

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**MIGRACIÓN DE TOPOLOGÍA LINEAL A TOPOLOGÍA EN ANILLO
DE UNA RED SDH DE FIBRA ÓPTICA DE ALTA DISPONIBILIDAD**

RAÚL HUMBERTO ESPIN CARRILLO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2011

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Rodrigo Silva y Fabian Saenz

CERTIFICAMOS

Que el presente proyecto de grado fue desarrollado por Raúl Humberto Espín Carrillo bajo nuestra dirección cumpliendo con las normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército

Quito, 11 de abril del 2011

Ing. Rodrigo Silva
DIRECTOR

Ing. Fabian Saenz
CODIRECTOR.

RESUMEN

En el presente trabajo, se define y analiza una red SDH en topología lineal protegida y en operación constituido por enlaces de fibra óptica y equipos multiplexores NGN a partir de la cual se propone un proceso sistemático que incluye conceptos de reutilización de infraestructura o elementos de red ya operativos, tiempo de indisponibilidad de servicios de red mínimos, mediante una baja inversión y alineados a un crecimiento progresivo de las redes para constituir una red SDH en topología en anillo.

Se incluye las mejores prácticas, recomendaciones y detalles técnicos tanto para el liderazgo, diseño y ejecución dentro de un esquema de proyecto técnico gerencial.

DEDICATORIA

A mis padres, mi familia y amigos por su fe y apoyo incondicional para culminar este proyecto y continuar por el buen camino de la vida.

AGRADECIMEINTOS

A mi jefe y compañeros de trabajo Xavier Castillo, David Herrera, Javier Galindo, Carlos Tamayo y Wendy Salvatierra, por su aporte de conocimientos y buenos ánimos para la elaboración de este proyecto.

A mi Director y Codirector Ingeniero Rodrigo Silva e Ingeniero Fabian Saenz respectivamente por su guía clara y efectiva para el desarrollo del proyecto.

A mis mejores amigos por su motivación, soporte y apoyo en cada consejo recibido.

PROLOGO

En el campo de las comunicaciones es conocido que las empresas de Telecomunicaciones como parte su red de transporte tienen implementado conexiones entre equipos multiplexores SDH o nodos de tipo serial, es decir, uno a continuación de otro, también conocida como, topología lineal, mediante dos enlaces de fibra óptica entre cada uno de ellos, operando uno de ellas como enlace principal y enlace redundante conocida como protección 1 + 1 MSP.

También es conocido que las redes en anillo sean estas redes IP, SDH u otras presenta una ventaja adicional sobre las redes lineales que es la redundancia de ruta al fallo drástico de uno de los elementos de red sea este un equipo o un enlace. De aquí nace una primera necesidad de cambiar de topologías las redes que desde sus inicios no han sido configuradas en anillo.

Adicionalmente, las empresas buscan proyectos rentables, donde la inversión o costo sea menor y los beneficios elevados y alineados a su demanda. Como ejemplo, el cambiar de red de topología lineal a topología en anillo en un escenario drástico consistiría en montar una red completamente nueva en paralelo a la existente, implicando inversión en infraestructura nueva, costo de instalar nuevos equipos y enlaces de fibra óptica, y finalmente, las pérdidas por mantener una red lineal improductiva y duplicar la infraestructura en relación al crecimiento de la red. De este último punto nace la necesidad de reutilizar la infraestructura instalada por cada empresa.

Combinadas las dos necesidades indicadas y alineados con el crecimiento progresivo de la red de transporte es necesario definir un proceso para ejecutar un cambio de topología lineal a topología en anillo en red SDH de fibra óptica.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| CAPITULO I..... | 16 |
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| 1.1. Justificación e importancia..... | 17 |
| 1.2. Alcance del proyecto..... | 17 |
| 1.3. Objetivos | 18 |
| 1.4. Definición de modelo de la red inicial en operación | 19 |
| 1.3. Características de Red a diseñar | 28 |
| CAPITULO II..... | 31 |
| PROPUESTA TECNICA | 31 |
| 2.1. Introducción | 31 |
| 2.2. Descripción | 31 |
| 2.3. Emulación de red lineal sobre red anillo | 35 |
| 2.4. Definición de especificaciones técnicas de equipos | 36 |
| CAPITULO III..... | 41 |
| PLAN DE MIGRACIÓN | 41 |
| 3.1. Introducción | 41 |

| | |
|--|----|
| 3.2. Plan de migración física de tráfico | 42 |
| 3.3. Plan de migración lógica..... | 48 |
| 3.4. Análisis de los resultados..... | 49 |
| Conclusiones y Recomendaciones..... | 52 |
| Glosario de Términos | 13 |
| Bibliografía | 54 |
| Anexo 1: Manual técnico Hit7070 Siemens | 57 |
| Anexo 2: Manual técnico OSN9500 Huawei | 59 |
| Anexo 3: Diagrama Detallado de modelo de red lineal inicial | 61 |
| Anexo 4: Diagrama detallado de modelo de red en anillo final | 63 |
| Anexo 5: Cronograma de proyecto | 65 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Característica de fibra óptica entre nodos | 27 |
| Tabla 2: Características de tarjetas Interfaz de línea..... | 38 |
| Tabla 3: Calculo de potencias de interconexión | 40 |
| Tabla 4: Cronograma de actividades para la migración física de topología | 43 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Multiplexaje síncrono directo | 21 |
| Figura 2: Modelo de red inicial en operación | 21 |
| Figura 3: Esquema de estándares ITU de fibras ópticas | 26 |
| Figura 4: Proceso de migración 1, equipos a instalar | 32 |
| Figura 5: Proceso de migración, configuración lógica de servicios..... | 33 |
| Figura 6: Proceso de migración, cambio de FO ruta B, ruta A con tráfico . | 33 |
| Figura 7: Procedimiento de migración, cambio de tráfico al desconectar ruta A..... | 34 |
| Figura 8: Procedimiento de migración, cambio de tráfico al desconectar rutas A..... | 34 |
| Figura 9: Enlace de fibra óptica a conformar entre Nodo B y C..... | 39 |
| Figura 10: Cronograma general del proyecto Cambio de Topología | 42 |
| Figura 11: Pruebas de falla ruta B entre Nodo A y B y conmutación de tráfico. | 47 |
| Figura 12: Pruebas de falla ruta B entre Nodo B y C y conmutación de tráfico | 48 |
| Figura 13: Proyección de la red en la configuración anillo..... | 50 |

Figura 14: Comparación de costos por escenarios..... 52

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ITU: Sector de normalización de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones). Se formó en 1993 para reemplazar al CCITT y su sede está ubicada en Génova, Suiza.

SDH: Synchronous Digital Hierarchy o Jerarquía digital síncrona.

STM: Synchronous Transport Module o Módulo de transporte síncrono

MSP: Multiplex section protection o protección de sección múltiple.

SNCP: Subnetwork connection protection.

ADM: add drop multiplexer

TMX: terminal multiplexer

LCX: local crossconnect

ANSI: American National Standards Institute. Organización Privada sin fines de lucro fundada en 1918, la cual administra y coordina el sistema de estandarización voluntaria del sector privado de los Estados Unidos.

EIA: Electronics Industry Association. Fundada en 1924. Desarrolla normas y publicaciones sobre las principales áreas técnicas: los componentes electrónicos, electrónica del consumidor, información electrónica, y telecomunicaciones.

TIA: Telecommunications Industry Association. Fundada en 1985 después del rompimiento del monopolio de AT&T. Desarrolla normas de cableado industrial voluntario para muchos productos de las telecomunicaciones y tiene más de 70 normas preestablecidas.

ISO: International Standards Organization. Organización no gubernamental creada en 1947 a nivel Mundial, de cuerpos de normas nacionales, con más de 140 países.

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica. Principalmente responsable por las especificaciones de redes de área local como 802.3 Ethernet, 802.5 Token Ring, ATM y las normas de Gigabit Ethernet

Backbone: Éste término se acuña al corazón o columna vertebral de una red de transporte de información. Regularmente se conoce así a la red principal de una organización o que tenga los equipos y medios con mayor capacidad.

E1: Canal de tráfico de la jerarquía PDH Europea que tiene una capacidad de transportar 32 canales de voz.

EoS (Ethernet over SDH): Conjunto de protocolos que permiten encapsular tráfico Ethernet sobre las tramas SDH de manera transparente para el cliente final.

Matriz de cross conexión: Elemento conmutador interno que tienen los equipos Crossconectores en una red SDH y que permite conmutar tráfico entre diferentes canales de tributario y agregado.

Multiplexación digital: Este concepto se asocia al aprovechamiento que se hace de un canal de comunicaciones en el que se transportan señales digitales. 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 o ranuras de tiempo diferentes llamados time slots.

Multiplexor: Equipo que tiene la capacidad de multiplexar varios canales de tributario sobre un mismo medio de transmisión.

Multiplexor add-drop: Equipo multiplexor que puede adicionar y extraer canales de tributario sin desmontar la trama SDH.

Nodo SDH: Lugar lógico y geográfico de una red SDH donde es posible ingresar o extraer tráfico para hacer uso de la red.

O&M: Se refiere a la operación, administración y mantenimiento de una red.

ODF: Distribuidor de fibra óptica.

OTDR: Equipo que realiza mediciones de atenuación en un enlace de fibra óptica.

Patchcords: Elementos que permiten interconectar enlaces de cableado.

Rack: Gabinete donde se almacenan equipos informáticos y de telecomunicaciones.

Standby: Elemento que se encuentra disponible en un estado de espera no activo

STM: Módulo de transporte síncrono. Trama básica SDH.

STMN: Se refiere a los niveles de jerarquía de una red SDH.

Unidireccional es una conexión de una vía a través de los elementos de red SDH, por ejemplo enviar tráfico únicamente.

- Bidireccional es una conexión de dos vías a través de los elementos de red, teniendo funciones de envío y de recepción de información

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los Operadores de Telecomunicaciones en Ecuador al igual que otros operadores en el mundo emplea el estándar internacional para una red de fibra óptica de telecomunicaciones de alta capacidad según las normas G.707, G708, G.709¹ de la ITU conocido como SDH y aprovechando las ventajas de esta tecnología entre las que se destaca la facilidad de infraestructura de red simple, económica, flexible y fiable, han desplegado su redes de backbone o redes troncales en base a los requerimientos de ancho de banda de los servicios que trafican y utilizando equipos multiplexores SDH en configuraciones de tipo serial, es decir, uno a continuación de otro, conocida como, topología lineal, mediante enlaces de fibra óptica entre cada nodo.

También es conocido que las redes en anillo sean estas redes IP, SDH u otras presenta una ventaja adicional sobre las redes lineales que es la redundancia de ruta al fallo drástico de uno de los elementos de red sea este un equipo o un enlace. De aquí nace una primera necesidad de cambiar de topologías las redes que desde sus inicios no han sido configuradas en anillo.

¹ Para ampliar el concepto sobre SDH se recomienda revisar el capítulo 2 del libro Introducción a las telecomunicaciones modernas Escrito por Enrique Herrera y Enrique Herrera Pérez

Por otro lado, los operadores o empresas buscan proyectos rentables, donde la inversión o costo sea menor y los beneficios elevados y alineados a su crecimiento progresivo o demanda de servicios y anchos de banda.

En un escenario drástico, el cambiar de red de topología lineal a topología en anillo consistiría en montar una red completamente nueva en paralelo a la existente, implicando inversión en infraestructura nueva, costo de instalar nuevos equipos y enlaces de fibra óptica, y finalmente, las pérdidas por mantener una red lineal improductiva y duplicar la infraestructura en relación al crecimiento de la red. De este último punto nace la necesidad de reutilizar la infraestructura instalada por cada empresa.

1.1. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

Combinadas las dos necesidades indicadas en el párrafo anterior y alineado con el crecimiento progresivo de la red de transporte, en el presente proyecto, a partir de un modelo de red lineal definido se plantea un proceso sistemático para ejecutar un cambio de topología lineal a topología en anillo en red SDH de fibra óptica.

El proyecto propone a partir de un modelo general de características específicas y definidas, un proceso sistemático para ejecutar el cambio de una topología lineal a una topología en anillo sobre una red SDH de fibra óptica de tipo NGN.

1.2. ALCANCE DEL PROYECTO.

El proyecto tiene como alcance:

- Proponer un modelo característico y generalizado de red lineal conformado por tres nodos.

