3: 2				VC3: 3				
K	L	M	TS	K	L	M	TS	K	L	M	TS	
1	1	1	1	2	1	1	2	3	1	1	3	
1	1	2	22	2	1	2	23	3	1	2	24	
1	1	3	43	2	1	3	44	3	1	3	45	
1	2	1	4	2	2	1	5	3	2	1	6	
1	2	2	25	2	2	2	26	3	2	2	27	
1	2	3	46	2	2	3	47	3	2	3	48	
1	3	1	7	2	3	1	8	3	3	1	9	
1	3	2	28	2	3	2	29	3	3	2	30	
1	3	3	49	2	3	3	50	3	3	3	51	
1	4	1	10	2	4	1	11	3	4	1	12	
1	4	2	31	2	4	2	32	3	4	2	33	
1	4	3	52	2	4	3	53	3	4	3	54	
1	5	1	13	2	5	1	14	3	5	1	15	
1	5	2	34	2	5	2	35	3	5	2	36	
1	5	3	55	2	5	3	56	3	5	3	57	
1	6	1	16	2	6	1	17	3	6	1	18	
1	6	2	37	2	6	2	38	3	6	2	39	
1	6	3	58	2	6	3	59	3	6	3	60	
1	7	1	19	2	7	1	20	3	7	1	21	
1	7	2	40	2	7	2	41	3	7	2	42	
1	7	3	61	2	7	3	62	3	7	3	63	

3.2 Problemas asociados a la operación de la red

Las áreas de Telmex que operan la red no cuentan con procedimientos claros que les ayude realizar acciones como configurar servicios, manejar alarmas, consultar eventos de performance, etc. Los procedimientos para operar la red, además de ayudarnos con nuestra labor diaria, también sirven para el nuevo personal que se integra al área; hay que tener en cuenta que en toda empresa existe rotación de personal; estos procedimientos ayudaran a que el nuevo personal se integre rápidamente en las funciones de operación de la red.

3.3 Problemas asociados al mantenimiento de la red

3.3.1 Mantenimiento Preventivo

El problema es que la red SDH no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo que permita garantizar la disponibilidad de los servicios a largo plazo. Una red que no cuenta con un plan de mantenimiento no puede garantizar la correcta operatividad de los equipos que componen la red. Este punto es muy importante para poder garantizar la disponibilidad de la red y por ende, brindar los SLA (Service Level Agreement) a los clientes que los requieran.

La principal función del mantenimiento preventivo que no se ejecuta sobre la red, es permitir identificar a tiempo las fallas que podrían en un futuro cercano repercutir en la operación de la red; así mismo, un buen mantenimiento preventivo permite ahorrar dinero a la empresa, pues gracias a los mantenimientos los equipos pueden tener un tiempo de vida mayor que a las finales se traslada en menores gastos de operación para la red. No olvidemos que una red sin mantenimiento está destinada a colapsar.

3.3.2 Mantenimiento Correctivo

Como su nombre lo dice, el mantenimiento correctivo se ejecuta para corregir una falla que se ha presentado sobre la red, éste puede ser debido a una avería o debido a los resultados del mantenimiento preventivo.

El problema que se encuentra en este tipo de mantenimiento es que no se cuentan con todos los repuestos de la red que permita, al menos, cubrir una falla ante una primera ocurrencia. En este punto, es vital el SLA que se tenga con el proveedor de los equipos, pues solo ellos podrían proporcionarnos la tarjeta o elemento de red averiado. Afortunadamente Telmex si cuenta con este SLA, el problema es que no tiene todos los repuestos necesarios.

CAPÍTULO IV

SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA RED SDH MULTISERVICIOS DE TELMEX

Este capítulo está focalizado a brindar solución a los problemas que se describieron en el capítulo III. Hay que tener en consideración que para un problema pueden existir diversas soluciones, sin embargo, describiremos aquellas por la que optó Telmex.

4.1 Solución a los problemas asociados al diseño y a la asignación de recursos de la red

4.1.1 Solución a las protecciones configurados como “No Reversibles”

Para dar solución al problema de tener configuradas las protecciones de los anillos como No Reversibles, tenemos 2 opciones, las cuales se discuten a continuación:

a. Reconfigurar las protecciones anillo por anillo

Una de las soluciones es eliminar las protecciones actuales y crearlas nuevamente, este proceso se tiene que ejecutar para cada anillo de la red. El problema de optar por esta solución es que para poder borrar la protección, se tiene que borrar primero los servicios que están configurados en el anillo, esto lleva a afectar los servicios de los clientes durante ventanas de tiempo prolongadas (01 hora, 30 minutos de interrupción aproximada). Esta opción es muy drástica desde el punto de vista de la disponibilidad de la red.

b. Reconfigurar la protección de cada circuito, equipo por equipo

Esta otra opción nos induce a modificar la protección de “No Reversible” a “Reversible”, circuito por circuito en cada equipo que forma un anillo. Este método es más tedioso y debido a la cantidad de circuitos que se tienen en la red, llevará más tiempo que el anterior; sin embargo, no genera afectación de los servicios, por lo que la disponibilidad de la red no se ve afectada.

4.1.2 Solución al problema de la Matriz de tráfico para la asignación de VC4 dentro de los anillos de la red

a. Asignación de VC4s para el anillo principal o Core

Para dar solución al problema de no contar con una matriz de tráfico, basta con diseñar dicha matriz en base a la información de crecimiento proyectado por el área de marketing.

De la tabla 4.1 podemos observar que se ha considerado 4 VC4s para transporte de tráfico Internacional; este tráfico servirá para interconectar las redes locales con las redes internacionales. A través de esta interconexión, podemos brindar diferentes tipos de servicios a diferentes países del mundo o simplemente interconectarnos con otros operadores para poder brindar servicios de Larga Distancia de voz. En total contamos con $63 \times 4 = 252$ E1s para lograr este propósito. Hay que considerar el sentido de las flechas de asignación de la tabla 4, éstas indican el orden de cómo debemos asignar los VC4s.

El diseño de la matriz de tráfico considera hacer uso de 20 VC4 para tráfico a través de VC4s estructurados (E1, E2, E3 o hasta un STM1). Hay que tener en cuenta que la mayor cantidad de servicios que Telmex transporta por esta red lo hace a través de E1s; dichos servicios se denominan *Local Telephone Services* (E1 PRI para telefonía con 30 canales de voz), *Local Private Line* (E1 Clear Channel). Del diseño, si consideramos que solo transportaremos E1s por la red, podremos pasar como máximo $20 \times 63 = 1260$ E1s para estos servicios.

La distribución de tráfico para este anillo considera hacer uso de 8VC4s (un enlace Giga Ethernet) para tráfico Ethernet por esta red. Hay que tener en cuenta que la red SDH Metropolitana de Telmex es una red multiservicios; esto no brinda la facilidad de poder transportar diferentes tipos de tramas. En este caso, el enlace Giga Ethernet ha sido considerado para transportar los enlaces de backup del Core de la red MPLS de Telmex.

La Figura 4.1 muestra la topología de la red MPLS de Telmex Perú, en ella se observa que los equipos del Core de la red MPLS están ubicados en el mismo POP que los equipos de la red SDH. También se puede apreciar que para interconectar los equipos del Core de la red MPLS se utilizan 2 enlaces, el enlace principal en color azul (una fibra que une estos equipos) y el enlace de backup que es transportado por la red SDH (una fibra de color marrón), esto permite dar redundancia a la red, es decir cuando la fibra que interconecta directamente los equipos de la red MPLS (fibra azul) cae, el tráfico de esta red conmuta inmediatamente a la fibra que pasa por la red SDH (fibra marrón), hay que considerar que los protocolos que ejecutan esta conmutación tienen delay o retardo.

