

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**MODELO DE MIGRACION DE LA PLATAFORMA PDH DE LAS  
CENTRALES DEL OESTE DE CARACAS DE CANTV A LAS  
TECNOLOGIAS DE NUEVA GENERACION**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Calderón Deusdedit Miguel  
para optar por el título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2015

## TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

# **MODELO DE MIGRACION DE LA PLATAFORMA PDH DE LAS CENTRALES DEL OESTE DE CARACAS DE CANTV A LAS TECNOLOGIAS DE NUEVA GENERACION**

Prof. Guía: PhD. Carlos Moreno  
Tutor Industrial: Ing. María Graterol

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Calderón Deusdedit Miguel  
para optar por el título de  
Ingeniero Electricista

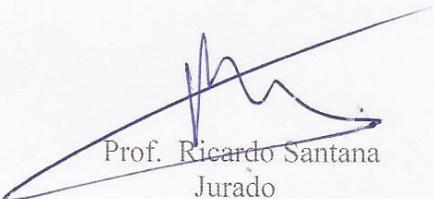
Caracas, 2015

Caracas, 02 de diciembre de 2015

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Deusdedit Calderón, titulado:

**“MODELO DE MIGRACIÓN DE LA PLATAFORMA PDH DE LAS CENTRALES DEL OESTE DE CARACAS DE CANTV A LAS TECNOLOGÍAS DE NUEVA GENERACIÓN”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Ricardo Santana  
Jurado



Prof. Zeldivar Bruzual  
Jurado



Prof. Carlos Moreno  
Prof. Guía

## RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

A mi madre a mis hermanos y hermanas, que gracias a su inmenso amor y comprensión, me han tendido su mano amiga, y sobre todo darme el ánimo para avanzar en los momentos difíciles de mi vida, y quien ha podido celebrar con grandeza mis triunfos, alegrías y buenos momentos.

Al ingeniero PhD. Carlos Moreno por su excelente e impecable labor como tutor, y que en todo momento estuvo dispuesto a brindarme su apoyo.

A la ingeniero María Graterol, por su impartir todos sus conocimientos y realizar una buena labor como tutor industrial.

A mi supervisor William Escobar, por su excelente labor al impartir todos sus conocimientos en el área técnica, y por el cual aprendí gran parte del uso y manejo de todos los equipos de todas las redes operativas.

A Juan Carlos Bastidas, Andrés Eloy Gonzales, Wharman Luis, William Reyes, Maribel Medina, Ramón Montilla, Domingo Matos, Gonzalo Araujo, Alexis Carrizo, y a todo el personal del área de Transmisión Oeste de CANTV, por su apoyo y su disposición a ayudar en cualquier problema o duda que se me presentara.

A María Auxiliadora, por ser como una madre y por toda la ayuda que me brindo durante el proceso de presentación de este proyecto, gracias por tu dedicación a todos los estudiantes.

A todos mis compañeros de la escuela, ya que en el fondo éramos como hermanos y por todos los momentos buenos que compartimos durante la carrera.

A Dalemys por su apoyo incondicional y por ayudarme en todo momento en cualquier cosa que necesitaba.

**Calderón, Deusdedit M.**

**MODELO DE MIGRACION DE LA PLATAFORMA PDH DE LAS  
CENTRALES DEL OESTE DE CARACAS DE CANTV A LAS  
TECNOLOGIAS DE NUEVA GENERACION**

**Profesor guía: PhD. Carlos Moreno. Tutor Industrial: Ing. María Graterol.  
Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.  
Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: CANTV. 2014. 96 h  
+ Anexos**

**Palabras Claves:** PDH, SDH, DWDM, multiplexación por longitud de onda; redes de área metropolitana.

**Resumen.** Se realizó una propuesta para migrar la plataforma de PDH urbanas de la empresa CANTV de Caracas, específicamente la zona oeste de la ciudad, mediante la puesta en funcionamiento de equipos con mejor sistema de gestión y que permiten el control del sistema por parte del área de transmisión de CANTV. Para cumplir tal objetivo se tuvieron presentes una serie de factores que hicieran de la transición de tecnologías lo más eficientemente posible, con el fin de modificar lo menos posible la infraestructura existente, ya que se cuenta con diversas tecnologías trabajando conjuntamente, tales como lo son PDH, SDH y WDM. Se planteó una red que cubriera la zona oeste de caracas, para el cual se escogieron equipos HUAWEI OPTIX OSN 3500 y OSN 6800. Se presentó la ingeniería de detalle coherente con las consideraciones de la migración y cumpliendo con las exigencias de la corporación CANTV.

# ÍNDICE GENERAL

<b>CONSTANCIA DE APROBACIÓN</b> .....	III
<b>RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS</b> .....	IV
<b>RESUMEN</b> .....	V
<b>INDICE GENERAL</b> .....	VI
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	X
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	XII
<b>ACRONIMOS</b> .....	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b>	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.5 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA .....	5
1.5.1 Razón Social .....	5
1.5.2 Actividad de la empresa .....	5
1.5.3 Reseña Histórica .....	6
1.5.4 Misión .....	7
1.5.5 Visión .....	7
1.5.6 Organigrama General de la Empresa .....	8
1.5.7 Organigrama del Departamento .....	8
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 RED DE TRANSPORTE .....	9
2.2 REDES DE TRANSPORTE TDM .....	10