- Proponer un modelo de red en anillo a conformar, analizando las ventajas y desventajas en implementación, durante su operación y reflejadas en costos.
- Diseñar y proponer una solución técnica en base a un plan sistemático para cambiar de topología produciendo la menor indisponibilidad de servicio.
- Sugerir detalles técnicos que se deberán considerar para realizar cambios similares.

1.3.OBJETIVOS

El presente proyecto tiene como principal objetivo diseñar a partir de un modelo de red de alta disponibilidad conformado por tres nodos SHD y red de fibra óptica, un proceso general para cambiar de topología de conexión lineal a topología en anillo.

Otros objetivos de este proyecto son:

- Definir y analizar un modelo de red SDH en topología lineal de características básicas y generales conformada por tres nodos.
- Proponer redistribuir tráfico en varios equipos de tal forma si uno de ellos sufre una avería grave como puede ser un apagado completo del equipo, el resto pueda seguir manejando el tráfico sin afectación alguna al servicio.
- Promover la ejecución del cambio con bajo costo al reutilizar la infraestructura y los tramos de fibra óptica instalados y en operación cuya autorización frente a Municipios de la zona o demás entes reguladores, como por ejemplo Senatel, que en el caso de estar en regla ocasiona una optimización en tiempo y costos.

- Establecer las características y especificaciones que deberán tener los equipos, tarjetas, conexiones de tal forma puedan operar sin inconvenientes entre ellos.

1.4. DEFINICIÓN DE MODELO DE LA RED INICIAL EN OPERACIÓN

El principal objetivo en la definición de “SDH” era la adopción de una verdadera norma mundial que posibilitara una compatibilidad máxima entre diferentes suministradores y operadoras. Este estándar especifica velocidades de transmisión, formato de las señales (tramas de 125 microsegundos), estructura de multiplexación, codificación de línea, parámetros ópticos, etc.; así como normas de funcionamiento de los equipos y de gestión de red. Por otro lado, SDH dota a la red de una mayor flexibilidad, un mejor aprovechamiento del ancho de banda potencial de la fibra óptica, y más capacidad de monitorización de la calidad y gestión centralizada.

El estándar SDH define interfaces de tráfico que son independientes de los distintos vendedores de equipos, denominadas módulos de transporte síncrono o STM-N (Synchronous Transport Module). En SDH se parte de una señal de 155 Mbps denominada módulo de transporte síncrono de primer nivel o STM-1, definida tanto para interfaz óptica como de cobre.

Los restantes STM-N, definidos exclusivamente para la interfaz óptica, se obtienen mediante el entrelazado de bytes de varias señales STM-1. En la actualidad se encuentran normalizados los valores de: STM-4 (622 Mbps), STM-16 (2,5 Gbps), STM-64 (10 Gbps) y STM-256 (40 Gbps); que, como se ve, son múltiplos enteros de 155 Mbps en una secuencia de $n \times 4$.

Las dos tecnologías, PDH y SDH, se basan en multiplexores digitales que, mediante técnicas de TDM, permiten combinar varias señales digitales (denominadas señales de jerarquía inferior o señales tributarias) en una señal digital de velocidad superior. En ambos sistemas, la fibra óptica se utiliza como mero sistema de transmisión, puesto que las funciones de amplificación, encaminamiento, extracción e inserción de señales, etc., se realizan en el dominio eléctrico.

1.4.1. ¿Qué es un multiplexor SDH?

Un equipo multiplexor es el elemento que brinda la verdadera flexibilidad a la red SDH al integrar las funcionalidades de multiplexación y conmutación digital.

La interconexión de nodos mediante equipos o sistemas de transporte SDH individuales se puede producir debido a la señal de transporte que se describe como la trama SDH la cual es estándar de comunicación.

En este proyecto no se explicara las tramas SDH de la cual se puede encontrar gran información bibliográfica, pero si se revisará su aplicación y ventajas en equipos determinados y utilizados por los operadores de telecomunicaciones en sus redes.

Las interfaces de línea en conjunto con el sistema de gestión o administración y mantenimiento de la red son dos características adicionales que permite la conexión directa y fácil entre equipos SDH de diferentes fabricantes.

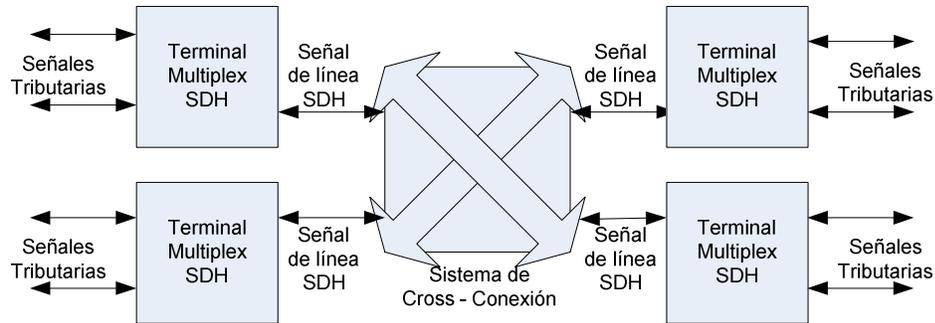


Figura 1: Multiplexaje síncrono directo

1.4.2. Definición de Topología de red en Operación

La mejor forma de describir la red inicial y en operación se resume en la Figura 2 y a continuación se describirá y detallara cada unas de sus partes.

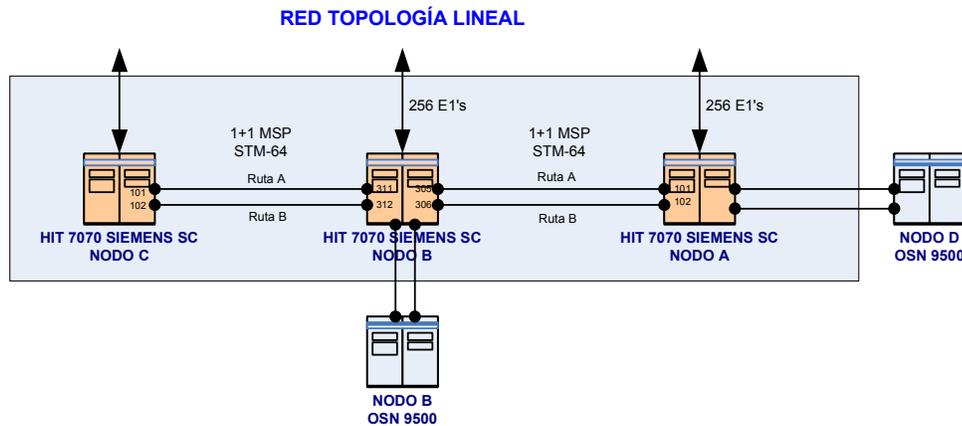


Figura 2: Modelo de red inicial en operación

La red lineal a tratar básicamente estará compuesta por tres nodos SDH cuyo tráfico requiere alta disponibilidad dada la importancia de los servicios o el tráfico que cruce en entre los nodos. La interconexión entre los tres nodos es principalmente por fibra óptica de capacidad 1 STM-64 en configuración lineal 1+1 MSP, es decir que, entre El Nodo A y Nodo B existen dos fibras ópticas por rutas

independientes conectadas a un equipo en cada sitio, el mismo escenario presenta la conexión entre nodo B y Nodo C donde el punto en común para los dos tramos es el equipo de Nodo B.

Asumiremos que el operador tiene equipos en funcionamiento de la marca Siemens, modelo HIT7070 DC y SC como también de la marca Huawei modelo OSN9500 y OSN3500.

En los siguientes dos temas se resumen las características básicas de los equipos a utilizar en el desarrollo de este proyecto.

1.4.3. El equipo HIT7070 de Siemens

El equipo conocido como HIT7070 es un multiplexor de SDH de nueva generación fabricado por Siemens como SURPASS HIT70 Series. De forma resumida sus características son:

- Integra soluciones de bajo costo para manejar tráfico de voz y datos.
- Puede ser usado como ADM, TMX o LCX acorde a los estándares la ITU /ETSI.
- Es una plataforma de Servicios múltiples: 2M, 34/45M, 155M, STM-1/4/16, GFP para 10/100BT, GbE, SAN interfaces (FICON, Fiber Channel) para core; STM-16, GFP para 10GbE
- Soporta concatenación de servicios.
- Extensivas características de protección (SNCP, MSP, BSHR, Hardware)
- Apagado automático de laser en caso de interrupción del enlace o corte de fibra acorde a ITU –T G.664 and ITU –T G.958.
- Automática detección de elemento de red (NE) y fácil equipamiento
- Amplio rango de interfaces para adicionar Servicios y canales de datos incluyendo EOW y full DCC procesamiento.

- Concepto de supervisión acorde con ITU-T Rec. G.784; interfaces para conexión local: Terminal (F-interface) and TMN (Q-interface).
- Extensivo uso de circuitos integrados dedicados que permiten un diseño compacto, bajo consumo de potencia y alta rentabilidad.

Para mayor información se adjunta el manual técnico del equipo en la parte de anexos.

1.4.4. El equipo OSN9500 de Huawei.

El equipo Optix OSN9500 del fabricante Huawei forma parte de la familia de sistemas inteligente de conmutación óptica, al igual que el equipo HIT7070 conserva sus características básicas de un multiplexor SDH más las siguientes:

- Puede tener una matriz de cross conexión mayor al equipo Siemens
- Configuración automática de servicios end-to-end.
- Incluye funcionalidades para ingeniería de control de tráfico.
- Facilidad para operar y configurar distintos tipos de topología como puede ser en malla, en anillo, estrella entre otras
- Variedad de protecciones a nivel de equipo y de red
- Sistema de gestión con variedad de funcionalidades y facilidades.
- Variedad de interfaces tanto para SDH, Ethernet entre otras acorde a los estándares de ITU.

De igual manera en el apartado de anexos se incluye las hojas técnicas o manuales del equipo donde se amplía las características, funcionalidades y más detalles.

La diferencia principal a destacar entre los equipos Hit7070 y OSN9500 es que el primero permite subir y bajar tráfico a nivel de tributarios E1 o VC12 mientras que el OS9500 permite subir o bajar tráfico a nivel de conexiones STM-1, esta diferencia sumada a la facilidad de administración y análisis de tráfico que presenta la plataforma de Huawei que hace que el uso del OSN 9500 sea como equipo de backbone o core.

1.4.5. Interfaces de línea de multiplexores SDH

Para SDH se definen las interfaces físicas tanto ópticas como eléctricas, en este apartado se referirá principalmente a las interfaces ópticas de las cuales las especificaciones se definen en cada tasa para tres escenarios deferentes de aplicación:

- Local (indicados con I-n, donde n=nivel jerárquico STM). Abarca aplicaciones que requieren una transmisión a una distancia máxima de 2 km, con estimaciones de pérdidas entre 0 y 7 dB con fibra monomodo. Los transmisores ópticos I-n pueden ser LEDs o transmisores láser de modo multilongitudinal (MLM) de baja potencia con longitud de onda de 1310 nm.
- Corto alcance (indicados con S-n.1 ó S-n.2, donde n=nivel jerárquico STM, 1=longitud de onda de 1310nm sobre fibra G.652; 2=longitud de onda de 1550nm sobre fibra G.652). Abarca aplicaciones a una distancia de hasta 15km, con pérdidas entre 0 y 12 dB, con fibra monomodo. Se utilizan transmisores láser de modo monolongitudinal (SLM) o de modo multilongitudinal (MLM) de baja potencia (50W ó -13dBm) con longitudes de onda de 1310 ó 1550nm.
- Largo alcance (indicados con L-n.1 ó L-n.2 ó L-n.3, donde n=nivel jerárquico STM, 1=longitud de onda de 1310nm sobre fibra G-652; 2=longitud de onda de 1550nm sobre fibra G-652 ó G-654; 3=longitud de onda de 1550nm sobre fibra G-653). Abarca

aplicaciones a distancias de hasta 40km, con pérdidas entre 10 y 28dB, con fibra monomodo. Se utilizan transmisores láser SLM ó MLM de alta potencia (500W ó -3dBm) con longitudes de onda de 1310 ó 1550nm

1.4.6. Características de los nodos involucrados.

Los nodos involucrados en el cambio, se asumirán como estaciones de telecomunicación ya existentes, que a nivel de infraestructura son cuartos diseñados para equipos que brindan las condiciones necesarias para que operen correctamente cada elemento de red o equipo.