TABLA 4.1 Asignación de VC4 para el Core de la red SDH

Nº de VC4	Villa El Salvador - Higuiereta	Higuiereta - Cotabambas	Cotabambas - Chinchón	Chinchón - San Martín	San Martín - Villa Salvador
VC4: 1	RESERVADO PARA TRÁFICO INTERNACIONAL				
VC4: 2					
VC4: 3					
VC4: 4					
VC4: 5	RESERVADO PARA TRÁFICO DE VC4 ESTRUCTURADOS				
VC4: 6					
VC4: 7					
VC4: 8					
VC4: 9					
VC4: 10					
VC4: 11					
VC4: 12					
VC4: 13					
VC4: 14					
VC4: 15					
VC4: 16					
VC4: 17					
VC4: 18					
VC4: 19					
VC4: 20					
VC4: 21					
VC4: 22					
VC4: 23					
VC4: 24					
VC4: 25	RESERVADO PARA TRÁFICO ETHERNET				
VC4: 26					
VC4: 27					
VC4: 28					
VC4: 29					
VC4: 30					
VC4: 31					
VC4: 32					

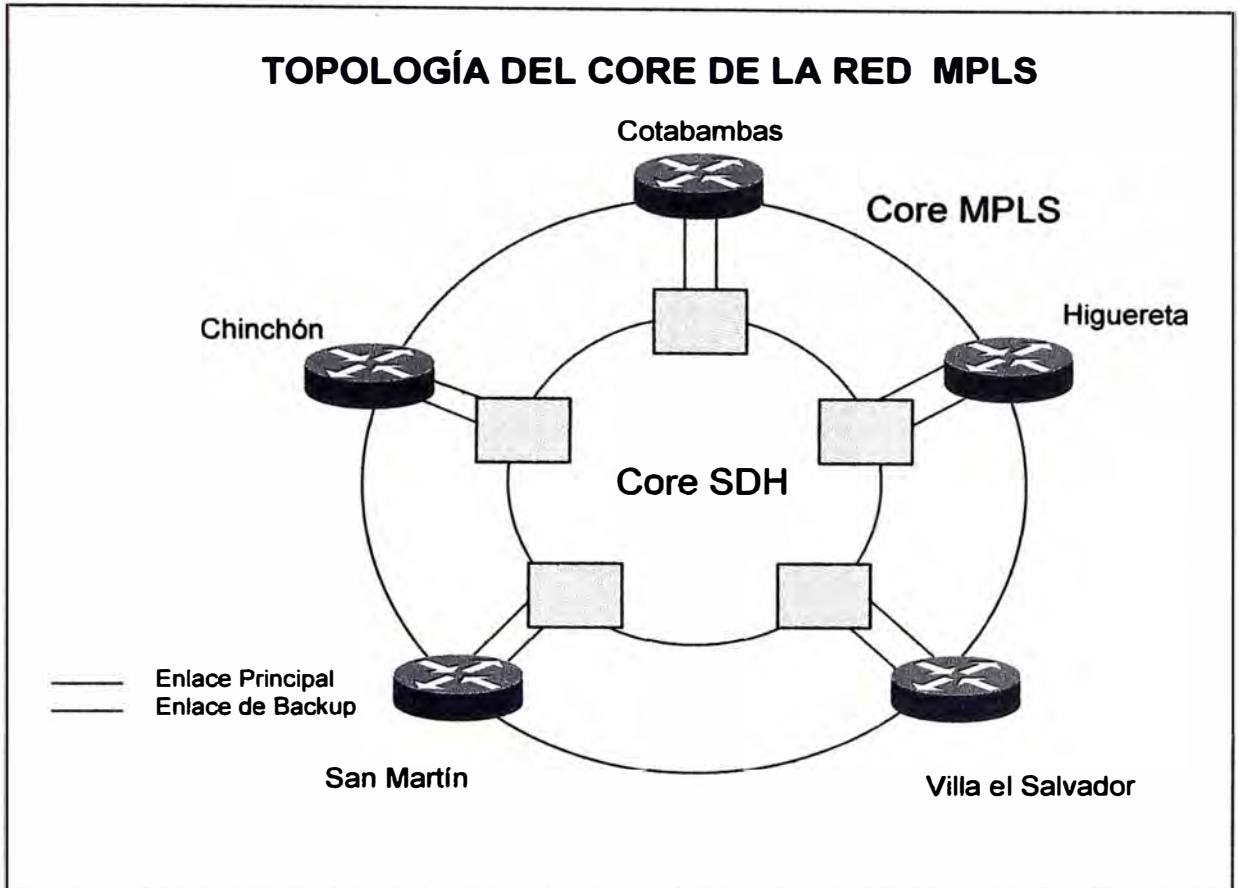


Fig.4.1 El Core de la red SDH transporta los enlaces de backup del Core de la red MPLS

b. Matriz de tráfico para los demás anillos de la red

Para el caso de los demás anillos de la red, es más simple la asignación debido a que estos anillos no transportan diferentes tipos de tramas, solo se ha considerado transportar E1s, E3s, o STM1s.

TABLA N° 4.2. Asignación de VC4 para los anillos STM4

N° de VC4	NodoA - NodoB	NodoB - NodoC	NodoC - NodoD	NodoD- NodoE
VC4: 1	↓			
VC4: 2				
VC4: 3				
VC4: 4				

4.1.3 Matriz para la asignación de Time Slot dentro de un VC4

Si queremos evitar la reasignación de los TS dentro de un VC4 tenemos que tener presente la siguiente tabla para la asignación de TS en la red.

Tabla 4.3. Asignación de TS dentro de un VC4

VC4											
VC3: 1				VC3: 2				VC3: 3			
K	L	M	TS	K	L	M	TS	K	L	M	TS
1	1	1	1	2	1	1	2	3	1	1	3
1	1	2	22	2	1	2	23	3	1	2	24
1	1	3	43	2	1	3	44	3	1	3	45
1	2	1	4	2	2	1	5	3	2	1	6
1	2	2	25	2	2	2	26	3	2	2	27
1	2	3	46	2	2	3	47	3	2	3	48
1	3	1	7	2	3	1	8	3	3	1	9
1	3	2	28	2	3	2	29	3	3	2	30
1	3	3	49	2	3	3	50	3	3	3	51
1	4	1	10	2	4	1	11	3	4	1	12
1	4	2	31	2	4	2	32	3	4	2	33
1	4	3	52	2	4	3	53	3	4	3	54
1	5	1	13	2	5	1	14	3	5	1	15
1	5	2	34	2	5	2	35	3	5	2	36
1	5	3	55	2	5	3	56	3	5	3	57
1	6	1	16	2	6	1	17	3	6	1	18
1	6	2	37	2	6	2	38	3	6	2	39
1	6	3	58	2	6	3	59	3	6	3	60
1	7	1	19	2	7	1	20	3	7	1	21
1	7	2	40	2	7	2	41	3	7	2	42
1	7	3	61	2	7	3	62	3	7	3	63

La tabla 6 muestra el orden que debemos seguir para asignar los TS dentro de un VC4 en un tramo del anillo, es decir; primero elegiremos el TS 1 para el primer circuito, luego el TS 22, el TS 43, el TS 4 y así sucesivamente, hasta finalizar el primer VC3, posteriormente continuaremos con el TS 2, luego el TS 23, el TS 44 en adelante hasta culminar con el segundo VC3; finalmente asignaremos los TS 3, TS 24, TS 45, etc.