2.2.1. PDH .....	10
2.2.1.1.Desventajas .....	12
2.2.2. SDH .....	13
2.2.2.1.Ventajas de SDH .....	14
2.2.2.2.Características básicas de SDH .....	15
2.2.2.3.Capacidad de gestión .....	16
2.2.2.4.Equipos estándares .....	16
2.2.2.5.Estructura de la trama SDH .....	16
2.2.2.6.Elementos de la red .....	20
Multiplexor Terminal .....	20
Regenerador .....	20
Multiplexor Add/Drop (ADM) .....	20
2.2.2.7.Configuración de la red SDH .....	21
Punto a punto .....	21
Punto a multipunto .....	21
Red Hub .....	22
Arquitectura en anillo .....	22
2.2.3. NG-SDH .....	23
2.2.3.1.Componentes de la nueva generación SONET/SDH .....	24
Concatenación .....	25
Concatenación contigua .....	25
Concatenación virtual .....	25
Procedimiento de entramado genérico (GFP) .....	26
LCAS .....	28
2.2.3.2.Diferencias entre SDH y NG-SDH .....	29
2.2.4. DWDM .....	30
2.2.4.1.Características .....	33
2.2.5. Redes ópticas de primera generación .....	36
2.2.6. Redes ópticas de segunda generación .....	38
2.2.7. Redes ópticas de tercera generación .....	41

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Diseño y tipo de Investigación .....	43
3.2. Fases para la elaboración .....	44
3.2.1. Fase 1: Documentación técnica y estudio de las arquitecturas existentes .....	45
3.2.2. Fase2: Levantamiento de la información .....	45
3.2.3. Fase 3: Estudio de los métodos de migración de plataformas PDH .....	45
3.2.4. Fase 4: Planteamiento del modelo .....	46
3.3. Estudio de arquitecturas existentes .....	45
3.3.1. Descripción de la red urbana de Caracas.....	45
3.3.2. Red PDH.....	46
3.3.3. Red SDH .....	51
3.3.4. Red SDH urbano .....	51
3.3.5. Red CWDM .....	52
3.3.6. DWDM CAPITAL .....	53
3.4. Procedimiento de depuración y migración de enlaces PDH .....	54

## **CAPÍTULO IV: PROPUESTA Y PROCESO DE MIGRACIÓN**

4.1 La migración .....	58
4.1.1 Consideraciones de la red DWDM .....	62
4.1.2 Compatibilidad del sistema DWDM con la fibra instalada.....	62
4.1.3 La migración como una estrategia previsoras .....	63
4.1.4 Las herramientas para la gestión de la red .....	64
4.1.5 La estrategia de protección y restablecimiento .....	64
4.1.6 Factores de interoperabilidad .....	65
4.1.7 Presupuesto de potencia Óptica .....	65

## **CAPÍTULO V: INGENIERIA DESCRIPTIVA DE LA PROPUESTA**

5.1 Ingeniería descriptiva de la propuesta .....	70
5.2 Equipo propuestos por los principales proveedores .....	70
5.3 Alcance proyectado .....	71
5.4 Diagrama de la red .....	72
5.5 Ubicación de los nodos .....	74
5.6 Fase de instalación .....	77
5.7 Modificaciones en las centrales .....	77
5.8 Sincronismo .....	78
5.9 Gestión .....	78
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>81</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>83</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>86</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>89</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>94</b>
<b>ANEXOS A: FOTOS DE VISITAS A CENTRALES</b>	
<b>ANEXOS B: EQUIPOS DE SINCRONISMO</b>	
<b>ANEXOS C: EQUIPOS UTILIZADOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura organizacional de la corporación CANTV .....	8
<b>Figura 2.</b> Estructura organizacional del departamento CANTV .....	8
<b>Figura 3.</b> Red de transporte .....	10
<b>Figura 4.</b> Niveles y velocidades de transmisión en PDH .....	11
<b>Figura 5.</b> Niveles de multiplexación en PDH .....	13
<b>Figura 6.</b> Estructura de la trama en SDH .....	17
<b>Figura 7.</b> Formación de la trama en SDH en el tiempo .....	18
<b>Figura 8.</b> Partes de la trama STM-1 .....	19
<b>Figura 9.</b> Arquitectura en anillo de una Red Óptica .....	22
<b>Figura 10.</b> Niveles de organización de NG-SDH .....	24
<b>Figura 11.</b> Esquema de concatenación contigua .....	25
<b>Figura 12.</b> Mapeo de señales de clientes mediante GFP-F .....	27
<b>Figura 13.</b> Esquema de uso de fibra óptica en NG-SDH .....	28
<b>Figura 14.</b> Uso del ancho de banda LCAS .....	29
<b>Figura 15.</b> Transformación del servicio en Venezuela .....	31
<b>Figura 16.</b> Soluciones para la inserción de los protocolos y canales de baja dentro de los canales ópticos disponibles .....	32
<b>Figura 17.</b> Bandas del espectro en las que trabaja la fibra óptica disponible .....	34
<b>Figura 18.</b> Evolución de las redes ópticas .....	36
<b>Figura 19.</b> Ejemplo de una red óptica de primera generación empleada para transmitir SDH.....	37
<b>Figura 20.</b> Esquema sencillo de una red óptica de segunda generación.....	40
<b>Figura 21.</b> Red óptica de tercera generación .....	42
<b>Figura 22.</b> Arquitectura de los enlaces PDH del backbone de Caracas .....	47
<b>Figura 23.</b> Equipos PDH marca TELETTRA central CNT .....	48
<b>Figura 24.</b> DDF marca TELETTRA central CNT .....	49