- *Nodo A:* tiene instalado un equipo HIT7070 el cual también se conecta mediante conexiones de fibras ópticas a otros nodos.
- *Nodo B:* es el punto medio de la red a trabajar, en el se encuentran instalados equipos HIT7070 y OSN9500.
- *Nodo C:* es el punto final de la topología y tiene instalado un HIT7070

Como se mencionó anteriormente, se supondrá que existen secciones de fibra óptica desplegada, autorizada y en funcionamiento que interconectan dichos nodos con la característica general que por cada sección existe dos fibras ópticas de manera paralela pero por rutas completamente independientes.

Como punto adicional se menciona que cada fabricante de equipos provee su sistema de gestión y mantenimiento. Para el caso de los equipos marca Siemens el sistema de gestión se llama TNMS mientras que para la marca Huawei es el T2000, la diferencia principal y de ventaja para el proyecto es la facilidad de operación del segundo al permitir crear servicios origen – destino mientras el software calcula y crea las rutas intermedias.

1.4.7. Características de las fibras ópticas existentes.

Los esfuerzos de estandarización iniciados en la década de los años 70 dieron sus frutos en las recomendaciones ITU-T. En un principio (período 1977-1980) la G.651 normalizó las fibras ópticas multimodo de 50/125 μ m; luego (período 1981-1984) la G.652 normalizó la fibra óptica monomodo y la G.956 los sistemas de línea. Las FO monomodo para tercera ventana se encuentran normalizadas en G.653/654/655.

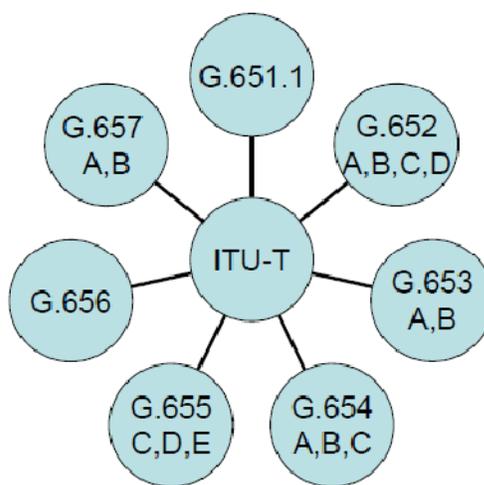


Figura 3: Esquema de estándares ITU de fibras ópticas²

Para el modelo de análisis se define la utilización de la fibra óptica del tipo monomodo SM (SingleMode) normalizada en ITU-T G.652 que trata de la FO más popular en redes de telecomunicaciones actuales dado costo de fabricación. Es factible de usarse en 1300 y 1550 nm. Debido a la dispersión cromática esta FO está optimizada para el cero de dispersión en 1300 nm, a continuación se resumen las principales características de la fibra:

ITU-T G.652. FIBRA MONOMODO STANDARD.

² Gráfica tomada de la presentación de seminario, "Helping you build better networks", por Brand – Rex Technical

- Longitud onda corte 1,18 a 1,27 μm .
- Diámetro del campo modal 9,3 (8 a 10) μm (tolerancia 10%).
- Diámetro del revestimiento 125 μm (tolerancia 3 μm).
- Recubrimiento de silicona Coating 245 μm (tolerancia 10 μm). Acrilato curado con UV. .
- Error de circularidad del revestimiento 2%.
- Error de concentricidad del campo modal 1 μm .
- Atenuación de 0,4 a 1 dB/km en 1300 nm.
- Atenuación de 0,25 a 0,5 dB/km en 1550 nm.
- Dispersión cromática 1285-1330 nm 3,5 ps/km.nm.
- Dispersión cromática 1270-1340 nm 6 ps/km.nm.
- Dispersión cromática en 1550 nm 20 ps/km.nm

En la siguiente tabla se resumen parámetros adicionales e importantes a considerar de la FO, se asume que por encontrarse dos fibras en paralelo sus distancias no difieren en magnitud considerable y por tal se las considera iguales:

Tabla 1: Característica de fibra óptica entre nodos

| Tramo | Distancia (Km) | Perdidas en la fibra (dB) | Perdidas en empalmes intermedios (dB) | Perdidas en ODFs y patch cords (dB) | Atenuación del trayecto Proyectada (dB) |
|----------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Ruta Nodo A – Nodo B | 9.11 | -1.822 | -0.8 | -3 | -5.622 |
| Ruta Nodo B – Nodo C | 22.05 | -4.41 | -1.6 | -3 | -9.01 |

1.4.8. Capacidad e importancia del tráfico que cruza la red inicial.

Para nuestro modelo de análisis, se supondrá que la capacidad de tráfico entre nodos de la red inicial es de un STM-64 es decir que, las tarjetas de interfaz son de dicha capacidad. El tráfico efectivo que cruza cada enlace se encuentra al 46% y se recalca que el tráfico es inferior al 50% pero con tendencias a elevarse

en corto tiempo y es esta capacidad que hace que un simple fallo en el sistema pueda tener un impacto nocivo en los servicios proporcionados por la red si no se dispone de una protección adecuada. Una red resistente que asegure el tráfico que porta y que pueda restaurarlo automáticamente ante cualquier evento de fallo es de vital importancia. Los sistemas de transmisión SDH permiten desplegar esquemas de protección estándar uno de ellos es una conmutación multiplexada conocida como MSP.

La conmutación de protección automática MSP es la capacidad de un sistema de transmisión para detectar una falta en un canal de servicio y conmutarlo a un canal de reserva para evitar la pérdida del tráfico. Una descripción completa de los objetivos y requerimientos se puede encontrar en UIT-G.841 y ANSI T1.105.01 Esta capacidad tiene un efecto positivo en la disponibilidad total del sistema y será el criterio más empleado en durante la migración.

Se asume también que todo el tráfico es bidireccional, es decir, cada servicio tiene un canal de transmisión y otro de recepción a la vez y por tal el tráfico debe configurarse como Bidireccional en el anillo también. Para conformar un anillo SDH se debe considerar que está limitado el número máximo de nodos que no debe exceder de 16 debido al campo de identificación del nodo de 4 bits en los bytes K1 y K2 del protocolo APS. Para este proyecto esto no será inconveniente.

1.3. CARACTERÍSTICAS DE RED A DISEÑAR

La red en anillo a configurar incluye los siguientes conceptos:

- Reutilizar los enlaces de fibras ópticas existentes entre nodos.
- Crear un anillo con redundancia de equipo en los extremos.

- Optimizar el tráfico inicio a fin de tal manera no se utilicen recursos de los equipos.
- El anillo estará compuesto por equipos de distinto fabricante al que se encuentran en operación en red lineal.
- La red permitirá cambios a nivel físico y a nivel de servicios o lógico de manera independiente para facilitar el cambio.
- Todos los elementos o equipos activos del anillo deben poseer gestión remota.

1.3.1. Capacidad de tráfico

Dado que el cambio no se lo realiza por ampliación de capacidad sino más bien por ampliar la disponibilidad, la capacidad de tráfico en el anillo a formar será de un STM-64.

1.3.2. Ventajas y desventajas de la nueva topología.

Dentro de las ventajas de desarrollar el cambio de topología a anillo se encuentran:

- Incrementar la disponibilidad al utilizar la protección de servicios por una segunda trayectoria en el anillo.
- Diversificar el tráfico en varios equipos y eliminar puntos críticos de fallo al utilizar un solo equipo que concentre todos los servicios.
- Facilitar el Mantenimiento de los equipos sin temor a afectar el tráfico.
- Facilitar una topología que permita en futuros requerimientos de capacidad o cambio de tecnología migrar menor riesgo al servicio. Un ejemplo de esto es pasar de SDH a DWDM utilizando las fibras ópticas existentes.

Dentro de las Desventajas del sistema en anillo se encuentran:

- El incremento de equipos activos y tarjetas y en consecuencia un incremento en el costo del mantenimiento de la red.
- Elevar la complejidad en la administración de los servicios al tener más de una ruta a monitorear.

CAPITULO II

PROPUESTA TECNICA

2.1.INTRODUCCIÓN

En este capítulo a partir de la red lineal se define la estrategia y esquematiza el plan de migración a la red anillo, también se revisa las características técnicas y especificaciones que los elementos de red sean activos o pasivos deben cumplir antes, durante y después del cambio. Se destaca sugerencias técnicas como por ejemplo que la instalación de cada elemento de forma precisa y acertada evitará dolores de cabeza y gastos innecesarios; y durante el desarrollo de cada subtema se da a conocer recomendaciones en base a la práctica adquirida en el tema.

2.2.DESCRIPCIÓN

La estrategia a utilizar en el cambio de topología es la emulación de red que de manera general consiste en hacer creer a los equipos o simular que sus conexiones se encuentran intactas mediante una manipulación por etapas de configuraciones lógicas y físicas específicas que en el modelo OSI constituirían el Nivel 1 y Nivel 2 respectivamente. A continuación se explica de forma gráfica el proceso de migración física.

En la Figura 4 se indica la configuración inicial de la red junto con los equipos nuevos o adicionales a instalar para configurar la topología en anillo. En este punto es importante contar con la gestión remota de los equipos para ejecutar las configuraciones de servicios, en la Figura 5 se muestra con líneas punteadas rojas la configuración necesaria para el tráfico entre el Nodo A y el Nodo B, mientras que con línea punteada naranja la configuración entre el Nodo B y el Nodo C. Es importante aclarar que la redundancia de cada ruta en el anillo es la que pasa por los equipos OSN 9500 2 de los nodos A y C.

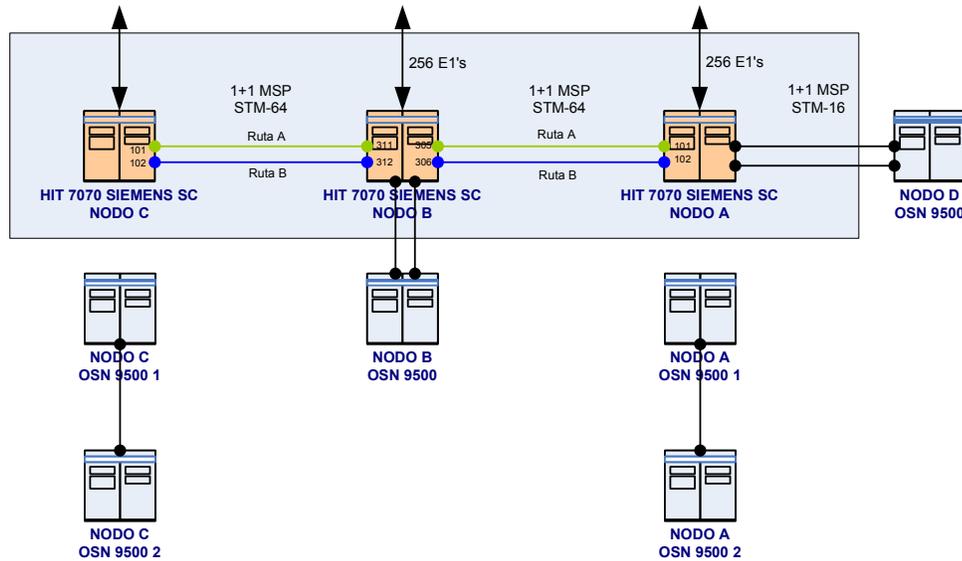


Figura 4: Proceso de migración 1, equipos a instalar

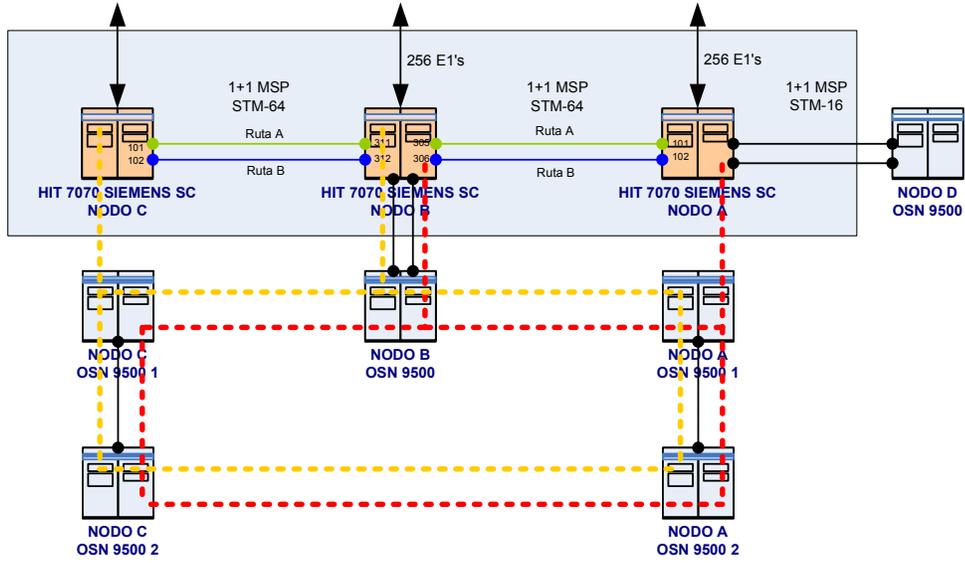


Figura 5: Proceso de migración, configuración lógica de servicios.