4.2 Solución a los problemas asociados a la operación de la red

Los problemas asociados a la operación de la red están netamente ligados a la ejecución de procedimientos que permitan su operación de manera sencilla y óptima. Existen áreas que operan, por ello explicaremos los procedimientos que se han definido desde el punto de vista de los operadores del NOC, quienes operan la red para configurar o migrar servicios, habilitar nuevos equipos, realizar acciones de troubleshooting, etc.; y luego desde el punto de vista del administrador de la red, quien supervisa a la red.

4.2.1 Operación de la red desde el punto de vista de los operadores del NOC

Los operadores del NOC realizan sobre el gestor las labores de troubleshooting, pues atienden los reclamos que puedan realizar los clientes sobre sus servicios, ellos cuentan con procedimientos que los ayudan a interactuar con el gestor y pueden identificar rápidamente si es que el servicio del cliente presenta alguna alarma que motive el reclamo del cliente. Dentro de los principales procedimientos con los que cuentan los operadores están los siguientes.

a. Procedimiento para el manejo de alarmas

En este procedimiento se muestra al operador del NOC como filtrar alarmas por su criticidad (crítica, mayor, menor, advertencia), por fechas, por equipo afectado o simplemente por servicio, esto es muy útil para los operadores cuando tienen que revisar un evento pasado que afectó a uno o varios clientes. El procedimiento para el manejo de alarmas incluye una breve descripción de las alarmas más comunes con la finalidad de que el operador actúe rápidamente de acuerdo a su diagnóstico.

b. Procedimiento para verificar la performance de los servicios de los clientes

Al consultar la performance de un servicio transportado a través de la red SDH, conoceremos si es que el servicio está degradado (presenta errores) o no. La performance se mide en períodos de tiempos ya definidos por el ITU; estos períodos de monitoreo son de 15min y 24horas. Este procedimiento guía al operador del NOC a descartar si el servicio brindado al cliente presenta o presentó degradación alguna.

c. Procedimiento para crear servicios

El cliente T2000 nos proporciona una herramienta muy útil para la creación de servicios. Esta herramienta se denomina Trail Creation (Trail: Ruta o Path que es utilizada para crear un servicio).

Explicaremos brevemente cómo configurar un servicio haciendo uso de la herramienta Trail Creation: supongamos que deseamos crear un E1 Clear Channel desde el NE (Network Equipment) de Playa Real hasta el NE de Camacho para interconectar los routers A y B que se encuentran en 2 sedes distintas para un mismo cliente, tal cual se muestra en la Figura 21. La herramienta Trail Creation crea automáticamente el trail (línea en color marrón en la Fig 21), este trail o ruta puede ser modificado si es que el operador que crea el servicio así lo desea; el operador en cada tramo del Trail define el VC4 y KLM que utilizará para la creación de las crossconexiones en cada equipo.

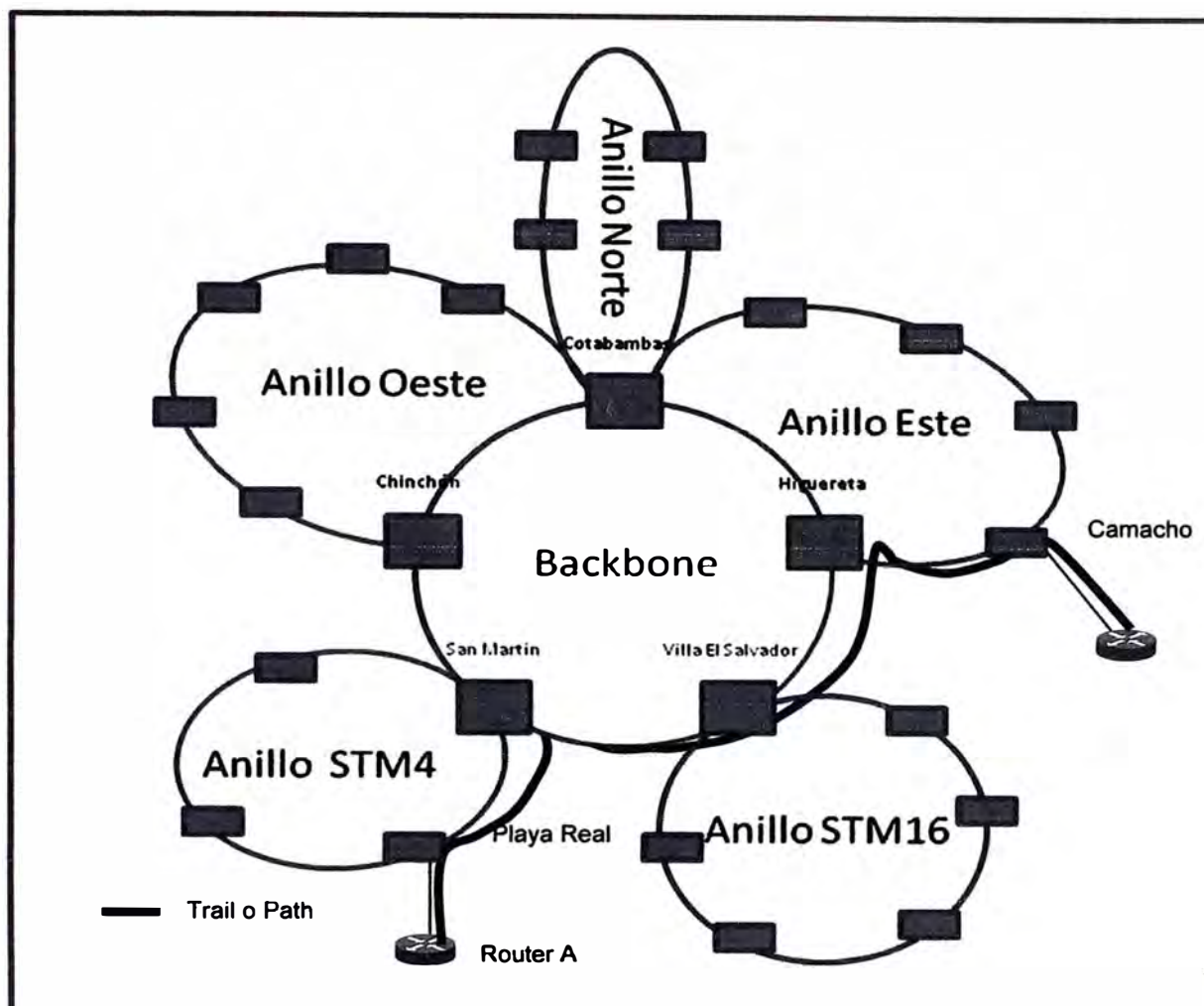


Fig 21. Ejemplo del trail que crea el Cliente T2000 para crear un E1 Clear Channel

d. Procedimiento para crear nuevos equipos desde el cliente T2000

Dependiendo del plan de expansión, podríamos requerir insertar nuevos equipos en la red que podrían cambiar la topología actual. Este procedimiento nos guiará a colocar en gestión los nuevos equipos que creamos en la red.