<b>Figura 25.</b> Equipos PDH marca NEC central CNT .....	49
<b>Figura 26.</b> DDF marca NEC central CNT .....	50
<b>Figura 27.</b> Arquitectura de los anillos CWDM del backbone de Caracas .....	53
<b>Figura 28.</b> Arquitectura de los enlaces del backbone capital DWDM .....	54
<b>Figura 29.</b> Visualización de los equipos TELETTRA en el plan de canales .....	56
<b>Figura 30.</b> Visualización de los equipos NEC en el plan de canales .....	57
<b>Figura 31.</b> DDF NEC .....	58
<b>Figura 32.</b> Migración de un anillo SONET a DWDM- el antes .....	60
<b>Figura 33.</b> Migración de un anillo SONET a DWDM- el inicio .....	60
<b>Figura 34.</b> Migración de un anillo SONET a DWDM- segundo paso .....	61
<b>Figura 35.</b> Arquitecturas de malla, anillo y punto a punto en conjunto .....	62
<b>Figura 36.</b> Flujo de señales en estación OADM .....	66
<b>Figura 37.</b> Configuración de red punto a punto .....	66
<b>Figura 38.</b> Calculo de potencia de canal principal .....	67
<b>Figura 39.</b> Calculo de potencia de canal principal .....	68
<b>Figura 40.</b> Diagrama de la red .....	73
<b>Figura 41.</b> Red de sincronismo CANTV .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estándares de transmisión en PDH .....	11
<b>Tabla 2.</b> Niveles en los que fluctúa las señales en los contenedores virtuales .....	19
<b>Tabla 3.</b> Eficiencia de NG-SDH con respecto al tipo de carga que transporta .....	26
<b>Tabla 4.</b> Velocidades de transmisión de la jerarquía SDH .....	26
<b>Tabla 5.</b> Diferencias entre SDH y NG-SDH .....	29
<b>Tabla 6.</b> Plan de canales .....	54
<b>Tabla 7.</b> Enlaces entre la Salle-CNT propuestos para migrar .....	57
<b>Tabla 8.</b> Ejemplo de configuración de equipo OSN3500 .....	79

## ACRÓNIMOS

**ADM:** (Add/Drop Multiplexer). Multiplexor de inserción/extracción.

**ANSI:** (American National Estándar Institute). Instituto nacional de estándares americanos.

**ATM:** (Asynchronous Transfer Mode). Modo de transferencia asíncrono.

**CWDM:** (Coarse Wavelength Division Multiplexing). Multiplicación por longitud de onda aproximada.

**DCN:** (Data Communications Network). Red de comunicación de datos.

**DXC:** (Digital Cross-Connect). Conector Cruzado Digital.

**DWDM:** (Dense Wavelength Division Multiplexing). Multiplicación por longitud de onda densa.

**E1:** (European Basic Multiplexing Rate). Unidad básica de multiplexación europea.

**EoS:** (Ethernet over SDH). Ethernet sobre SDH

**FE:** (Fast Ethernet). Canal Ethernet de alta velocidad 100 Mbps.

**FC:** (Fibre Channel). Canal de fibra óptica.

**GE:** (Gigabit Ethernet). Canal Ethernet de alta velocidad 1 Gbps.

**IEEE:** (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Instituto internacional de ingeniería eléctrica y electrónica.

**ITU:** (International Telecommunication Union). Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**LAN:** (Local area network). Red de área local.

**MAN:** (Metropolitan Area Network). Red de área metropolitana.

**MPLS:** (Multiprotocol Label Switching). Multi-protocolo de conmutación por etiquetas.

**OADM:** (Optical Add/Drop Multiplexer). Multiplexor de inserción/Extracción Óptico.

**OC-N:** (Optical Carrier Level N). Portadora óptica de nivel N.

**ODF:** (Optical Distribution Fiber). Distribuidor de fibra óptica.

**OTDR:** (Optical Time Domain Reflectometer). Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo.

**OTM:** (Optical Terminal Multiplexer). Multiplexor de terminal óptico.

**PCM:** (Pulse Code Multiplexer). Modulación por codificación de pulsos.

**PDH:** (Plesiochronous Digital Hierarchy). Jerarquía Digital Plesiócrona.

**SDH:** (Synchronous Digital Hierarchy). Jerarquía Digital Síncrona.

**SNMP:** (Simple Network Management Protocol). Protocolo simple de gestión de redes.

**SONET:** (Synchronous Optical Network). Red óptica síncrona.

**STM:** (Synchronous Transfer Mode). Módulo de transporte síncrono.

**TDM:** (Time-Division Multiplexing). Multiplexación por división en tiempo.

**WAN:** (Wide Area Network). Red de área amplia.

**WDM:** (Wavelength Division Multiplexing). Multiplexación por longitud de onda.

## INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de la demanda de servicios y ancho de banda, surge la responsabilidad de satisfacer las necesidades de los clientes, utilizando las redes de fibra óptica ya existentes, logrando así mantener los costos bajos.

Hoy en día las comunicaciones constituyen un aspecto imprescindible en el desarrollo global de la sociedad en la cual nos encontramos inmersos, el desarrollo tecnológico de los últimos años y el creciente ritmo evolutivo del sector de las comunicaciones, nos impulsan a mantenernos en el auge de lo novedoso de las últimas tecnologías y eso lo maneja muy bien la corporación CANTV.

Como prueba se tiene el siguiente proyecto, en el cual se proyecta modernizar la red urbana de la parte oeste de la región capital, por medio de la implementación de tecnologías DWDM y SDH de nueva generación, que en consecuencia aumenta la capacidad de servicio y mejorar el nivel de confiabilidad.

Una de las ventajas que ofrecen los sistemas DWDM es que permiten aprovechar de forma óptima las inversiones realizadas inicialmente con la introducción de esta tecnología, ya que permiten multiplexar diferentes longitudes de onda por la misma fibra. En configuraciones pequeñas, se podría partir de la capacidad SDH e ir migrando posteriormente a la tecnología DWDM, conservándolo para realizar un crecimiento gradual. Todo este tipo de redes estarán sujetas a continuos procesos de optimización en términos de: coste, espacio, flexibilidad, reparto del ancho de banda en tiempo real, compensación de efectos no lineales, compensación de errores en la capa óptica, etc.

Con la llegada de nuevas tecnologías soportados por Internet, las infraestructuras de telecomunicaciones deben afrontar nuevos retos. Estos sistemas DWDM han establecido el camino para dar respuesta a toda esa continua demanda de nuevos servicios que requieren más capacidad y, por tanto, más ancho de banda.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El sector de telecomunicaciones es una de las industrias de mayor desarrollo en la actualidad por tal motivo la transmisión de datos, acceso a internet e interconexión de redes resulta indispensable para toda empresa que desee mantener ventajas competitivas.