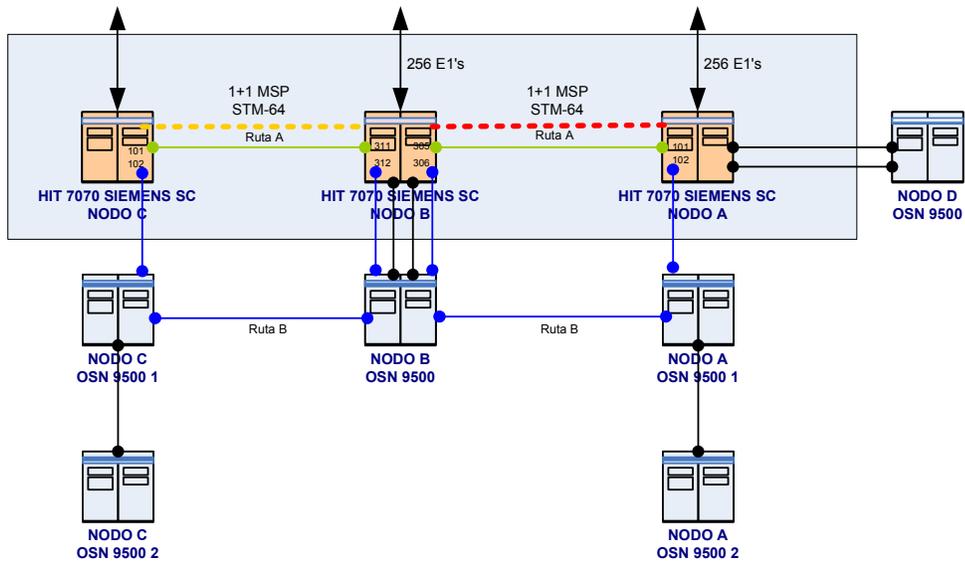


Figura 6: Proceso de migración, cambio de FO ruta B, ruta A con tráfico

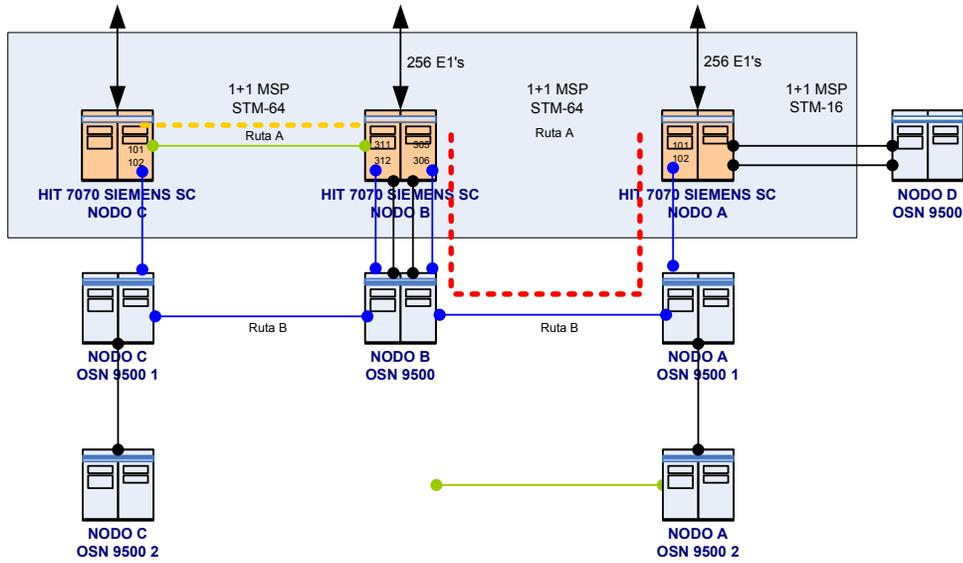


Figura 7: Procedimiento de migración, cambio de tráfico al desconectar ruta A.

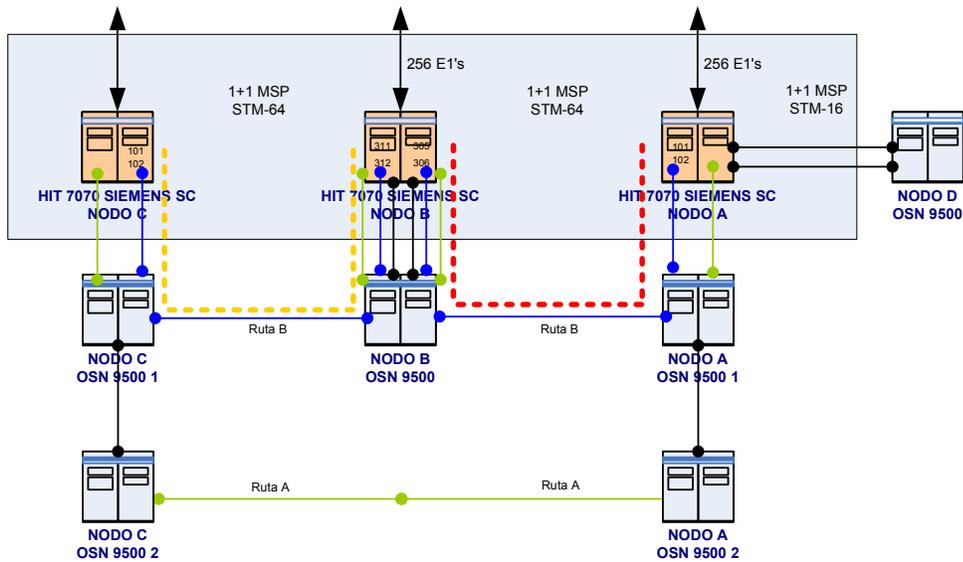


Figura 8: Procedimiento de migración, cambio de tráfico al desconectar rutas A

En el siguiente apartado se mencionarán características que se deben cumplir para la utilización de la emulación de red en este proyecto.

2.3. EMULACIÓN DE RED LINEAL SOBRE RED ANILLO

Para que el cambio sea factible con el menor impacto la red en anillo debe simular la red lineal en operación, para lograrlo, las conexiones físicas que es delicado manipular dado el riesgo se configurarán para formar el “anillo de fibra” óptica mientras que las configuración lógica estará configurada para formar la red lineal. Es claro entonces que se requiere migrar en dos pasos, la primera una migración de conexiones físicas y posterior la migración de conexiones lógicas o reconfiguración de servicios.

Para este modelo se ha definido utilizar equipos de diferentes marcas es por eso que se debe probar y garantizar el siguiente punto:

2.3.1. Inter-operatividad entre equipos de marcas distintas

El funcionamiento entre equipos de distinta marca es garantizado por el objetivo del estándar SDH, sin embargo esta operación es a nivel de señales payload y existe la posibilidad que los parámetros adicionales como gestión, alarmas no sean transferidos.

Para esta aplicación se ha comprobado mediante pruebas controladas y de laboratorio que tanto la gestión de equipo remoto como las alarmas de servicios entre ellos no son administrables en los siguientes escenarios:

- Dos o más equipos de distinta marca conectados en serie no podrá tener gestión remota no más halla del primer equipo.
- Las alarmas de los servicios únicamente se podrán observar en los equipos origen y destino más no en los equipos intermedios dado la estructura SDH.

Por tal es necesario tomar acción como:

- Reconfigurar los bits de gestión que manejan los multiplexores dependiendo de cada fabricante
- Crear canales dedicados a manera de red LAN a través de los equipos a intervenir sin importar el fabricante y aprovechando la capacidad de los enlaces existentes.

2.4.DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS

2.4.1. ODFs y patch cords de fibra óptica

Ya en la implementación de soluciones, la manipulación de la fibra óptica constituye un punto crítico en los proyectos de alto riesgo es por eso que se darán algunas buenas normas y sugerencias en este proyecto basadas en los estándares internacionales de cableado estructurado.

Como norma básica siempre se recomienda que la fibra óptica que interconecta entre estaciones y es de tipo para exteriores en sus puntos terminales llegue a distribuidores o también conocidos como ODF pues facilitan el ordenamiento, manipulación de los cables y por ende la administración y mantenimiento de los conexiones o tramos, también permite realizar cambios de tipo de fibra óptica como por ejemplo de tipo para exteriores o intemperie a tipo para interiores que comúnmente se los conoce como patch cord de fibra óptica. La ubicación de los ODFs debe ser definida y claramente identificada. El tipo de conector y el número de conexiones permitidas puede variar en relación al número de fibras existentes o futuras ampliaciones, para nuestro caso, solo se utilizará un puerto (dos conectores, uno de TX y otro RX).

Se sugiere estandarizar las conexiones para minimizar las fallas, reducir el material a lo estrictamente necesario y por ende los repuestos. Para ello estableceremos la conexión de los ODF con conectores SC mientras que la conexión con equipos con conector LC.

Como parte del plan de migración se debe establecer los patch cord de fibra óptica y definir las conexiones y rutas necesarias a instalar para posibilitar el cambio de topología, se sugiere realizar un diagrama esquemático detallado de las conexiones, puntos de conexión, ubicaciones, tipos de conectores y distancias a utilizar. Como anexo se incluye un ejemplo de un esquema.

Una vez instaladas cada fibra óptica debe ser probada o certificada mediante equipos de medición para determinar si se echaron a perder durante la instalación, se debe verificar principalmente que la atenuación de la fibra este en un rango aceptado similar a lo calculado o especificado por el fabricante para los patch cords, esta debe ser la norma básica y más estricta a cumplir sin falta, no habrá peor escenario que el contar con todos los recursos en posición y en medio de la ejecución encontrar que por un defecto en la fibra óptica se deba devolver el trabajo a su estado inicial.

2.4.2. Equipos y tarjetas nuevas a instalar y configurar.

Como se indica en el apartado 1.4.5 Interfaces de línea de multiplexores SDH existen varios interfaces que difieren en la potencia de transmisión, la sensibilidad de recepción, el tipo de laser o la longitud de onda de la luz o también conocida como ventana de operación. Para el diseño es de gran importancia comprender su aplicación, facilidades e inconvenientes a la hora de operar. En este modelo se asumirá que las interfaces que se encuentran operando son para un largo alcance y que por motivos de no existir factibilidad de instalar o cambiar de tarjetas se las deberá utilizar para conexiones locales.

Es necesario contar con toda la información referente a las tarjetas de cada equipo, en la siguiente tabla se resume la disposición de tarjetas en los equipos existentes y nuevos para este modelo. En la sección de anexos junto con los manuales técnicos de cada equipo se puede encontrar la información de las tarjetas.