4.2.2 Operación de la red desde el punto de vista del administrador de red

El principal rol del administrador es garantizar la disponibilidad de la red, para ello realiza diferentes operaciones con el objetivo de supervisar el correcto funcionamiento de los equipos. El administrador de la red, como responsable de la misma, ejecutará rutinas y métricas que le permitan observar la evolución de la red. Las rutinas las revisemos dentro del mantenimiento de la red, en este punto nos enfocaremos en las métricas que debe ejecutar el administrador de la red. Las métricas básicas para operar la red son la capacidad, la disponibilidad y el mean time to restore services (MTTR)

a. Capacidad de la red

Debido a que la red SDH Metropolitana de Telmex es una red anillada, se ha considerado calcular la capacidad de la red anillo por anillo. Ver Anexo A para mayor referencia de cómo obtener esta métrica.

b. Disponibilidad y MTTR de la red

Existen diferentes formas de calcular la disponibilidad de una red, Telmex Perú ha optado por calcular la disponibilidad en base a la capacidad total transportada versus la capacidad afectada de la red. Ver Anexo B para ver cómo se calcula esta disponibilidad

4.3 Solución a los problemas asociados al mantenimiento de la red

El mantenimiento de la red SDH puede analizarse desde 2 puntos de vista, una de ellas es la del administrador de la red quien se encarga de velar que la red este disponible al 100%, para ello el administrador ejecuta diferentes rutinas tratando de identificar fallas oportunamente. El otro punto de vista es del personal de campo quien realiza diferentes rutinas con tal de garantizar que los elementos físicos que confirman la red se encuentren en óptimas condiciones.

4.3.1 Mantenimiento de la red desde el punto de vista del Administrador

El principal rol del administrador de la red es garantizar la disponibilidad de la red, para ello ejecuta diferentes rutinas con la finalidad de encontrar fallas en la operación de la red. Si el administrador encontró fallas tras la ejecución de las rutinas, las corregirá apoyándose del personal de campo; si es que la solución pasa por realizar alguna acción en sitio, en caso de que el problema encontrado supere la capacidad técnica del Administrador de la red, éste escalará el caso con el TAC del proveedor de los equipos, en este caso Huawei Technologies. Las rutinas de mantenimiento que ejecuta el administrador de red son:

a. Rutinas de verificación de alarmas.

En esta rutina el administrador de la red busca alarmas que no estén controladas o alarmas que indiquen una falla actual o futura. La ejecución de esta rutina se debe realizar diariamente, pues cualquier día podría presentarse alguna falla sobre la red. Los operadores del NOC también están alertas al cliente T2000, pues es este software el que reporta alarmas sonoras en el NOC indicando una falla.

b. Rutinas para revisar los eventos anormales y performance de la red.

Constantemente la red reporta eventos anormales, que no permiten prevenir diferentes fallas, ya sea una falla en las protecciones, eventos de performance cuando éstos superan el umbral determinado por el ITU, etc. En general, estos eventos se presentan cuando algo no anda bien en la red, por ellos debemos ejecutar esta rutina diariamente.

c. Rutinas para verificar que el backup de la red se esté ejecutando

El cliente T2000 nos permite configurar tareas para que sean ejecutadas periódicamente, una de estas tareas es la obtención del archivo de backup de todos los equipos de la red, la cual debe estar configurada para ser obtenida diariamente. A través de esta rutina podemos guardar la información referente a las topologías, protecciones, servicios configurados, configuraciones de los equipos, usuarios permitidos, etc. Este procedimiento será de vital importancia para restablecer los servicios ante una avería parcial o total de la red, como por ejemplo, el borrado accidental de las protecciones o el reemplazo de uno de los equipos por alguna falla. El backup de la red se ejecuta diariamente sin embargo la rutina de verificar que el backup se este guardando correctamente se puede ejecutar quincenalmente.

d. Rutina para verificar el sincronismo de la red

La red SDH es una red síncrona, por lo que necesita de una fuente de clock estable. Esta fuente de referencia de clock, es entregada por un equipo Huawei denominado BITS. Esta rutina se ejecuta para verificar que los equipos de la red reciban correctamente el clock del BITS y que los equipos SDH que reciben el clock entreguen a su vez esta referencia a los demás equipos. La periodicidad de esta rutina es mensual.

e. Rutinas para verificar la capacidad del disco del servidor que aloja al Server T2000

El servidor que aloja al Server T2000 es un hardware cuyo disco duro se va llenado de información en la medida que el aplicativo T2000 acumule más información, como el log de alarmas, el log de procedimientos, los archivos de backup, etc. Esta rutina ayudará a comprobar que el Server T2000 no pierda información, para ello el administrador de la red debe liberar capacidad del disco borrando los archivos más antiguos.

f. Rutina para verificar alarmas sobre el equipo BITS que entrega el sincronismo a la red

El equipo BITS es un hardware y como tal se tiene que administrar y velar por que este equipo trabaje correctamente y en optimas condiciones. Por lo tanto, es necesario

ejecutar una rutina que permita verificar que el equipo no reporta alarmas y que al menos tenga más de 4 satélites traceados, para que la fuente de sincronismo que entrega sea la óptima.

4.3.2 Mantenimiento de la red desde el punto de vista del personal de campo

El personal de campo debe encargarse de velar por que los efectos físicos que forman la red estén correctamente identificados, ordenados, limpios y operando.

a. Mantenimiento a la planta externa dentro de los POP

En este caso, la planta externa incluye a la fibra óptica y a todo equipamiento que permite que la fibra se transporte desde los interiores del POP hasta la calle. Para ejecutar el mantenimiento, el personal de campo ejecuta las siguientes tareas:

- Ordenamiento de cables de la Planta Externa.
- Rotulado y etiquetado de cables de la Planta Externa.
- Levantar información de asignación de fibras y documentación en el módulo.
- Rotulación y etiquetado del ODF/ MDF.
- Rotulación de elementos de terminación de fibra óptica Opticom ,GMS,GPS- 2.
- Ordenamiento y asegurado de canaletas.
- Documentación de la información en el módulo.

b. Mantenimiento a la planta externa aérea

La planta externa aérea incluye a la fibra óptica y a toda la infraestructura que permite transportar a la fibra desde un POP a otro. Para ejecutar el mantenimiento de la planta externa aérea se tiene que realizar las siguientes tareas:

- Inspección de la red aérea.
- Cambio de postes cuando lo requieran.
- Limpieza, pintura y rotulado de postes.
- Cambio de ferretería y otros elementos que sirven para sujetar.
- Instalar seguros de mufas, etiquetar cables.

- Asegurarse de que el nivel de altura de los cables estén dentro de la norma.
- Cambio de anclas.
- Acondicionar reservas y mufas en postes.

c. Mantenimiento a la planta externa canalizada

Esta vez nos referimos a la fibra y a toda la infraestructura que va enterrada. El personal en campo debe ejecutar las siguientes tareas para el mantenimiento respectivo:

- Inspección de la red canalizada.
- Limpieza de vías y cámaras.
- Acondicionamiento de cajas terminales y mufas en cámara.
- Pintura y rotulación de cámara, cables y mufas.
- Mantenimiento de chapas y seguro de cámaras.
- Reemplazo y soldadura de tapas de cámara en zona de riesgo.
- Ordenamiento de cables.

d. Mantenimiento preventivo a los equipos de la red

Este mantenimiento tiene por finalidad verificar el estado de trabajo de los equipos en campo, para ellos los ingenieros de campo deben realizar las siguientes tareas.