CANTV (compañía Anónima Nacional de Telecomunicaciones de Venezuela) es la principal empresa de telecomunicaciones del país. Sus principales servicios son de telefonía fija y celular y servicios de conexión a internet. Debido a la rápida evolución de las tecnologías de transporte de datos, CANTV opera con múltiples plataformas comunicacionales. Una de sus plataformas están compuestas por equipos PDH y otra de equipos SDH (Jerarquía digital Pleosincrona y Jerarquía digital Síncrona, por sus siglas en inglés respectivamente). La tecnología PDH se usa en redes donde diferentes partes están casi, aunque no perfectamente sincronizadas, mientras que en SDH si lo están. Hasta ahora ambas tecnologías han funcionado en conjunto, sin embargo la demanda del servicio de telecomunicaciones es creciente y las redes PDH son muy poco flexibles. El gran espacio de las salas que requieren los bastidores de distribución (DDF's) para las conexiones cruzadas y lo complejo de su uso representa alta probabilidades de error en las conexiones.

La asignación de canales debe ser realizado manualmente, para resolver las fallas el personal técnico especializado debe trasladarse a las diferentes centrales donde se encuentran los equipos de transmisión y recepción. En el caso de la tecnología SDH estas fallas pueden gestionarse y resolverse de forma remota, debido a que los sistemas de administración de estas plataformas permiten identificar donde está la falla. El personal debe resolver las fallas en general y el tiempo invertido en solventar las averías de equipos PDH resta eficiencia y velocidad en las respuestas a las solicitudes de servicio. Por esta razón se propone migrar la plataforma de equipos

PDH a tecnologías SDH o superiores que permitan gestionar eficientemente la solución a las fallas que se presenten.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo General**

Modelar una migración de la plataforma PDH de las centrales del oeste de Caracas de CANTV a las tecnologías de nueva generación.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Investigar los elementos que conforman las plataformas PDH, SDH.
- ✓ Identificar las estaciones que conforman el sitio de estudio.
- ✓ Caracterizar las actuales plataformas digitales de transmisión en el oeste de la región capital.
- ✓ Plantear un modelo de migración basado en la incorporación de equipos de nueva generación para el oeste de la región capital.
- ✓ Analizar debilidades y fortalezas y las ventajas de incorporar esta nueva tecnología con base a los planes de migración.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La compañía CANTV debe mantener sus servicios activos en todo momento, por esta razón la capacidad de las redes con que operan debe ser coherente con las necesidades de los usuarios, y estar preparadas para el crecimiento de la demanda.

Aunque en la actualidad las redes PDH que están en funcionamiento satisfacen los requerimientos de transmisión, éstas han sido diseñadas para brindar servicio telefónico básico y por esta razón con el aumento de la demanda de servicio también aumenta la tasa de fallas. Generalmente, el tiempo necesario para dar

solución a un requerimiento es elevado, debido a que con el uso de estas redes cada falla debe ser resuelta en sitio. Con usuarios cada vez más exigentes y en pro de ofrecerles un servicio de calidad se hace necesaria la oferta de una plataforma que permita alta disponibilidad y tiempo mínimo de atención a la solicitud.

Las redes PDH son muy poco flexibles y su crecimiento trae consigo muchas limitaciones. Las salas de los equipos y sus bastidores de distribución, requieren gran espacio y lo complejo de su uso para conexiones cruzadas aumenta la probabilidad de errores en los enlaces. El tener que demultiplexar toda la señal de agregación hasta un nivel de 2 Mb/s para la extracción en inserción de canales, representa una limitación debido a la cantidad de equipos que se requieren, igualmente del espacio que ocupan estos en la sala de transmisión y los DDF's asociados. Además de esto, la asignación de canales es realizada de manera manual, es decir, se requiere personal técnico en el sitio para que modifique las conexiones de cableado de los DDF's. Esta tarea resta eficiencia y velocidad en las respuestas de las solicitudes de servicio.

Generalmente, la fibra destinada para la protección comparte la misma canalización con la fibra de trabajo, inclusive casi siempre pertenecen al mismo cable, lo que quiere decir que un evento de corte de fibra interrumpe el servicio hasta que se empalme o se sustituya por otra. Esto se debe a que estas redes no ofrecen la capacidad de re-enrutamiento alternativo automático del tráfico en caso de fallas, a menos que se instale un equipo discreto de crossconexión digital PDH, cuyo costo es considerablemente alto. Aunado a esto, las interfaces de línea son propietarias, lo que obliga a la adquisición de ambos extremos del enlace al mismo fabricante de equipos. En el caso de la plataforma SDH, debido a una serie de estandarizaciones se puede adquirir equipos de fabricantes que realicen la mejor oferta de costo de adquisición.

Por esta razón se plantea la migración de la plataforma PDH a tecnologías de nueva generación en las centrales del oeste de Caracas, lo que permitiría la implementación de nuevos servicios, alta disponibilidad y tiempo mínimo entre solicitudes de servicio y atención de fallas.

## **1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

CANTV se encuentra con una diversidad de equipos que en conjunto operan con eficiencia pero que en el futuro no forman parte de una tecnología que brinde los mayores servicios para abastecer la demanda de los clientes. Los equipos de tecnología PDH (SIEMENS, NEC, TELETTRA, ERICSSON), utilizan técnicas de multiplexaje poco flexible y de escasa disponibilidad para la gestión de la red, con interfaces y características muchas veces incompatibles, una cantidad de cableado y puntos de conexión excesiva, que claramente obstaculizan la operación adecuada de la red de transmisión.