Tabla 2: Características de tarjetas Interfaz de línea

| Niveles de TX y RX de puertos ópticos | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------|--------------------|---------|-------------|--|
| Interfaz | Tipo | Potencia salida máxima (dBm) | Potencia salida mínima (dBm) | Potencia salida promedio (dBm) | Sensibilidad Receptor (dBm) | Overload (dBm) | Presupuesto Óptico | TX (nm) | RX (nm) | Equipos |
| STM-64 IFS10GB A1207 1550 | S64.2 | 2 | -1 | 0.5 | -14 | -1 | 14.5 | 1550 | 1310 - 1630 | HIT Nodo A Tarjeta 101/102, HIT Nodo B Tarjeta 305/306 |
| STM-64 IFS10GB A1107 1310 | S64.1 | 5 | 1 | 3 | -14 | -1 | 17 | 1310 | 1310 - 1630 | HIT Nodo B Tarjeta 311/312, HIT Nodo C Tarjeta 101/102 |
| STM-64 | Le-64.2 | 4 | 2 | 3 | -22.5 | -9 | 25.5 | 1550 | 1550 | Huawei Nodo C 1 y 2, Huawei Nodo B, Huawei Nodo A 1 y 2 |
| STM-64 | S-64.2b | 2 | -1 | 0.5 | -14 | -1 | 14.5 | 1550 | 1310 - 1550 | Huawei Nodo C 1, Huawei Nodo B y Huawei Nodo A 2 |
| STM-64 | I-64.1 | -1 | -6 | -3.5 | -11 | -1 | 7.5 | 1310 | 1310 | Tarjeta a Instalar en Huawei Nodo B y Nodo C 1 para interconexión con HIT Tarjeta S.64.1 |

2.4.3. Cálculo de potencias en los enlaces de fibra óptica.

Dado que se usan diferentes tarjetas se debe asegurar que los niveles de potencia de transmisión y recepción de cada uno de los enlaces en los extremos se encuentren dentro de los rangos de operación óptimos de cada interfaz. Se parte de las potencias de cada tarjeta ya operación, de las atenuaciones de las fibras ópticas existentes, y de los elementos de conexión de fibras como por

ejemplo ODF. Se tomará como ejemplo la ruta B entre el Nodo B y C a conformar, el tramo deberá quedar como se muestra en la Figura 9.

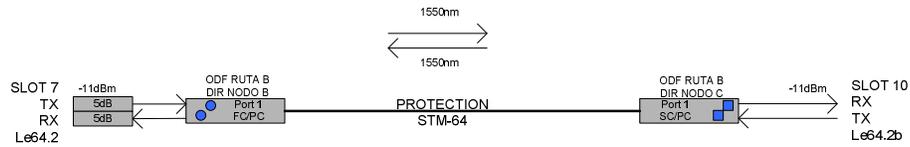


Figura 9: Enlace de fibra óptica a conformar entre Nodo B y C

Como se indicó en la Tabla 1 la fibra óptica entre el nodo B y C tiene una distancia de 22.05 Km que aplicando la característica del tipo de fibra (0.2dB/Km) se obtiene una atenuación de 4.41dB, se asume también que existirán hasta 3 empalme intermedios por reparaciones y mantenimientos que producirán una atenuación de 1.6dB sumado a 3dB por conexiones de ODFs y conectores de los patch cords en total la atenuación del tramo será de 9.01dB. Si la potencia promedio del Transmisor es +3dBm y el rango de operación de la interfaz receptora STM-64 Le-64.2 según la Tabla 2 es de -9 a -22.5dBm, sin colocar un atenuador adecuado la potencia en el receptor sería de -6dBm que causaría la saturación del receptor e incluso puede quemar la interfaz, en tal es necesario colocar un atenuador, en este caso de 5dB³ con lo que se asegura una potencia de -11dBm en el receptor.

En la Tabla 3 se resume los cálculos para cada una de las interconexiones a implementar.

Se sugiere realizar mediciones con OTDR cada una de las rutas y compararlas con los cálculos a fin de determinar si la fibra óptica requiere un mantenimiento previo al cambio.

³ Se debe considerar que en el mercado solo existe atenuadores de 3, 5, 7, 10, 12 dB entre otros.

Tabla 3: Calculo de potencias de interconexión

| Tramo | Distancia (Km) | Perdidas en la fibra (dB) | Perdidas en empalmes intermedios (dB) | Perdidas en ODFs y patch cords (dB) | Atenuación del trayecto proyectada (dB) | Atenuador (dB) | Potencia de Salida promedio (dBm) | Potencia en Receptor (Real) (dBm) | Sensibilidad Receptor STM-64 (dBm) | Margen (dB) | Equipos |
|---|----------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------|---|
| Ruta Nodo A - Nodo B | 9.11 | -1.82 | -0.8 | -3 | -5.622 | -10 | 3 | -12.622 | -22.5 | 9.878 | OSN9500 Nodo A 1 S2, OSN9500 Nodo B S13 |
| Ruta Nodo B - Nodo C | 22.05 | -4.41 | -1.6 | -3 | -9.01 | -5 | 3 | -11.01 | -22.5 | 11.49 | OSN9500 Nodo C 1 S7, OSN9500 Nodo B S10 |
| Ruta Nodo A - Nodo C | 31.16 | -6.23 | -2.2 | -6 | -14.432 | 0 | 3 | -11.432 | -22.5 | 11.068 | OSN9500 Nodo C 2 S7, OSN9500 Nodo A 2 S12 |
| Interconexión Local Nodo C A - Nodo C B | 0.1 | -0.02 | -0.1 | -2 | -2.12 | -12 | 3 | -11.12 | -22.5 | 11.38 | OSN9500 Nodo C 1 S10, OSN9500 Nodo C 2 S11 |
| Interconexión Local Nodo A 1. - Nodo A 2. | 0.1 | -0.02 | -0.1 | -2 | -2.12 | -5 | 0.5 | -6.62 | -14 | 7.38 | OSN9500 Nodo A 2 S11, OSN9500 Nodo A 1 S15 |
| Interconexión Local HIT - Huawei 1+1 MSP S64.2 con S-64.2b | 0.05 | -0.01 | -0.1 | -2 | -2.11 | -5 | 0.5 | -6.61 | -14 | 7.39 | HIT Nodo A Tarjeta 101/102 con Huawei , HIT Nodo B Tarjeta 305/306 con Huawei |
| Interconexión Local HIT (S-64.1) -> Huawei (I-64.1) 1+1 MSP | 0.05 | -0.01 | -0.1 | -2 | -2.11 | -5 | 3 | -4.11 | -11 | 6.89 | HIT Nodo B Tarjeta 311/312 con Huawei, HIT Nodo C Tarjeta 101/102 con Huawei |
| Interconexión Local Huawei (I-64.1) -> HIT (S-64.1) 1+1 MSP | 0.05 | -0.01 | -0.1 | -2 | -2.11 | 0 | -3.5 | -5.61 | -14 | 8.39 | HIT Nodo B Tarjeta 311/312 con Huawei, HIT Nodo C Tarjeta 101/102 con Huawei |
| Interconexión Local Huawei (S-64.2b) -> HIT (S-64.1) 1+1 MSP | 0.05 | -0.01 | -0.1 | -2 | -2.11 | -5 | 0.5 | -6.61 | -14 | 7.39 | HIT Nodo B Tarjeta 311/312 con Huawei, HIT Nodo C Tarjeta 101/102 con Huawei |
| Interconexión Local HIT (S-64.1) -> Huawei (S-64.2.b) 1+1 MSP | 0.05 | -0.01 | -0.1 | -2 | -2.11 | -5 | 3 | -4.11 | -14 | 9.89 | HIT Nodo B Tarjeta 311/312 con Huawei, HIT Nodo C Tarjeta 101/102 con Huawei |

CAPITULO III

PLAN DE MIGRACIÓN

3.1.INTRODUCCIÓN

Hasta este punto se ha explicado la idea y el proceso necesario para realizar el cambio a nivel técnico del modelo, pues bien, el presente capítulo tiene como misión dar a entender el nivel de detalle que se debe planificar para la ejecución.

Para el modelo expuesto se han definido o asumido varios datos importantes para el diseño (tipos de tarjetas, tipos de equipos, ubicaciones, tipos de conexiones, entre otras) los cuales en caso real deben ser revisado de forma local en los sitios donde se encuentra la red lo que en un cronograma de proyecto se traduce en una tarea, a continuación se expone un prototipo de cronograma realizado en Microsoft Project que servirá de guía tanto para la planificación como en la ejecución

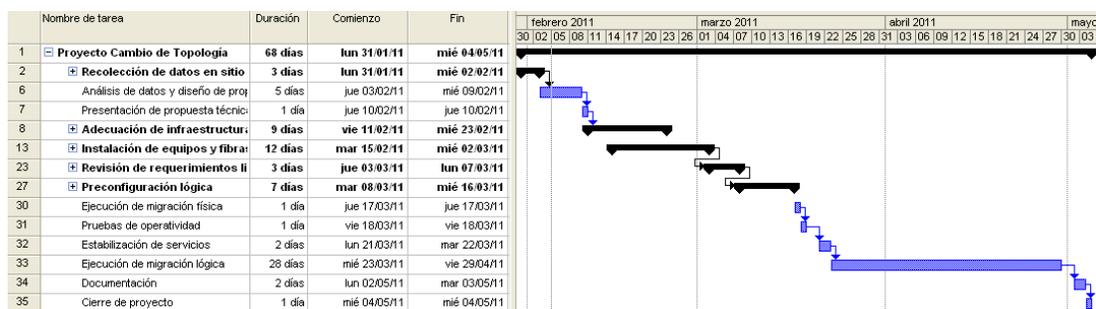


Figura 10: Cronograma general del proyecto Cambio de Topología⁴

Dentro de cada tarea indicada en la gráfica anterior sin duda existirá varias subtareas asociadas, a continuación se explicará el detalle de las tareas principalmente de la migración que es el hito más importante del proyecto.

3.2. PLAN DE MIGRACIÓN FÍSICA DE TRÁFICO

En este punto para el modelo a tratar se asumirá que se ha cumplido con la instalación de cada elemento de forma correcta, como sugerencia importante para corroborar el cumplimiento se recomienda realizar un listado de los requerimientos, actividades o tareas que se lleven a cabo antes de migrar el tráfico como puede ser instalación de equipos, tarjetas o interfaces de línea, instalación de ODF o fibras ópticas desde un punto determinada a otro, certificación de fibras ópticas entre otras. Como indicación es importante aclara el ítem 27 de la Figura 10 que consiste en crear la configuración lógica de canales entre nodos consecutivos, este paso es el que verdaderamente permitirá simular el tráfico lineal sobre una topología en anillo y esquemáticamente se indica en la Figura 5.

Se considerará que el tráfico entre los tres nodos es de alta importancia y por cual debe tener la menor indisponibilidad para lo cual es necesario la

⁴ En la sección de anexos se incluye el cronograma detallado del proyecto.

planificación minuciosa de cada movimiento y actividad que se debe realizar durante la migración para ello se aconseja asignar un recurso el cual debe ser un especialista técnico en el manejo del equipo o elemento de red determinado para que en caso de un fallo tenga la capacidad de resolver el inconveniente de forma más rápida posible. En el modelo, definiremos que se asignará por nodo dos recursos más un coordinador que se encargará de comandar y decidir el cambio y un recurso encargado de monitorear, revisar la gestión o alarmas de los elementos de red. A continuación se expone un detallado cronograma de pasos a ejecutar.

3.2.1. Cronograma de trabajo

Tabla 4: Cronograma de actividades para la migración física de topología

| ITEM | Hitos | ACTIVIDAD | NODO | INICIO | FIN | IMPACTO | DURACION | NOMBRE |
|------|-------|--|------|--------|-------|---------|----------|-----------|
| 1 | 1 | Confirmación de Gestión de todos los equipos Huawei | B | 00:00 | 00:03 | no | 00:03 | Recurso 1 |
| 2 | 1 | Configuración de Servicios OSN 9500 | B | 00:03 | 00:03 | no | 00:00 | Recurso 1 |
| 3 | 1 | Revisión de Fibras ópticas | | 00:03 | 00:10 | no | 00:07 | |
| 4 | | Revisión de niveles (OSN 9500 Nodo C 1 - OSN 9500 Nodo C 2) | B | 00:03 | 00:05 | no | 00:02 | Recurso 1 |
| 5 | | Revisión de niveles OSN 9500 Carmen 2 S11 - OSN 9500 Carmen 1 S15 | B | 00:05 | 00:08 | no | 00:03 | Recurso 1 |
| 6 | | Confirmación que no existe corte de FO entre Nodo A -Nodo B - Nodo C entre HITs | B | 00:08 | 00:10 | no | 00:02 | |
| 7 | 1 | Notificación al NOC Inicio de trabajos críticos | B | 00:10 | 00:13 | no | 00:03 | Recurso 8 |
| 8 | 1 | Confirmación de GO fase 1 | B | 00:13 | 00:18 | no | 00:05 | Recurso 8 |
| 9 | 1 | Confirmación configuraciones en HITs | B | 00:18 | 00:26 | no | 00:08 | |
| 10 | | Confirmar configuración en HIT Nodo A como no reversible, slot 101 y 102 | A | 00:18 | 00:21 | no | 00:03 | Recurso 8 |
| 11 | | Confirmar configuración en HIT Nodo B como no reversible, slot 311, 312 y 305, 306 | B | 00:21 | 00:23 | no | 00:02 | Recurso 7 |