- Medición de parámetros eléctricos de los equipos (corriente y voltaje).
- Verificación del sistema de puesta a tierra de cada equipo de la red.
- Revisión del estado de las tarjetas e indicadores de alarmas.
- Revisión del estado de los ventiladores, limpieza de los equipos y filtros.
- Revisión de las condiciones externas de temperatura y humedad.

e. Mantenimiento del sistema eléctrico

El sistema eléctrico de los equipos es muy importante en telecomunicaciones. Aquí revisamos que las condiciones eléctricas que alimentan a los equipos sean las adecuadas. Las tareas de mantenimiento a ser ejecutadas son:

- Limpieza de los tableros eléctricos, canaletas y pozos de tierra.
- Revisión del ajuste de conexiones.
- Medición de parámetros eléctricos: voltaje, corriente, frecuencia,
- Medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Medición y registro de los niveles de aislamiento de los cables de energía.
- Identificación del cableado eléctrico y de los equipos de energía.
- Inspección del sistema de toma corriente
- Inspección del alumbrado de emergencia del POP.
- Actualización de diagramas unificares de los tableros eléctricos.
- Medición y registro de la temperatura de todos los cables eléctricos.
- Mantenimiento del UPS
- Se simulará una falla de la energía comercial para verificar que el UPS asuma correctamente la carga.
- Mantenimiento, limpieza y calibración de los rectificadores.

f. Mantenimiento del sistema de aire acondicionado

Las labores a ejecutar por el personal de mantenimiento son:

- Limpieza de los serpentines del condensador y evaporador.
- Revisión del sistema de refrigeración.
- Revisión, prueba y limpieza de los tableros eléctricos de fuerza y control.
- Pintado de las zonas corroídas.
- Revisión y reparación del aislamiento térmico de las tuberías de baja presión y ductos de aire acondicionado.
- Revisión y lubricación de chumaceras, rodamientos, bocinas, cojinetes y ejes.
- Revisión, limpieza y lavado de los filtros y prefiltros de aire.

- Revisión de la bandeja de condensación.
- Limpieza de los ductos, difusores y rejillas
- Medición de los parámetros de operatividad del equipo.

g. Mantenimiento de los grupos electrógenos

- Verificar operatividad de tablero de control, ajuste de terminales y limpieza general
- Revisión del sistema de enfriamiento, de combustible, de lubricación y eléctrico del motor.
- Limpieza, ajuste, fugas, niveles de aceite, combustible, nivel de agua, presión, reemplazo de filtros, aceite, etc.
- Verificar tensiones, vibraciones, ruidos anormales, rejillas protectoras.
- Verificar operatividad de tablero de transferencia,
- Ajuste de cables y terminales, señalización,
- Verificación de la gestión remota.
- Inspección de inyecciones.
- Medir la resistencia de aislamiento del estator principal, rotor principal.
- limpieza general

4.4 Resumen de los problemas y soluciones abordados en este informe

A continuación resumiremos concretamente los puntos tratados en este informe, comparando el problema encontrado con la solución tomada. Este resumen muestra brevemente los problemas a los que se enfrentaron los ingenieros de la red de Telmex para operar y mantener una red correctamente. Para un mejor entendimiento subdividiremos este resumen en 3 partes: El diseño y la asignación de recursos, Procedimientos que deben existir y el mantenimiento preventivo de la red.

4.4.1 Del diseño y asignación de recursos de la red

La tabla 4.4 resume los problemas referentes al diseño de la red y a la asignación de los recursos lógicos, también muestra la solución tomada para corregir estos problemas de muchísima importancia.

Tabla 4.4. Resumen de los problemas y soluciones del diseño y asignación de recursos de la red

Problema	Solución
<p>Protecciones de los anillos configurados como no reversibles generan demasiadas alarmas en el gestor ante la caída de un tramo de un anillo. Estas alarmas no se borran pues los circuitos que han conmutado a la ruta de protección (backup) no retoman a la ruta original con la corrección de la avería, puesto que la protección del anillo es no reversible, haciendo que el manejo de alarmas sea engorroso y tedioso.</p>	<p>Se configuran los circuitos como reversibles para que ante la conmutación de un anillo, los circuitos retomen a su ruta principal eliminando de esta manera las alarmas que se generaron al momento de la conmutación. Para configurar los circuitos como reversibles, se ha optado cambiar la configuración circuito por circuito para cada equipo de la red, este procedimiento es más tedioso que los demás pero tiene la ventaja de no afectar los servicios de la red.</p>
<p>No existe matriz de tráfico para la asignación de VC4 dentro de los anillos de la red. Esto provoca que no exista un orden en la asignación de VC4 dentro de un anillo, pudiendo ocasionar que no existan una cantidad suficiente de VC4 juntos para poder configurar nuevos servicios (ejemplo para configurar un enlace Giga Ethernet se necesitan 8 VC4 juntos, si no se tiene este requerimiento no se puede configurar este servicio)</p>	<p>Se crea la matriz de asignación de VC4 para los anillos de la red. En esta matriz se define como se asignaran los VC4 ordenadamente ocupando uno a continuación del otro. Esta planificación es posible por la información transmitida del área de marketing.</p>
<p>No existe una matriz para la asignación de Time Slots dentro de un VC4, esto provoca que no exista orden en la asignación de los VC12; por ejemplo el primer VC12 lo asigno dentro del primer VC3, el segundo dentro del segundo VC3, el tercero dentro del 3VC3, el cuarto dentro del primer VC3, el quinto dentro del segundo VC3, el sexto dentro del tercer VC3, el séptimo dentro del primer VC3 y así sucesivamente. Este orden de asignación ocupa los 3 VC3 a la vez y cuando nos soliciten configurar un VC3 no podemos hacerlo sobre este VC4 pues no hay un VC3 libre por donde podamos pasar el circuito, la única forma es reordenar los circuitos dentro del VC4 para lograr capacidad. Esto genera afectación de servicios a los clientes y provoca que los clientes perciban inestabilidad en la red de Telmex debido a los constantes trabajos que se ejecutan en la red por este problema.</p>	<p>Se crea la matriz de asignación de Time Slots dentro de un VC4 de tal manera que los VC12 se van configurando primero dentro de un VC3, cuando se llena el primer VC3 se pasa al segundo VC3 y así sucesivamente hasta llegar al tercer VC3.</p>

4.4.2 De los procedimientos que deben existir para operar la red

Tabla 4.5. Resumen de los procedimientos que deben existir para operar la red

Problema	Solución
No hay procedimientos para configurar servicios, manejar alarmas, consultar la performance, etc.	Se definen los procedimientos desde el punto de vista del operador del NOC, quien configura servicios, maneja alarmas, consulta eventos de performance, etc. y desde el punto de vista del administrador de la red, quién analiza la problemática de la red en base a las métricas de capacidad y disponibilidad que tiene la red.