Dada la situación actual de la red de transporte de CANTV, es necesario optimizar dicha red mediante una migración hacia equipos de nueva generación, con tecnología a nivel troncal como lo es SDH-NG o WDM-NG, dependiendo de la necesidad y la solución que proporcione confiabilidad, calidad de servicio, mayor capacidad, monitoreo de rendimiento extremo a extremo, soporte de nuevos servicios de alta velocidad, rápido aislamiento de fallos, interfaz centralizado, integrado y remoto para equipos de transporte y multiplexación.

## **1.5 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA**

### **1.5.1 Razón social.**

Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV)

### **1.5.2 Actividad de la Empresa. [1]**

Según los Estatutos Sociales de CANTV, en su Artículo N° 2, indica que: “La Compañía tiene por objeto la administración, desarrollo, establecimiento y explotación de redes de telecomunicaciones y la prestación de servicios de telecomunicaciones e informática que incluyen, pero no se limitan a los servicios de: telefonía fija local y de larga distancia nacional e internacional, radiotelefonía,

telefonía móvil, Internet, valor agregado, transporte, transmisión y acceso a redes de datos, difusión por suscripción, radiomensajes, radio determinación, radiocomunicaciones móviles terrestres, radiocomunicaciones marítimas, radiocomunicaciones aeronáuticas, ayuda a meteorología, generación de contenidos, directorio telefónico; adquisición y comercialización de equipos y medios de telecomunicaciones e informática; alquiler de circuitos, servicios de recaudación, facturación y otros servicios a terceros; y la adopción y prestación de cualesquiera otros nuevos servicios determinados por los progresos técnicos en materia de telecomunicaciones; asimismo, la emisión de bonos y obligaciones conforme a los 4 requisitos legales; la suscripción de acuerdos o convenios con administraciones o empresas extranjeras en todo cuanto concierna a las actividades de la Compañía para impulsar la integración internacional, la participación en asociaciones, institutos o grupos internacionales dedicados al perfeccionamiento de las telecomunicaciones o bien investigaciones científicas y tecnológicas, la participación en organismos internacionales con competencia en materia de telecomunicaciones y la promoción y la creación de empresas total o parcialmente de su propiedad, en Venezuela o en otros países, para el ejercicio de tales actividades u otras afines y conexas con las que constituyen su objeto social, así como la promoción de empresas de producción o propiedad social o cualquier otra forma asociativa de economía social; todo ello en coordinación con el órgano de tutela.

### **1.5.3 Reseña Histórica. [1]**

La Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela, conocida como CANTV, fue fundada en 1930, y hoy en día es el proveedor líder de servicios de telefonía fija, móvil, Internet y servicios de información del país

CANTV posee una estructura de propiedad mixta, en la cual participan tanto pequeños ahorristas, como trabajadores y jubilados, capitales nacionales y extranjeros y bloques de inversión institucionales y estratégicos, como por ejemplo, el Estado

venezolano y experimentadas empresas de la industria mundial de las telecomunicaciones.

Esta empresa dispone de las tecnologías más avanzadas, lo que aunado al desarrollo de mejores prácticas gerenciales, ha permitido llevar adelante una importante transformación en cobertura y calidad de servicios.

Hoy, luego de 15 años de administración privada, CANTV asume una nueva etapa que representará importantes retos en sus 77 años de servicio a los venezolanos.

No es algo nuevo. A través de los siglos XX y XXI, CANTV ha pasado por diferentes facetas que comienzan en 1930 con una concesión otorgada al venezolano Félix A. Guerrero, pasando por ser empresa pública entre 1953 y 1991, para luego volver a manos privadas por un lapso de 15 años, entre 1992 y 2007, año en el cual pasa, de nuevo, al control del Estado venezolano.

#### **1.5.4 Misión [1]**

Es la empresa estratégica del estado venezolano operadora y proveedora de soluciones integrales de telecomunicaciones e informática, corresponsable de la soberanía y transformación de la nación, que potencia el poder popular y la integración de la región, capaz de servir con calidad, eficiencia y eficacia, y con la participación protagónica del pueblo, contribuyendo a la suprema felicidad social.

#### **1.5.5 Visión [1]**

Ser una empresa socialista operadora y proveedora de soluciones integrales de telecomunicaciones e informática, reconocida por su capacidad innovadora, habilitadora del desarrollo sustentable y de la integración nacional y regional, comprometida con la democratización del conocimiento, el bienestar colectivo, la eficiencia del estado y la soberanía nacional.

### 1.5.6 Organigrama General de la Empresa.

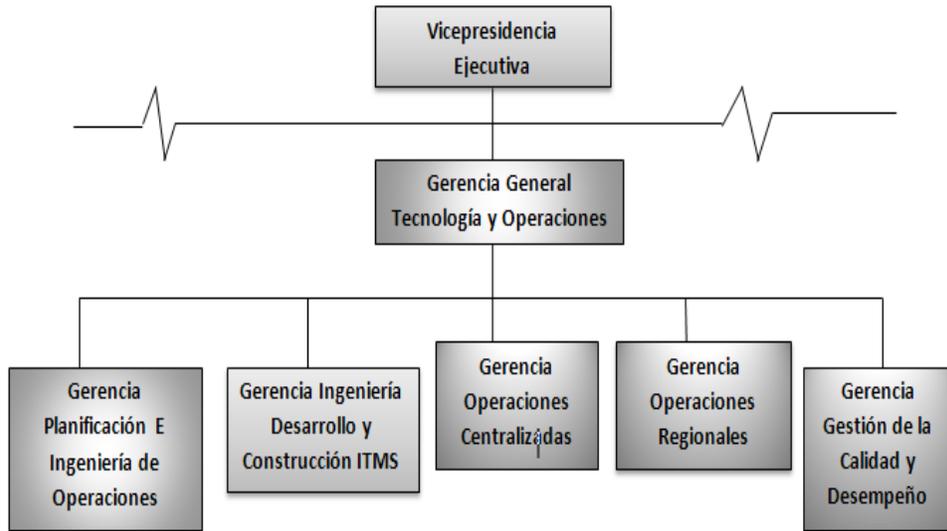


Figura 1. Estructura organizacional de la corporación CANTV [3]