| | | | | | | | | |
|----|---|--|---|-------|-------|----|-------|-----------|
| 12 | | Confirmar configuración en HIT Nodo C como no reversible, slot 101 y 102 | C | 00:23 | 00:26 | no | 00:03 | Recurso 6 |
| 13 | 1 | Conmutación de Servicios a ruta Working en HITs | B | 00:26 | 00:36 | no | 00:10 | |
| 14 | | Conmutación de tráfico a ruta Working en HIT Nodo A , slot 101 | A | 00:26 | 00:29 | no | 00:03 | Recurso 8 |
| 15 | | Conmutación de tráfico a ruta Working en HIT Nodo B , slot 311 y 305 | B | 00:29 | 00:33 | no | 00:04 | Recurso 7 |
| 16 | | Conmutación de tráfico a ruta Working en HIT Nodo C , slot 101 | C | 00:33 | 00:36 | no | 00:03 | Recurso 6 |
| 17 | 1 | Desconexión Ruta Protección | | 00:36 | 00:41 | si | 00:05 | |
| 18 | | Desconexión Ruta Protección En Nodo B, slot 312 y 306 | B | 00:36 | 00:39 | si | 00:03 | Recurso 7 |
| 19 | | Desconexión Ruta Protección en Nodo A, slot 102 | A | 00:39 | 00:41 | si | 00:02 | Recurso 8 |
| 20 | | Desconexión Ruta Protección en Nodo C, slot 102 | C | 00:39 | 00:41 | si | 00:02 | Recurso 6 |
| 21 | 1 | Conexión de ruta de protección entre OSN9500 | | 00:41 | 00:51 | si | 00:10 | |
| 22 | | Conectar FO entre "ODF Ruta B Dir. Nodo C port 1 " a OSN 9500 slot 10 | B | 00:41 | 00:46 | si | 00:05 | Recurso 2 |
| 23 | | Conectar FO entre "ODF Ruta A Dir. Carmen port 2 " a OSN 9500 slot 13 | B | 00:46 | 00:51 | si | 00:05 | Recurso 2 |
| 24 | | Conexión de "ODF Ruta A Dir. Nodo B port 1 " a "ODF Sala #3 principal port 1" | A | 00:46 | 00:51 | si | 00:05 | Recurso 5 |
| 25 | | Conectar FO entre "ODF Ruta B Dir. Nodo B port 1" a OSN 9500 A Actual slot 7 | C | 00:46 | 00:51 | si | 00:05 | Recurso 3 |
| 26 | 1 | Revisión de niveles en OSN 9500 | B | 00:51 | 01:06 | si | 00:15 | Recurso 1 |
| 27 | | En OSN 9500 slot 10 y 13 | B | 00:51 | 00:56 | si | 00:05 | Recurso 1 |
| 28 | | En OSN 9500 Nodo A 2, slot 12 | A | 00:56 | 01:01 | si | 00:05 | Recurso 1 |
| 29 | | En OSN 9500 Nodo C 1, slot - | C | 01:01 | 01:06 | si | 00:05 | Recurso 1 |
| 30 | 1 | Conexión de ruta de protección entre HIT y OSN9500 | | 01:06 | 01:16 | si | 00:10 | |
| 31 | | Conexión de FO entre HIT slot 312 y OSN 9500 Slot 12 | B | 01:06 | 01:11 | si | 00:05 | Recurso 2 |
| 32 | | Conexión de FO entre HIT slot 306 y OSN 9500 Slot 14 | B | 01:11 | 01:16 | si | 00:05 | Recurso 2 |
| 33 | | Conexión de FO entre HIT slot 102 y ODF Sala 3 Protección port 1 (interurbano) | A | 01:11 | 01:16 | si | 00:05 | Recurso 5 |
| 34 | | Conexión de FO entre HIT slot 102 y OSN 9500 Slot 9 actual | C | 01:11 | 01:16 | si | 00:05 | Recurso 3 |
| 35 | 1 | Revisión de niveles | B | 01:16 | 01:31 | no | 00:15 | |

| | | | | | | | | |
|----|---|---|---|-------|-------|----|-------|-----------|
| 36 | | OSN 9500 slot12 y 14 | B | 01:16 | 01:21 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 37 | | Hit 7070 Nodo B slot 312 | B | 01:16 | 01:21 | no | 00:05 | |
| 38 | | OSN 9500 Nodo A 1 slot 9 | A | 01:21 | 01:26 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 39 | | Hit 7070 Nodo A slot 102 | A | 01:21 | 01:26 | no | 00:05 | |
| 40 | | OSN 9500 Actual slot - | C | 01:26 | 01:31 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 41 | | Hit 7070 Nodo C slot 102 | C | 01:26 | 01:31 | no | 00:05 | |
| 42 | 1 | Confirmación de ruta de protección reconfigurada y operativa | B | 01:31 | 01:36 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 43 | 1 | Conmutar tráfico en OSN 9500 a ruta habilitada | B | 01:36 | 01:41 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 44 | 1 | Confirmación que no existe corte de FO entre Nodo A -Nodo B - Nodo C entre HITs | B | 01:41 | 01:44 | no | 00:03 | Recurso 8 |
| 45 | 1 | Confirmación de GO fase 2 | B | 01:44 | 01:49 | no | 00:05 | Recurso 8 |
| 46 | 1 | Confirmación configuraciones en HITs | B | 01:49 | 01:54 | no | 00:05 | Recurso 8 |
| 47 | 1 | Conmutación de Servicios a ruta Protección en HITs | B | 01:54 | 02:04 | no | 00:10 | |
| 48 | | Conmutación de tráfico a ruta Protección en HIT Nodo A , slot 102 | A | 01:54 | 01:57 | no | 00:03 | Recurso 8 |
| 49 | | Conmutación de tráfico a ruta Protección en HIT Nodo B , Hit slot 312 y 306 | B | 01:57 | 02:01 | no | 00:04 | Recurso 7 |
| 50 | | Conmutación de tráfico a ruta Protección en HIT Nodo C , slot 102 | C | 02:01 | 02:04 | no | 00:03 | Recurso 6 |
| 51 | 1 | Desconexión Ruta Working | | 02:04 | 02:09 | si | 00:05 | |
| 52 | | Desconexión Ruta Working En Nodo B, slot 311 y 305 | B | 02:04 | 02:07 | si | 00:03 | Recurso 7 |
| 53 | | Desconexión Ruta Working en Nodo A, slot 101 | A | 02:07 | 02:09 | si | 00:02 | Recurso 8 |
| 54 | | Desconexión Ruta Working en Nodo C, slot 101 | C | 02:07 | 02:09 | si | 00:02 | Recurso 6 |
| 55 | 1 | Conexión de ruta de Working entre OSN9500 | | 02:09 | 02:19 | si | 00:10 | |
| 56 | | Conexión de "ODF Ruta A Nodo C port 1 W" a "ODF Ruta B Nodo A W" | B | 02:09 | 02:14 | si | 00:05 | Recurso 2 |
| 57 | | Conexión de "ODF Ruta A Nodo B port 1 W" a OSN 9500 Nuevo slot 7 | C | 02:14 | 02:19 | si | 00:05 | Recurso 3 |
| 58 | | Conectar FO entre "ODF Ruta B Nodo B port 1" a OSN 9500 Interurbano slot 12 | A | 02:14 | 02:19 | si | 00:05 | Recurso 5 |
| 59 | 1 | Revisión de niveles en OSN 9500 | B | 02:19 | 02:29 | si | 00:10 | Recurso 1 |

| | | | | | | | | |
|----|---|---|---|-------|-------|----|-------|-----------|
| 60 | | En OSN 9500 urbano Nodo a, slot 2 | A | 02:19 | 02:24 | si | 00:05 | Recurso 1 |
| 61 | | En OSN 9500 Nuevo Nodo C, slot - | C | 02:24 | 02:29 | si | 00:05 | Recurso 1 |
| 62 | 1 | Conexión de ruta de Working entre HIT y OSN9500 (1 + 1 MSP) | | 02:29 | 02:39 | si | 00:10 | |
| 63 | | Conexión de FO entre HIT slot 311 y OSN 9500 Slot 11 | B | 02:29 | 02:34 | si | 00:05 | Recurso 2 |
| 64 | | Conexión de FO entre HIT slot 305 y OSN 9500 Slot 9 | B | 02:34 | 02:39 | si | 00:05 | Recurso 2 |
| 65 | | Conexión de FO entre HIT slot 101 y ODF Sala 3 Principal port 2 | A | 02:34 | 02:39 | si | 00:05 | Recurso 5 |
| 66 | | Conexión de FO entre HIT slot 101 y OSN 9500 Slot 8 | C | 02:34 | 02:39 | si | 00:05 | Recurso 3 |
| 67 | 1 | Revisión de niveles | B | 02:39 | 02:54 | no | 00:15 | |
| 68 | | OSN 9500 slot 11 y 9 | B | 02:39 | 02:44 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 69 | | Hit 7070 Nodo B slot 311 | B | 02:39 | 02:44 | no | 00:05 | Recurso 7 |
| 70 | | OSN 9500 Interurbano slot 8 | A | 02:44 | 02:49 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 71 | | Hit 7070 Nodo A slot 101 | A | 02:44 | 02:49 | no | 00:05 | Recurso 8 |
| 72 | | OSN 9500 Nuevo slot - | C | 02:49 | 02:54 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 73 | | Hit 7070 Nodo C slot 101 | C | 02:49 | 02:54 | no | 00:05 | Recurso 6 |
| 74 | 1 | Confirmación de ruta Working reconfigurada y operativa | B | 02:54 | 02:59 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 75 | | Conmutar tráfico en OSN 9500 a ruta Working | B | 02:54 | 02:59 | no | 00:05 | Recurso 1 |
| 76 | 1 | Revisar que servicios suban sin inconvenientes | B | 02:59 | 03:14 | no | 00:15 | Recurso 1 |
| 77 | 1 | Pruebas de servicio en anillo | B | 03:14 | 03:44 | no | 00:30 | Recurso 1 |
| 78 | 1 | Fin del mantenimiento, notificar al NOC | A | 03:44 | 03:49 | no | 00:05 | Recurso 8 |

Es importante aclarar que en caso de algún inconveniente encontrado en uno de los pasos indicados en el cronograma anterior, el recurso que comanda deberá tomar la decisión de regresar al estado inicial lo mismo que se debe realizar en secuencia inversa a lo indicado.

3.2.2. Pruebas de funcionamiento.

Es importante aclarar el ítem 77 de la Tabla 4: Cronograma de actividades para la migración física de topología pues constituye la garantía de continuar con el proceso asegurando los objetivos del proyecto en cuanto a seguridad de servicios en la configuración en anillo. Básicamente las pruebas consisten en verificar tramo a tramo la conmutación de los servicios en el anillo de tal forma que ninguno de ellos puede salir de operación, como ejemplos se indican en las Figura 11 y Figura 12 algunos de los varios escenarios a comprobar:

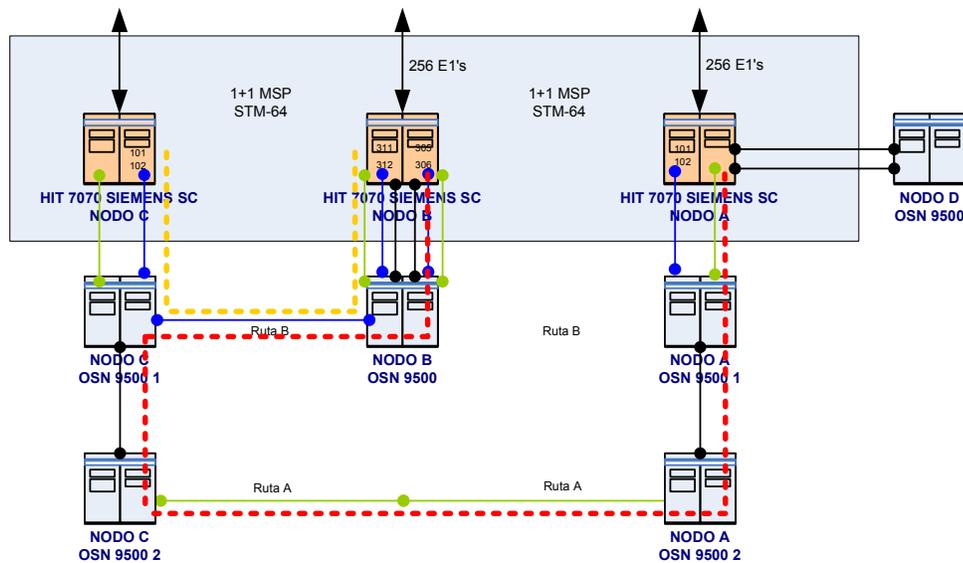


Figura 11: Pruebas de falla ruta B entre Nodo A y B y conmutación de tráfico.