4.4.3 Del mantenimiento preventivo de la red

Tabla 4.5. Resumen de los problemas y soluciones asociados al mantenimiento preventivo de la red

Problema	Solución
No existe un plan de mantenimiento definido	<p>Se desarrolla el plan de mantenimiento enfocándolo desde 2 puntos de vista:</p> <p>Mantenimiento desde el punto de vista del administrador de la red: Se definen las siguientes rutinas de la red:</p> <ol style="list-style-type: none"> Rutinas de verificación de alarmas. Rutinas para revisar los eventos anormales y performance de la red. Rutinas para verificar que el backup de la red se esté ejecutando Rutina para verificar el sincronismo de la red Rutinas para verificar la capacidad del disco del servidor que aloja al Server T2000 Rutina para verificar alarmas sobre el equipo BITS que entrega el sincronismo a la red <p>Mantenimiento de la red desde el punto de vista del personal de campo: Se define los siguientes mantenimientos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Mantenimiento a la planta externa dentro de los POP Mantenimiento a la planta externa aérea Mantenimiento a la planta externa canalizada Mantenimiento preventivo a los equipos de la red Mantenimiento del sistema eléctrico Mantenimiento del sistema de aire acondicionado Mantenimiento de los grupos electrógenos

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo estimaremos el costo que implica aplicar la solución descrita en el capítulo anterior. Los costos en que se incurren son mostrados a continuación.

5.1 Costos de los ingenieros para operar la red desde el NOC

Se necesitan 4 ingenieros (para cubrir turnos de 24x7x365), los cuales operaran y monitorearan la red SDH desde el NOC de Telmex. La tabla 5.1 refleja estos costos.

5.2 Costos del administrador de red

Es el recurso humano que debemos contratar para administrar a la red SDH de Telmex Perú, esta persona debe ser un ingeniero especialista en esta tecnología con al menos 5 años de experiencia manejando equipos SDH, de preferencia equipos Huawei. La tabla 5.1 muestra el costo aproximado anual del sueldo del administrador de la red.

TABLA N° 5.1 Costo del Administrador de red y de los ingenieros del NOC

Descripción	Sueldo (US\$)	N° de ingenieros	Total Anual (US\$)
Administrador de la red	1700	1	23800
Ingenieros del NOC	1000	4	56,000

5.3 Costos estimados para ejecutar el mantenimiento preventivo de la red

El mantenimiento preventivo de la red es ejecutado por personal de la contratista especializada, ellos han elaborado el preciaro de la tabla 5.2 para Telmex Perú.

TABLA N° 5.2 Costos estimados del mantenimiento preventivo anual

Descripción	Periodicidad	Mantenimientos anuales	Costo de cada mantenimiento (US\$)	Total Anual
Mantenimiento a la planta externa de los POPs	Mensual	12	120.00	1440.00
Mantenimiento a la planta externa aérea	Mensual	12	135.00	1620.00
Mantenimiento a la planta externa canalizada	Trimestral	4	147.00	588.00
Mantenimiento preventivo a los equipos de red	Mensual	12	115.00	1380.00
Mantenimiento del sistema eléctrico	Mensual	12	140.00	1680.00
Mantenimiento del sistema de aire acondicionado	Mensual	12	80.00	960.00
Mantenimiento de los grupos electrógenos	Mensual	12	90.00	1080.00
Costo total de los mantenimientos preventivos anuales				8748.00

5.4 SLA con el proveedor Huawei

Es el acuerdo de nivel de servicio que se firma con el proveedor Huawei para brindar el soporte a los equipos de la red. La tabla 5.3 muestra este precario.

TABLA N° 5.3 Precario del SLA Adquirido con Huawei

Sitio	Equipo	Precio Anual (US\$)
Chichón	Metro 5000	3750.00
San Martín	Metro 5000	3750.00
Villa El Salvador	Metro 5000	3750.00
Higuereta	Metro 5000	3750.00
Cotabambas	Metro 5000	3750.00
Los Olivos	Metro 3100	2240.00
Colonial	Metro 1000	560.00
Santa Luzmila	Metro 1000	560.00
Ingeniería	Metro 1000	560.00
Santa Anita	Metro 1000	560.00
Zarate	Metro 1000	560.00
Camacho	Metro 1000	560.00
Monterrico	Metro 1000	560.00
La Punta	Metro 1000	560.00
Callao	Metro 1000	560.00
Aeropuerto	Metro 3100	2240.00
San Felipe	Metro 1000	560.00
San Miguel	Metro 1000	560.00
Centro Empresarial Pardo	Metro 1000	560.00
Pardo y Aliaga	Metro 1000	560.00
Playa Real	Metro 1000	560.00
Chinchón	Metro 3000	2240.00
Saladium	Metro 3000	2240.00
Cotabambas	Metro 3000	2240.00
Higuereta	Metro 3000	2240.00
Villa El Salvador	Metro 3000	2240.00
Total (US\$)		42,270.00

5.5 Resumen total de costos

La tabla 5.4 resume el total de los costos aproximados para operar y mantener la red SDH de Telmex.

Tabla N° 5.4 Resumen total de Costos

Ítem	Costo (US\$)
Ingenieros del NOC	56,000.00
Administrador de Red	23,800.00
Mantenimiento preventivo	8,748.00
SLA con Huawei	42,270.00
Total	130,818.00

CONSLUSIONES

- 1. La red SDH de TELMEX PERU S.A., con un buen plan de operación y mantenimiento, es robusta a comparación de otras plataformas; podemos brindar diferentes tipos de protecciones que nos permiten incrementar la disponibilidad de la red.**
- 2. Para poder operar correctamente una red, es necesario definir todos los lineamientos para la operación y aprovisionamiento de servicios, esto facilitará el crecimiento ordenado de la red**
- 3. Una red que no tiene un plan de mantenimiento está destinada a fracasar, inicialmente se volverá inestable para que posteriormente colapse.**
- 4. El costo de mantener y operar una red SDH es alto, aún así es muy rentable. Los gastos en que se incurren si no tuviéramos un plan de mantenimiento son mayores a largo plazo.**
- 5. Mantener una red ordenada evitará problemas inesperados al momento de crear servicios. El orden de la red es vital para planes de crecimiento.**
- 6. Las redes SDH permiten transportar diferentes tecnologías (Ethernet, ATM, PDH y SDH), esto las hace muy flexibles para aprovisionar diferentes tecnologías sobre esta plataforma.**

ANEXO A

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA RED

1. Cálculo de la capacidad del anillo principal o Core

La capacidad del se calcula obteniendo los valores del T2000 para llenar la tabla A.1.

TABLA N° A.1 Distribución de la ocupación de TS dentro del anillo Principal o Core

N° de VC4	LEVEL	TELEPUERTO - HIGUERETA	HIGUERETA - COTABAMBAS	COTABAMBAS - CHINCHON	CHINCHON - SAN MARTIN	SAN MARTIN - TELEPUERTO
1 VC4	VC3 #1	21	21	21	21	21
	VC3 #2	17	17	21	21	21
	VC3 #3	0	0	21	21	21
2 VC4	VC3 #1	21	21	21	20	15
	VC3 #2	21	21	21	20	2
	VC3 #3	21	21	21	19	1
3 VC4	VC3 #1	21	21		19	21
	VC3 #2	21	20		20	21
	VC3 #3	20	20		19	21
4 VC4	VC3 #1					
	VC3 #2					
	VC3 #3					
5 VC4	VC3 #1	21	21	21	21	21
	VC3 #2	21	21	21	21	21
	VC3 #3	21	21	21	20	16
6 VC4	VC3 #1	21	21	20	20	19
	VC3 #2	20	20	20	20	19
	VC3 #3	21	21	20	20	19
7 VC4	VC3 #1	21	21	17	21	20
	VC3 #2	21	21	15	21	20
	VC3 #3	21	21	15	20	20
8 VC4	VC3 #1	21	20	13	20	14
	VC3 #2	21	21	11	18	13
	VC3 #3	21	20	21	5	13
9 VC4	VC3 #1	21	21		21	21
	VC3 #2	21	7		15	15
	VC3 #3	21	0		16	16
10 VC4	VC3 #1	21	21		16	20
	VC3 #2	21	10		14	20
	VC3 #3	10	0		17	21
11 VC4	VC3 #1	21	22		18	20
	VC3 #2	21	0		0	19
	VC3 #3	21	0		0	19
12 VC4	VC3 #1	8			21	18
	VC3 #2	0			21	18
	VC3 #3	0			21	18
13 VC4	VC4					
14 VC4	VC4					
15 VC4	VC4					
16 VC4	VC4					
17 VC4	VC4					
18 VC4	VC4					
19 VC4	VC4					
20 VC4	VC4					
21 VC4	VC4					
22 VC4	VC4					
23 VC4	VC4					
24 VC4	VC4					
25 VC4	VC4	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado
26 VC4	VC4	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado
27 VC4	VC4	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado
28 VC4	VC4	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado
29 VC4	VC4	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado
30 VC4	VC4	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado
31 VC4	VC4	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado
32 VC4	VC4	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado
N° VC4		8	8	8	8	8
N° VC12		600	492	341	587	584
Total de VC12		1104	996	845	1091	1088
Capacidad (%)		64.76%	49.40%	41.91%	64.12%	53.97%