### 1.5.7 Organigrama del Departamento

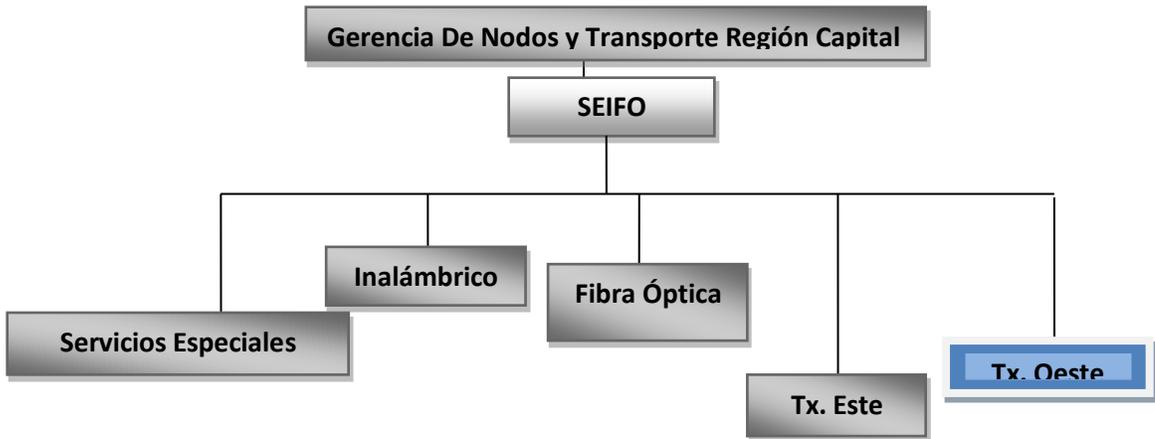


Figura 2.- Estructura organizacional del departamento CANTV [3]

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

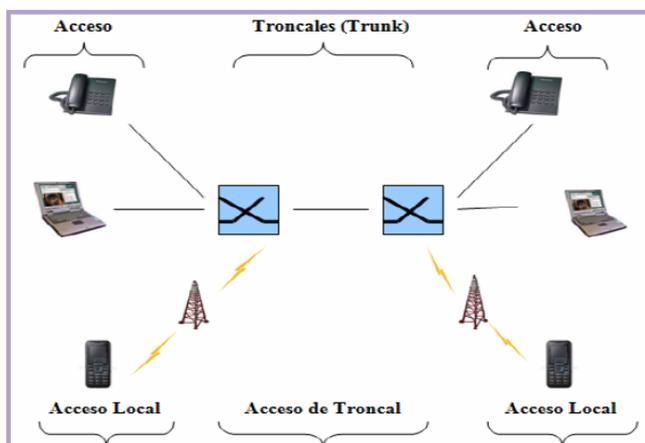
#### **2.1 Red de Transporte.**

La red de transporte es una red de ámbito nacional estructurada en capas, transporta información de usuario desde un punto a otro de forma bidireccional o unidireccional. También transfiere diversas clases de información de control de red, tales como la señalización e información de operaciones y mantenimiento.

Está constituida por la red de acceso y la red troncal, la primera se encarga de conectar los nodos de conmutación con los terminales de los subscriptores y la segunda es la parte de la red de telecomunicaciones que interconecta los nodos de conmutación. La función de estas dos redes se ha llamado tradicionalmente sistemas de transmisión. [3]

Los medios de transmisión en la red de transporte pueden ser:

- Sistemas de cables metálicos.
- Sistemas de radio enlaces.
- Sistemas satelitales.
- Sistemas de fibra óptica.



**Figura 3:** Red de transporte. [3]

## 2.2 REDES DE TRANSPORTE TDM

Una red de transporte se compone de enlaces y equipos que habilitan tráfico para ser transportado entre 2 nodos. Los elementos de red son equipos MUX o enrutadores localizados en los nodos, que multiplexan o enrutan el tráfico telefónico.

Los sistemas digitales de transporte basados en TDM (Multiplexación por División en Tiempo), fueron heredados de las redes telefónicas. En 1970 aparecieron los primeros sistemas TDM basados en PCM (Modulación por Pulsos Codificados), que digitalizan la señal telefónica con una frecuencia de muestreo de 8 kHz y 8 bits/muestra, para obtener una señal digital de 64 kbps, que es la unidad básica de conmutación utilizada en la red telefónica. [13]

### 2.2.1 PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

En 1980, se establece una jerarquía para la obtención de tramas de mayor capacidad, a partir de la multiplexación de tramas de nivel inferior, denominada PDH, (Jerarquía Digital Plesiócrona) por sus siglas en inglés. Es una tecnología usada tradicionalmente para telefonía, y permite enviar varios canales telefónicos sobre un

mismo medio (ya sea Cable coaxial, radio o microondas) mediante el uso técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión.

El término plesiócromo proviene del griego plesio, que significa cerca, y chronos, tiempo, y se refiere al hecho de que redes PDH se ejecutan en un estado donde diferentes partes de la red están casi, aunque no perfectamente, sincronizadas.