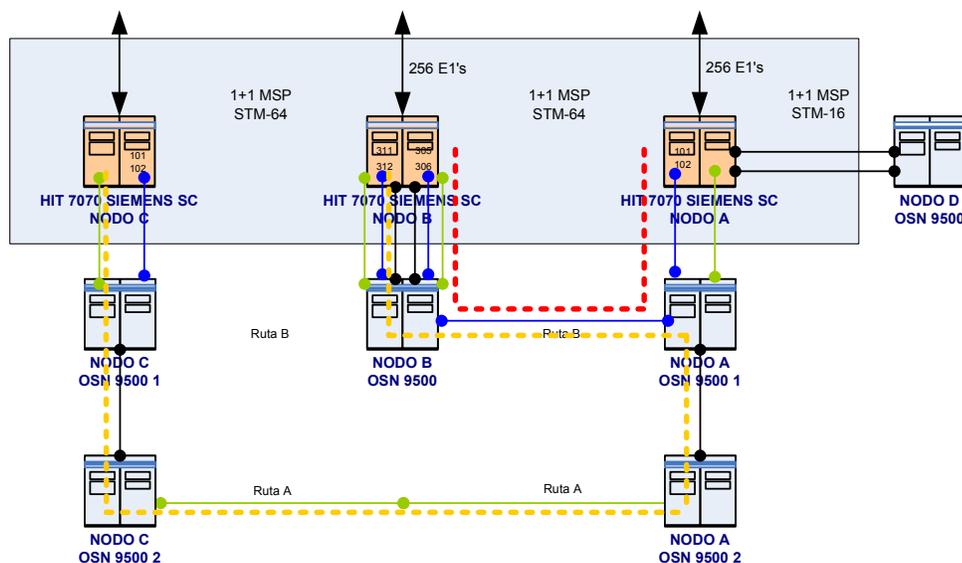


Figura 12: Pruebas de falla ruta B entre Nodo B y C y conmutación de tráfico

3.3.PLAN DE MIGRACIÓN LÓGICA.

3.3.1. Descripción

La migración lógica constituye el paso más extenso del proyecto y no es más que la reconfiguración uno a uno de los servicios en el nuevo anillo. La reconfiguración lógica no puede ser ejecutada de manera global pues el impacto en caso de error o fallo puede ser catastrófico en el servicio por un extenso tiempo y dependiendo de la cantidad de servicios que lo usen la red. Es importante indicar que el tráfico en la red lineal inicial puede ser de tres maneras⁵, que son:

Nodo A – Nodo C

Nodo A – Nodo B

Nodo B – Nodo C

⁵ Dado que el tráfico es bidireccional no se asume otras combinaciones que las indicadas

Donde el primer nodo es el origen y el segundo es el destino. Para las dos ultimas opciones de tráfico en cual va de uno a otro nodo consecutivo con las configuraciones realizadas en el paso de “Pre configuraciones lógicas” no existiría mayor cambio que realizar, pero no es así en la primera opción en el cual habrá que identificar cada canal entre nodos borrarlo y crearlo nuevamente de forma directa si pasar por el equipo HIT7070 del Nodo B y aprovechando la funcionalidad del T2000 que es sistema de gestión que administrará los servicios de los equipos Huawei del anillo. El proceso de identificar⁶, borrar y crear precisamente es el que llevará un tiempo considerable por cada servicio y afectando exclusivamente al tráfico del servicio, dicho tiempo puede ser establecido en base de ejecutar la reconfiguración de 10 servicios previamente de prueba, es decir que si en promedio se obtiene que la reconfiguración de los servicios es de 10 min, y existen 1260 servicios, considerando un tiempo de trabajo de 8 horas diarias se requeriría de 27 días laborables para concluir la actividad.

3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez configurado la red en el anillo y ya con todos los servicios configurados es posible conectar nuevos equipos de características que permitan distribuir el tráfico o como ya se menciona permitan en un futuro migrar de tecnología a DWDM sin impactos en el tráfico. En la Figura 13 se esquematiza un proyección de la red para tener como idea de su aplicación. Se recalca que la opción presentada en este proyecto permite realizar el cambio con el menor corte de servicio al tráfico existente al realizar conmutaciones mínimas entre los tramos de protección de fibra óptica.

⁶ La identificación de los servicios se puede realizar de dos formas, la primera considerando que en la “Pre configuración” se haya nombrado a cada canal creado o la segunda por cada time slot de la trama SDH del STM-64 que existe de capacidad.

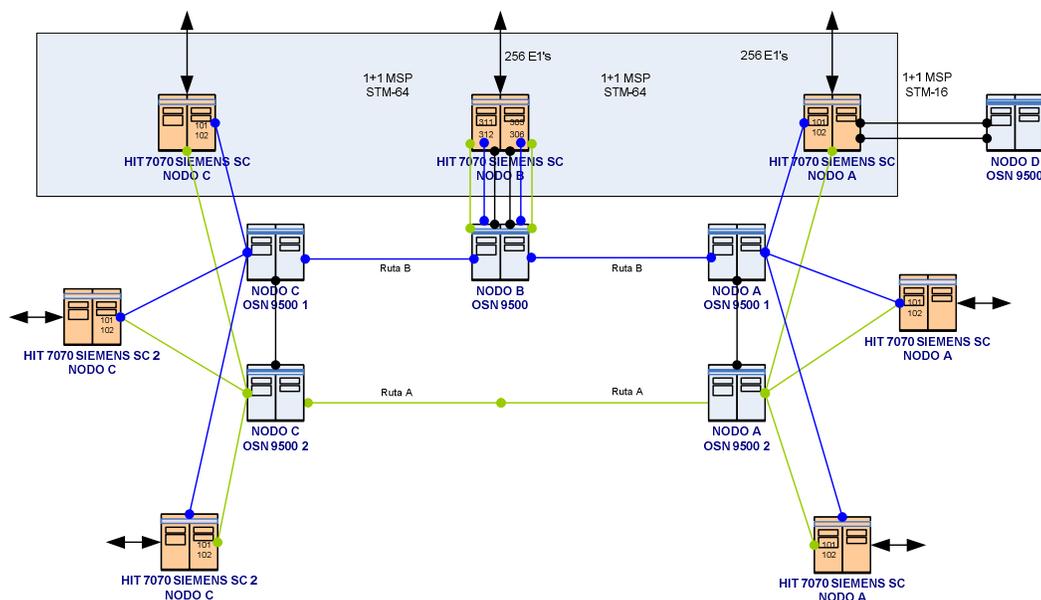


Figura 13: Proyección de la red en la configuración anillo

Realizando un análisis económico referencial⁷ se plantean dos escenarios:

Escenario 1: corresponde al proyecto planteado en este documento donde los principales ítems son:

| Escenario 1 | | | | |
|-------------|---|----------|----------------|--------------|
| Ítem | Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Total |
| 1 | Consultor especializado (costo/día): incluye análisis, diseño y planificación, documentación y validación por un especialista en Telecomunicaciones en etapa de planificación del proyecto, excluye ejecución, pruebas. | 9 | \$ 2,100.00 | \$ 18,900.00 |
| 2 | Técnico especialista (costo/ hora): Incluye servicio profesionales con mano de obra calificada y especializada en equipos Multiplexores en marca Siemens o Huawei, interfaces de línea ópticas y eléctricas, manejo e instalación de fibras ópticas | 550 | \$ 150.00 | \$ 82,500.00 |
| 3 | Suministro e instalación de patch cords entre 5 a 30m, incluye: suministro, instalación, etiquetación por canaletas de protección y certificación con OLT | 24 | \$ 450.00 | \$ 10,800.00 |

⁷ Los costos unitarios planteados son referenciales obtenidos de ofertas económicas realizadas por varias empresas como Huawei, NSN, Telconet, Alcatel, Euronet, entre otras.

| | | | | |
|--------------|--|---|----------------------|---------------|
| 4 | Mediciones de Fibra óptica de forma bidireccional con OTDR calibrado dentro de un año: incluye informe de las medición | 8 | \$ 540.00 | \$ 4,320.00 |
| 5 | Suministro e instalación de OSN9500. Incluye: fabricación, transporte, instalación, tarjetas corssconectoras de bajo y alto orden, interfaces de línea, comisionamiento y configuración hasta su correcta operación con un año de garantía desde la puesta en operación. | 5 | \$ 82,000.00 | \$ 410,000.00 |
| Total | | | \$ 526,520.00 | |

Escenario 2: corresponde al cambio drástico de instalar fibras ópticas en paralelo a las existentes.

| Escenario 2 | | | | |
|--------------|--|----------|----------------------|---------------|
| Ítem | Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Total |
| 1 | Instalación de FO entre nodos de 2 a 6 hilos: incluye, trámites y permisos municipales, siembra de poste y construcción de ductos de acuerdo a normas vigentes de la zona, operación y mantenimiento por un año. | 31.16 | \$ 15,000.00 | \$ 467,400.00 |
| 2 | Técnico especialista (costo/ hora): Incluye servicios profesionales con mano de obra calificada y especializada en equipos Multiplexores en marca Siemens o Huawei, interfaces de línea ópticas y eléctricas, manejo e instalación de fibras ópticas | 240 | \$ 150.00 | \$ 36,000.00 |
| 3 | Suministro e instalación de patch cords entre 5 a 30m, incluye: suministro, instalación, etiquetación por canaletas de protección y certificación con OLT | 24 | \$ 450.00 | \$ 10,800.00 |
| 4 | Mediciones de Fibra óptica de forma bidireccional con OTDR calibrado dentro de un año: incluye informe de las medición | 8 | \$ 540.00 | \$ 4,320.00 |
| 5 | Suministro e instalación de OSN9500. Incluye: fabricación, transporte, instalación, comisionamiento y configuración hasta su correcta operación con un año de garantía desde la puesta en operación. | 5 | \$ 82,000.00 | \$ 410,000.00 |
| Total | | | \$ 928,520.00 | |

Resumiendo los costos obtenidos, es evidente diferenciar que la instalación de fibra óptica nueva y su infraestructura asociada requerida constituye la inversión más alta comparado con el análisis y ejecución del proyecto planteado. Esto se puede apreciar en la siguiente gráfica.

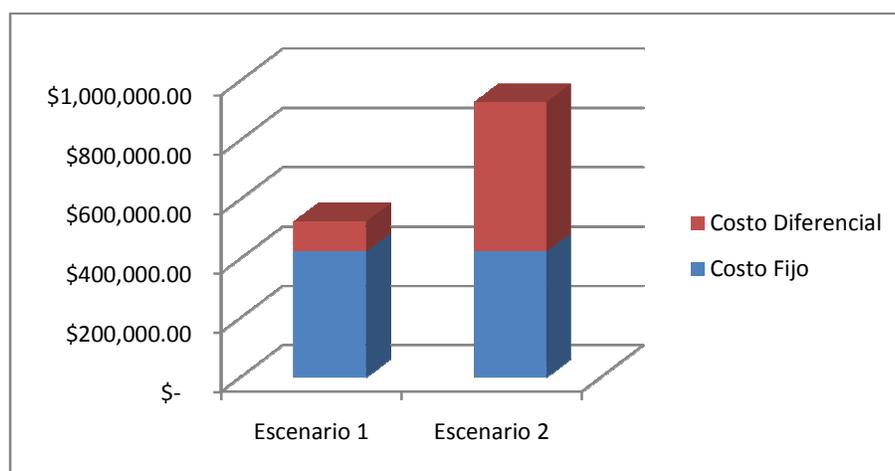


Figura 14: Comparación de costos por escenarios

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente proyecto a partir de un modelo simplificado de red de alta disponibilidad SDH conformado por tres nodos e interconectado por fibra óptica se estableció un proceso sistemático y general para cambiar de topología lineal a topología en anillo reutilizando la infraestructura asumida como instaladas y en operación.

Dentro del desarrollo del este documento se estableció las características, especificaciones técnicas y pautas básicas que se deberán considerar para el desarrollo de proyectos similares de igual o mayor alcance.