La tabla A.1 muestra el análisis de ocupación de cada VC4 del anillo principal, podemos observar que la capacidad de cada tramo del anillo varía con relación a la otra. Si nos solicitaran un valor para reportar la capacidad de este anillo, reportaríamos el valor mas alto, en este caso el anillo tiene una capacidad utilizada del 54.76%.

2. Cálculo de la capacidad del anillo Este

Cada tramo de este anillo, por tener una protección PP, es utilizado de manera equitativa, es decir cuando se crea un circuito por un tramo del anillo, la ruta de protección va por el otro, ocupando los Time Slots en ambos sentidos del anillo. La tabla A.2 muestra la ocupación de este anillo.

TABLA N° A.2 Distribución de la ocupación de TS dentro del anillo Este

Ring Name	SITE	VC4	TS Usados	TS Libres	Capacidad Usada
ANILLO STM 4 ESTE	Zarate	1	57	6	90.48%
	Santa Anita	2	23	40	36.51%
	Camacho	3	56	7	88.89%
	Monterrico	4	0	63	0.00%
	Higueretea	CAPACIDAD TOTAL USADA			
	Cotabambas	53.97%			

3. Cálculo de la capacidad del anillo Oeste

Este anillo tiene el mismo tipo de protección que el anillo Este. La tabla A.3 muestra la ocupación de este anillo.

TABLA N° A.3 Distribución de la ocupación de TS dentro del anillo Oeste

Ring Name	SITE	VC4	TS Usados	TS Libres	Capacidad Usada
ANILLO STM4 OESTE	San Miguel	1	62	1	98.41%
	La Punta	2	62	1	98.41%
	Callao	3	58	5	92.06%
	Aeropuerto	4	0	63	0.00%
	Cotabambas	CAPACIDAD TOTAL USADA			
	Internet CP	72.22%			
	Chinchón				
	San Felipe				

4. Calculo de la capacidad del anillo Norte

Cada tramo de este anillo, por tener una protección PP, es utilizado de manera equitativa, es decir cuando se crea un circuito por un tramo del anillo, la ruta de protección va por el otro, ocupando los Time Slots en ambos sentidos del anillo.

TABLA N° A.4 Distribución de la ocupación de TS dentro del anillo Norte

Ring Name	SITE	VC4	TS Usados	TS Libres	Capacidad Usada
ANILLO STM 4 NORTE	Colonial	1	62	1	98.41%
	Los Olivos	2	31	32	49.21%
	Santa Luzmila	3	0	63	0.00%
	Ingeniería	4	0	63	0.00%
	Cotabambas	CAPACIDAD TOTAL USADA			
		36.90%			

5. Calculo de la capacidad del anillo STM4

Cada tramo de este anillo, por tener una protección PP, es utilizado de manera equitativa, es decir cuando se crea un circuito por un tramo del anillo, la ruta de protección va por el otro, ocupando los Time Slots en ambos sentidos del anillo.

TABLA N° A.5 Distribución de la ocupación de TS dentro del anillo STM4

Ring Name	SITE	VC4	TS Usados	TS Libres	Capacidad Usada
Anillo STM 4	CE Pardo	1	56	7	88.89%
	Pardo y Aliaga	2	47	16	74.60%
	Playa Real 2	3	39	24	61.90%
	San Martín	4	0	63	0.00%
		CAPACIDAD TOTAL USADA			
		53.97%			

6. Cálculo de la capacidad del anillo STM16

Al igual que en el punto 1 de este anexo, este cálculo es especial debido a que este anillo tiene protección MSP, por esta razón la capacidad de cada tramo del anillo es diferente y hay que obtenerla tomando los valores del cliente T2000 para llenar la tabla A.6. Esta tabla muestra a los 16 VC4 y como se estructura cada VC4, luego con la ayuda del gestor de la red se obtiene la información para saber si el VC12, VC3 o VC4 está libre o no. La Tabla A.6 muestra un ejemplo de los datos obtenidos del cliente T2000.

TABLA N° A.6 Distribución de la ocupación de TS dentro del anillo STM16

N° VC4	Nivel	Chinchon					Villa - Villa 10G
		Villa - Chinchon	- Saladium	Saladium - Cotabambas	Cotabambas - Higuiereta	Higuiereta - Villa	
1 VC4	VC3 #1	19	18	16	17	17	21
	VC3 #2	18	19	15	17	17	21
	VC3 #3	19	19	16	17	17	21
2 VC4	VC3 #1	6	6	13	7	10	21
	VC3 #2	21	21	11	21	11	19
	VC3 #3	6	6	13	5	11	19
3 VC4	VC3 #1	21	21	7	21	21	21
	VC3 #2	21	21	21	16	15	21
	VC3 #3	21	21	11	21	21	21
4 VC4	VC3 #1	17	17	14	15	12	21
	VC3 #2	16	16	14	15	17	20
	VC3 #3	17	16	21	14	17	21
5 VC4	VC3 #1	21	21	21	13	17	19
	VC3 #2	3	3	9	13	12	19
	VC3 #3	3	3	21	7	17	20
6 VC4	VC3 #1	16	17		9	18	21
	VC3 #2	16	14		9	17	21
	VC3 #3	15	17		8	18	21
7 VC4	VC3 #1	21	21		1	21	21
	VC3 #2	21	21		0	21	21
	VC3 #3	18	18		1	17	19
8 VC4	VC3 #1	1	1		11	12	10
	VC3 #2	0	0		21	21	12
	VC3 #3	1	1		10	11	10
N° VC12		338	338	223	289	388	461
Capacidad / tramo =		67.06%	67.06%	44.25%	57.34%	76.98%	91.47%

ANEXO B

CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD Y EL MTTR LA RED

1. Disponibilidad de la red

Existen diferentes formas de calcular la disponibilidad de una red, Telmex calcula la disponibilidad de la red en base a la capacidad disponible por segundos. Hace uso de la siguiente fórmula.

(A.1) FORMULA PARA EL CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE LA RED

$$= 1 - \frac{\sum_{i=0}^{i=n} (C_i \times T_i)}{C_T \times (\text{Días del mes} \times 24 \times 60)}$$

C_i : Capacidad Interrumpida; T_i : Tiempo de Interrupción; C_T : Capacidad Total
T: en minutos; C: ver unidades de medida para cada red en "Niveles de detalle"

En base a esta formula definiremos los parámetros que se tiene que considerar para obtener el valor de la disponibilidad de la red.