[3]

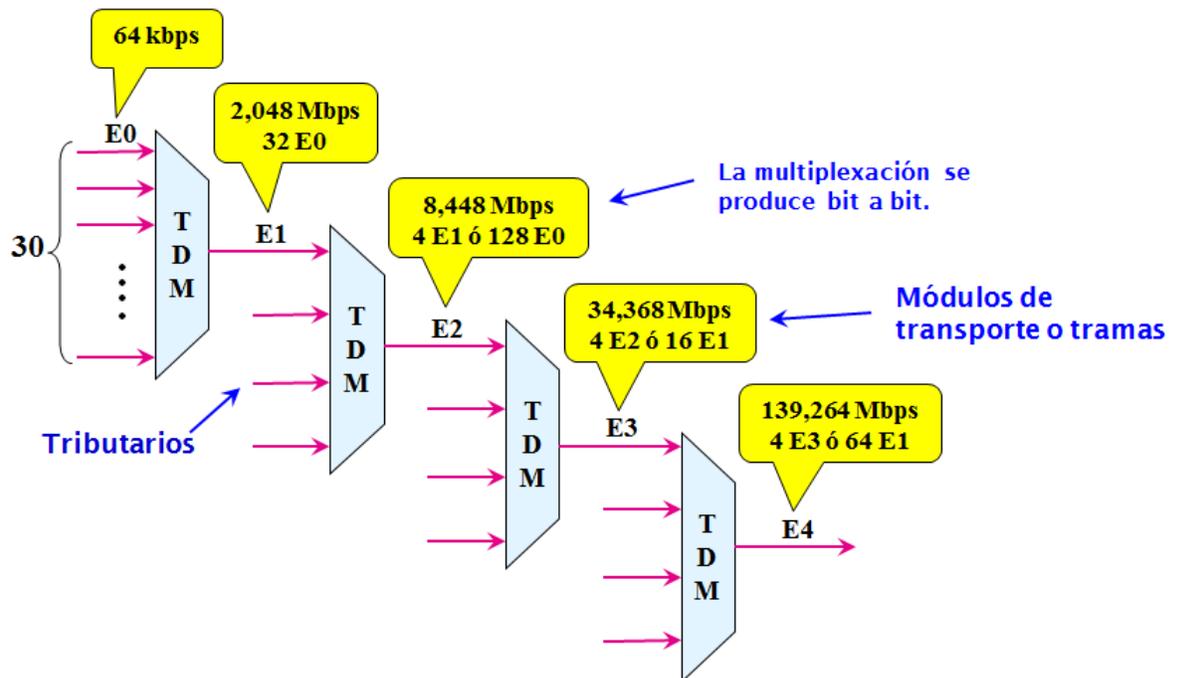


Figura 4. Niveles y velocidades de transmisión en PDH. [3]

Generalmente, las señales que son multiplexadas proceden de fuentes distintas, pudiendo haber ligeras diferencias entre la velocidad real de los distintos flujos de información, por ello, la tecnología PDH, permite la transmisión de flujos de datos que, nominalmente, funcionan a la misma velocidad, pero que permiten una cierta variación alrededor de la velocidad nominal gracias a la manera en la cual se forman las tramas.

Existen tres (3) jerarquías en PDH, la norteamericana, la europea y la japonesa y se muestran en detalle en la siguiente tabla.

Tabla 1. Estándares de transmisión en PDH. [3]

Nivel	Norteamérica			Europa			Japón		
	Circuitos	Kbit/s	Denominación	Circuitos	Kbit/s	Denominación	Circuitos	Kbit/s	Denominación
1	24	1,544	(T1)	30	2,048	(E1)	24	1,544	(J1)
2	96	6,312	(T2)	120	8,448	(E2)	96	6,312	(J2)
3	672	44,736	(T3)	480	34,368	(E3)	480	32,064	(J3)
4	4032	274,176	(T4)	1920	139,264	(E4)	1440	97,728	(J4)

La jerarquía PDH Europea usa la trama descrita en la recomendación G.732 de la UIT-T

La jerarquía PDH norteamericana y la japonesa se basan en la trama descrita en la recomendación G.733 de la UIT-T

### 2.2.1.1 Desventajas

✓ La rigidez de las estructuras plesiócronicas de multiplexación hicieron necesaria la de-multiplexación sucesiva de todas las señales de jerarquía inferior para poder extraer un canal de 64 Kbps. La baja eficiencia de este proceso, suponía baja flexibilidad en la asignación del ancho de banda y una mayor lentitud en el procesamiento de las señales por parte de los equipos.

✓ La información de gestión que puede transportarse en las tramas PDH es muy reducida, lo cual dificulta la supervisión, control y explotación del sistema.

✓ La falta de compatibilidad entre los distintos sistemas PDH y la adopción de estándares propietarios por parte de los fabricantes, dificultaba la interconexión entre redes de incluso un mismo operador.

✓ Los grandes avances del hardware y software, así como la entrada de la fibra óptica como medio de transmisión, no eran aprovechados por los sistemas PDH.

- ✓ No tiene un estándar universal. Existen tres (3): europeo, americano, japonés.
- ✓ No es síncrona. Se utilizan bits de relleno para sincronismo.
- ✓ La gestión de tramas es compleja. Los bits de relleno y la multiplexación bit a bit, impiden seguir un canal a través de la red.
- ✓ Fue desarrollada para medios no ópticos. No se aprovecha el ancho de banda disponible con la fibra óptica.
- ✓ La inserción / extracción de flujos de baja capacidad es rígida. El acceso a un canal simple en una señal superior implica de-multiplexarla totalmente.
- ✓ No existe interfaz de nodo de red. Equipos de diferentes fabricantes son incompatibles. [13][14]