El proceso de cambio sugerido es valido aplicar siempre y cuando la suma del tráfico en la topología lineal inicial en cada uno de sus tramos no supere la capacidad total del anillo a conformar.

El éxito de la ejecución del proyecto no depende exclusivamente del diseño técnico, sino también de los recursos y por tal es de vital importancia capacitación y comunicación a los recursos del equipo de trabajo sobre todo el procedimiento, las implicaciones y efectos, pasos a realizar en caso de fallas, tiempos de

respuesta y demás y sobre todo se deberá garantizar la comunicación directa durante la ejecución de las migraciones para garantizar el éxito.

El nivel de detalle que se maneje en esquematizar el diseño de la red para este tipo de cambios constituirá es un punto clave para garantizar el éxito de la ejecución, no se puede pasar por alto detalle mínimo que parezca y es recomendable que todos los recurso lo conozcan.

En caso que los sistemas de gestión o equipos lo permitan previo a realizar cualquier cambio ya sea físico o lógico se recomienda sacar un respaldo de información para que en caso de fallo sea factible utilizar el respaldo para recuperar el tráfico en menor tiempo.

La Protección MSP es únicamente aplicable para secciones (tramos) sean estas en una topología lineal o en anillo mientras que la protección SNCP es protección de inicio a fin la ruta completa de un servicio y se la utiliza principalmente en topologías en anillo y mallas.

BIBLIOGRAFÍA

Herrera Perez, Enrique. *“Introducción a las telecomunicaciones modernas”*, Editorial: LIMUSA sa. Año de Edic: 2006.

Ortega Tamarit, Beatriz. *“Redes ópticas”*, Editor Ed. Univ. Politéc. Valencia”, 2007, ISBN 848363001X, 9788483630013, N.º de páginas 376 páginas

Herrera, Enrique; Herrera Pérez, Enrique. *“Tecnologías y redes de transmisión de datos”*, Editor Editorial Limusa, 2003, ISBN 9681863836, 9789681863838, N.º de páginas 312 páginas

Alwayn, Vivek. *“Optical network design and implementation, Networking technology series”*, Cisco Press networking technology series , Edición ilustrada ,Editor Cisco Press, 2004 , ISBN 1587051052, 9781587051050 , N.º de páginas 809 páginas

Caballero, José Manuel. *“Redes de banda ancha”*, Serie: Mundo Electrónico, Mundo electrónico, Editor Marcombo, 1998, ISBN 8426711367, 9788426711366, N.º de páginas 252 páginas

Helvoort, Huub Van. *“Next generation SDH/SONET: evolution or revolution?”*, Edición ilustrada, Editor John Wiley and Sons, 2005, ISBN 0470091207, 9780470091203, N.º de páginas 240 páginas

Tanenbaum, Andrew S. *“Redes de computadoras”*, Edición 4 Editor Pearson Educación, 2003, ISBN 9702601622, 9789702601623, N.º de páginas 891 páginas

Millán Tejedor, Ramón Jesús. “La tecnología líder del transporte óptico: SDH”, [en línea] Publicado en Comunicaciones World nº 157, IDG Communications S.A., 2001. Revisada el 4-ene-2011, Disponible en: http://www.ramillan.com/tutoriales/sdh_parte2.php

Anónimo, “Standard de fibras ópticas”, [en línea], revisada el 4-ene-2011, Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/6539521/02-Standard-de-Fibras-Opticas>

Brand – Rex Technical, “Helping you build better networks”, [en línea], Seminario, serie 2009, revisada el 4-ene-2011, Disponible en: <http://www.brand-rex.es/LinkClick.aspx?fileticket=qiy7bOefI7E%3D&tabid=3131>

Varios autores y colaboradores, “Alta Disponibilidad”, [en línea], Wikipedia la enciclopedia libre, actualización 12-nov-2010, revisada el 4-ene-2011, Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Alta_disponibilidad

Carvajal Dávila, Elba Cristina. “Elaboración de una guía de procedimientos de medición y monitoreo en sistemas de comunicación SDH para que tengan la característica de tolerancia a fallas”, Tesis de Grado, EPN, Febrero 2008 [en línea], Disponible en: <http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/123456789/1076/4/T10886CAP3.pdf>

Domínguez Picazo, Jose Maria. “Jerarquía Digital Síncrona (SDH)”, Capítulo 8: Esquemas de protección, Curso compartido, Mayo-2004, [en línea], Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-jerarquia-digital-sincrona-sdh/esquemas-proteccion-1>

Schmidberg, Eduardo. “Introducción a la Tecnología SDH”, Curso compartido, revisada el 4-ene-2011, Disponible en: <http://www.ieee.org.ar/downloads/sdh-intro.pdf>

Javierp. “Transparencias de clases y varios” Curso compartido, revisada el 6-ene-2011, Disponible en <http://ie.fing.edu.uy/~javierp/SDH/Transparencias%20de%20la%20clase%20y%20varios/sdh-alarmas/>

D'Sousa, Carmen. "Cableado", Monografía compartida, revisada el 4-ene-2011, Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos11/cabes/cabes.shtml>

Joskowicz, José. "CABLEADO ESTRUCTURADO", Documento compartido, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, URUGUAY, Setiembre 2006, Versión 5, Disponible en:

<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/455/1/Cableado%20Estructurado.pdf>

ANEXO 1: MANUAL TÉCNICO HIT7070 SIEMENS

SIEMENS

SURPASS hiT 7070**Single Core****Double Core****Technical Description****SIEMENS** Next Generation Multi-Service Provisioning Platform

This publication provides outline information only which (unless agreed by Company in writing) may not be used, applied or reproduced for any purpose or form part of any order or contract to be regarded as a representation relating to the products or services concerned. The Company reserves the right to alter without notice the specification, design, price or conditions of supply of any product or service.

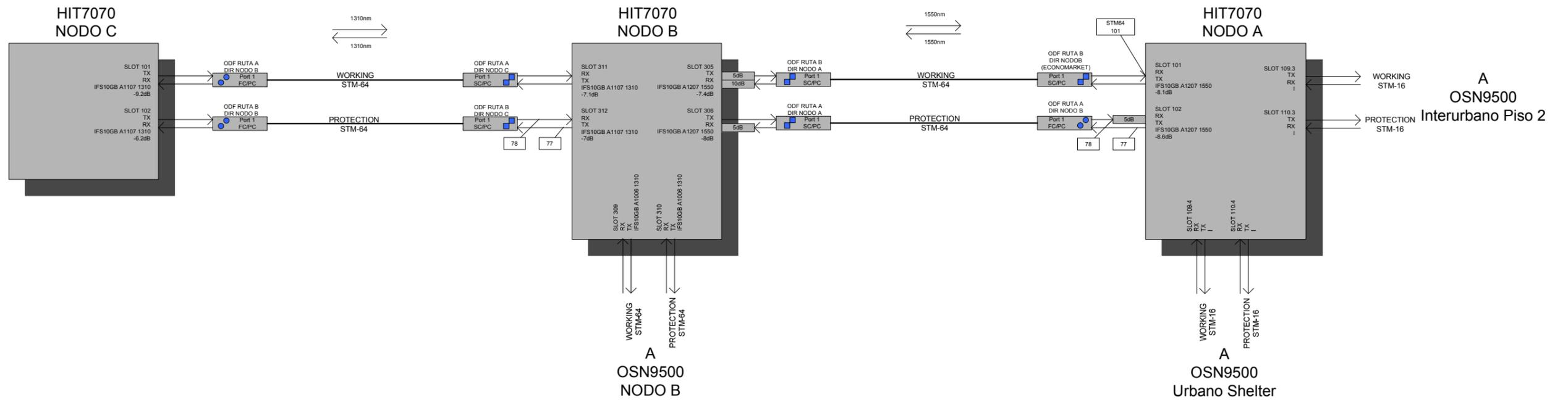
© Copyright Siemens AG 2004

All Rights Reserved

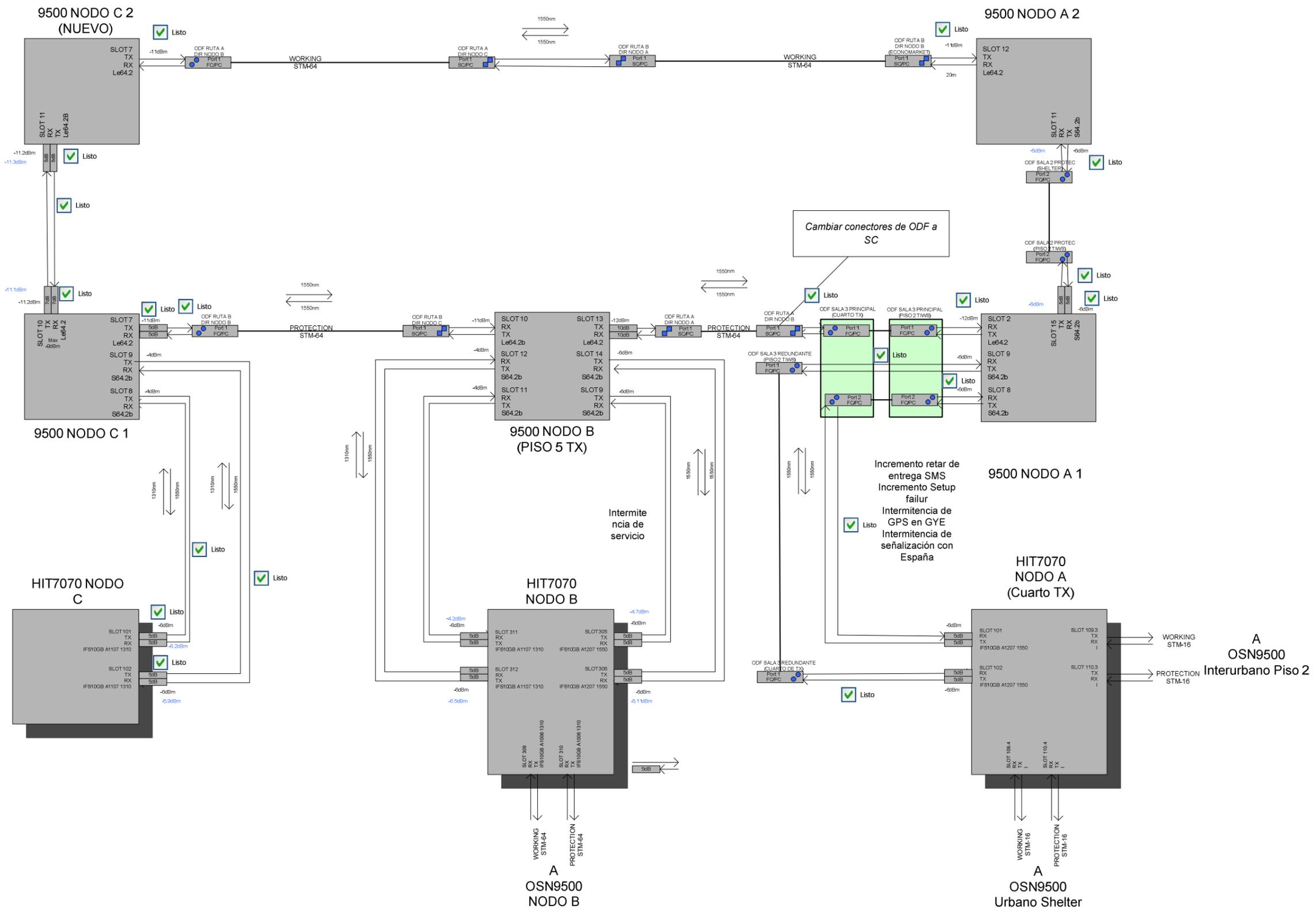
| | | | | |
|---|------------|------------------|-------------------------------|-----------|
| Title: Technical Description SURPASS hiT 7070 | | | File: SURPASS hiT 7070 TD.doc | |
| Issue: | Date: | Ordering Nr./SNR | Author: N. Pala | |
| 11 | 04.08.2004 | | ICN CN SM EP 3 | page 1/90 |

ANEXO 2: MANUAL TÉCNICO OSN9500 HUAWEI

**ANEXO 3: DIAGRAMA DETALLADO DE MODELO DE RED LINEAL
INICIAL**



**ANEXO 4: DIAGRAMA DETALLADO DE MODELO DE RED EN
ANILLO FINAL**



ANEXO 5: CRONOGRAMA DE PROYECTO