La disponibilidad de la red debe evalúa de acuerdo al siguiente criterio:

- Verde: Si el porcentaje es mayor 99.9%
- Amarillo: Si el porcentaje está entre 99.7% y 99.9%
- Rojo: Si el porcentaje es menor a 99.7%

Estos datos nos permiten planificar la mejoras que hay que realizar sobre la red para lograr la máxima disponibilidad, Telmex exige que la red debe estar siempre en verde, esto permite brindar los diferentes acuerdos de nivel de servicio a los clientes, recordemos que no podemos brindar un SLA del 99.9% cuando nuestra red no cumple este compromiso.

2. MTTR de la red

El MTTR de la red es el Mean Time To Restore, el tiempo promedio para restablecer los servicios de la red. Esto mide el tiempo de respuesta del personal de mantenimiento en dar solución a los problemas que se presentan en la red, esta es una constante mejora para poder garantizar una disponibilidad mayor. EL MTTR está totalmente ligado al cálculo de la disponibilidad debido a que si una avería se soluciona en menor tiempo, esto hace que la disponibilidad sea mayor.

El MTTR se calcula en base a la siguiente fórmula: $MTTR = \sum T_i / n$

Ti y n ya fueron definidos en el punto 1 de este anexo.

ANEXO C

GLOSARIO DE TERMINOS

ADD/Drop Multiplexer (ADM)

Es un multiplexor capaz de insertar (Add) o extraer (Drop) señales de baja capacidad como E1/T1, E2/T2, E3/T3; dentro de señales multiplexadas de alta capacidad como un STM1.

Asíncrono

Es una red donde la carga del sistema de transmisión no está sincronizada y cada Terminal de red usa su propio sistema de clock.

Atenuación

Reducción de la magnitud de la señal óptica usualmente expresada en decibeles.

APS (Automatic Protección Switching)

Habilidad de un elemento de red para detectar una falla por la ruta principal (working) y conmutar el tráfico hacia la ruta de respaldo (protection)

Bi-Directional

Operación en ambas direcciones. Bi-Direccional APS permite que la conmutación sea iniciada por cualquiera de los extremos del enlace.

BER (Bit Error Rate)

El número de bits errados detectados en una unidad de tiempo, usualmente en segundos. Bit Error Rate es calculado en base a la siguiente formula:

$BER = \text{Bits errados recibidos} / \text{Total de bits enviados}$

Circuito

Referido al canal de comunicación sobre una red determinada, usualmente se utiliza un par de canales bidireccionales.

Core

Backbone o núcleo de la red, formado por equipos de alta capacidad de crossconexión.

Demultiplexación (DEMUX)

Separar 2 o mas señales previamente combinadas por un equipo multiplexor con el objeto de restablecer los distintos canales individuales de las señales.

E1

Nivel de señal transmitida en líneas ISDN, cuenta con 32 canales de 64Kbps.

Elemento de Red (NE)

Es un equipo que forma parte de la red SDH y puede ser ADM (Add/Dropp Mutiplexer), Regenerador o Terminal)

Crossconexión

Consiste en obtener una la señal de bajo orden (VC12 o VC3) que ingresa al equipo SDH dentro de una señal de alto orden (VC4) para poder insertarla en otra señal de alto orden o descargarla en una unidad tributaria. Las crossconexiones son ejecutadas por las tarjetas croconectoras de un equipo SDH.

Matriz de Asignación

Se denomina matriz de asignación a una tabla que nos sirve como guía para poder asignar los recursos lógicos (Time Slots dentro de un VC4, VC4, dentro de un anillo de mayor capacidad, etc)

Media Converter (MC)

Equipo que permite la conversión de una señal, puede ser de eléctrica a óptica tal cual nos referimos en este informe.

Modo de Transmisión Asíncrono (ATM)

Es una técnica de multiplexación y switching a través de la cual se transporta información dentro de celdas

Multiplexación

Transmisión de más de 2 señales (canales) dentro de una sola.

OSI (Open System Interconnection)

Es el modelo de red descriptivo creado por la Organización Internacional para la Estandarización lanzado en 1984. Es decir, fue un marco de referencia para la definición de arquitecturas de interconexión de sistemas de comunicaciones. Está compuesto de 7 capas: Capa Física, Capa de Enlace, Capa de Red, Capa de Transporte, Capa de Sesión, Capa de Presentación y Capa de Aplicación.

Path

Una conexión lógica entre un punto de la red SDH donde un VC es multiplexado y el punto donde el VC es demultiplexado.

Payload

Es la porción de la trama SDH donde se transporta la información que llega de capas superiores.

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

La Jerarquía Digital Plesiócrona, conocida como PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), es una tecnología usada en telecomunicación tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio (ya sea cable coaxial, radio o microondas) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales

de transmisión. También puede enviarse sobre fibra óptica, aunque no está diseñado para ello y a veces se suele usarse en este caso SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

POP (Point of Presence)

Es el lugar de la compañía de telecomunicaciones donde esta tiene alojado a los equipos que forman la red SDH.

Protecciones No Reversibles

Son aquellas protecciones que hacen que el tráfico de un anillo de la red SDH conmute por la ruta de protección ante una avería o corte de fibra, pero cuando el problema ya fue resuelto, los circuitos no retornan a su ruta original (working), el retorno se hace manualmente.

SDH

Estándar de transmisión de altas capacidades de información definido por la ITU. Este estándar se basa en la transmisión de señales ópticas de niveles de 155Mbps (STM-1).

Señal Óptica

Se refiere al haz de luz transmitida mediante una fibra óptica.

Servicios de alta Capacidad

Son aquellos servicios cuya carga (payload) es mayor a 2Mbps.

Sincronismo

Es una red donde el payload del sistema de transmisión esta sincronizado a un master clock, el sistema de referencia de clock puede ser traceado. Es una red donde todos los equipos tienen la misma exactitud del clock que reciben.

SONET (Synchronous Optical Network)

Time Slot dentro de un VC4

Un Time slot es la posición del VC12 o VC3 dentro de un VC4 estructurado. Se pueden transportar hasta 63 VC12 o 3 VC3 dentro de un VC4.

Unidad Administrativa (AU: Administrative Unit)

Una unidad administrativa es una estructura de información que provee adaptación entre el nivel de alto orden y la sección de Multiplexación en la cabecera de la trama SDH. El Virtual Container (VC) y los punteros, forman una Unidad Administrativa (AU).

Unidad Tributaria (Tributary Unit)

Una unidad tributaria es una estructura de información la cual provee adaptación entre las señales de bajo orden y de alto orden, esta contiene al Virtual Container (VC) más el puntero correspondiente a la unidad tributaria.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rafael Santiago Gonzales D'León, "Ampliación de la red de fibra óptica y el sistema SDH de transporte de información del metro de Medellín, Medellín, 2006
2. Huawei Technologies, "Collections of Maintenance for Huawei Products Transmissions Networks", Huawei University, 2008
3. Walter Goralsky, "SONET/SDH. 3 edition", Osborne/McGrawHill, 2002
4. Steven Shepard "SONET/SDH"; MacGrawHill, 2001
5. Huub Van Hellvoort "Next Generation SDH/SONET Evolution o revolution?"; Willey, 2005