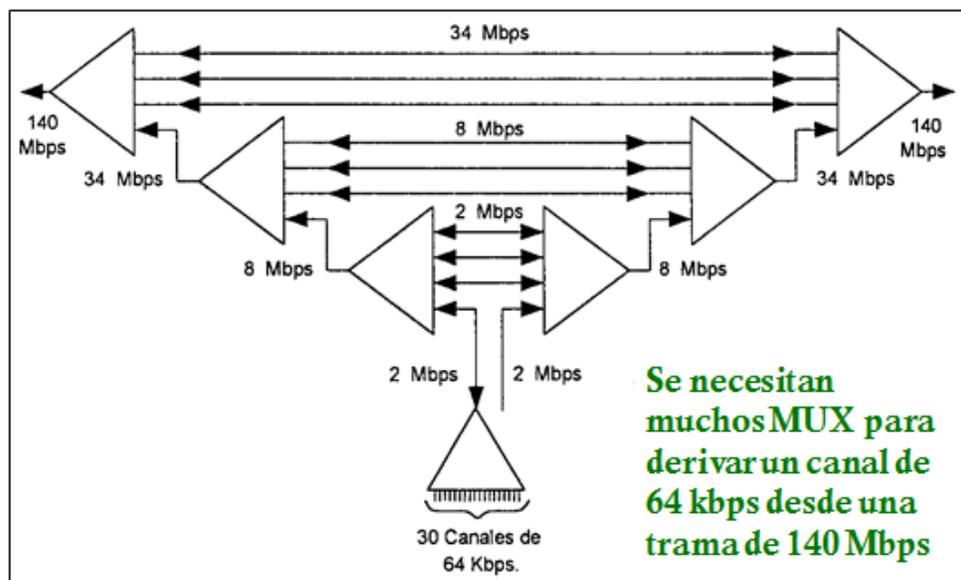


Figura 5. Niveles de multiplexación en PDH. [2]

### 2.2.2 SDH

Es una plataforma de transporte más moderna que PDH y permite mayor eficiencia cuando se trata de manejar grandes bloques de información o cuando se

quiere transmitir datos. Dentro del conjunto de mejoras que ofrece de SDH tenemos la capacidad de incorporar una serie de servicios de voz y datos, se agregan grandes velocidades de transmisión, lo cual evidentemente permite la operación de una red mucho más eficiente por parte de las grandes empresas de telecomunicaciones.

SDH trata la información a nivel de Bytes y no de bits como PDH. Los tributarios se insertan de Byte en Byte y no de Bit en Bit. La trama SDH dura 125 $\mu$ s, al igual que una trama E1, esto significa que se repite 8000 veces por segundo. Esto permite integración sencilla de canales de 64 Kbps dentro de la trama SDH. [6]

Por otra parte SDH permite [6]:

- ✓ Acceso directo afluentes de baja velocidad sin tener que demultiplexar toda la señal de alta velocidad como ocurre con PDH.
- ✓ Facilidad de multiplexar y demultiplexar.
- ✓ Menor cantidad de pasos de multiplexación y de-multiplexacion.
- ✓ Mejor capacidad de operación, administración y mantenimiento.
- ✓ Adopción de canales auxiliares estandarizados.
- ✓ Estandarización de interfaces.
- ✓ Fácil crecimiento hacia velocidades mayores, en la medida que lo requiera la red, ya que toda la red se construye en función de un tributario único STM-1.
- ✓ Implementación de sistemas con estructura flexible que pueden ser utilizados para construir nuevas redes (LAN, MAN y WAN).
- ✓ Integración con redes PDH. Con el empleo de ADM's se pueden integrar diferentes jerarquías de PDH con un solo tributario SDH.

### **2.2.2.1 Ventajas de SDH**

Las ventajas generales de SDH se pueden resumir así:

- ✓ Aproximadamente se asigna el 5% de la estructura de la señal para soportar todos los procedimientos que intervienen en el manejo y gestión de red.

✓ Una red de SDH es capaz de transportar cualquier tributario de los existentes hoy en día, además tiene la flexibilidad de acomodarse a los nuevos tipos de clientes con sus nuevas señales de servicio.

✓ El método de multiplexación permite la adaptación flexible de la red al crecimiento del tráfico, y el principio de conexión en red permite una gestión de tráfico directa y una supervisión de funcionamiento punto a punto. Gracias a la multiplexación sincrónica directa es factible tener acceso de una señal de tributario individual dentro de la estructura de la señal multiplexada.

### **2.2.2.2 Características básicas de SDH**

Con el fin de suplir las deficiencias de la jerarquía PDH y para afrontar las exigencias tecnológicas cada vez mayores, se desarrolló la jerarquía digital síncrona SDH. Su primera característica a destacar es que permite el manejo de las diversas velocidades de transmisión PDH. [6]

En términos sencillos, la idea es que se tiene un vagón de gran capacidad (trama SDH) que debe ser colmado con tributarios de diferentes velocidades. El primer paso es adaptar ese tributario asíncrono a la trama que se tiene, este proceso de adaptación equivale insertar el tributario en un Contenedor. Posteriormente se añade información relevante al contenedor, contenido útil, características de identificación, etc. Esto es equivalente a añadirle su respectiva etiqueta (tara, encabezado). Además a cada contenedor se le adjunta un puntero de posición fija que indica su localización. Dado que la capacidad del vagón es muy grande, para hacer más eficiente el acomodo de los tributarios se toman varios de los contenedores ya creados y se unen para formar un contenedor de alto orden, estos contenedores mayores también llevan su etiqueta y su puntero, repitiendo este proceso hasta llenar la carga útil.

### **2.2.2.3 Capacidad de gestión**

En SDH se tiene una gran capacidad del ancho de banda disponible para la administración de los enlaces, información de cada tributario transferido, canales de comunicación vocal, etc. Esta información se transfiere a diferentes niveles (capas), lo que facilita el seguimiento y aislamiento de una falla, así como la jerarquización en las labores administrativas. [6]

### **2.2.2.4 Equipos estándares**

Los equipos desarrollados con base en la tecnología SDH vienen a suplir las deficiencias que se tenían en PDH. Por ello sus funciones son muy específicas y corresponden a las necesidades más frecuentes en las redes de transmisión.

Así se tiene multiplexores de acceso para tributarios plesiócrono de multiplexación de tributarios síncronos, de extracción/inserción de tributarios, de interconexión de tributarios a diferentes velocidades. Los equipos de SDH como el ADM, multiplexores terminales y multiplexores síncronos intentan facilitar las interconexiones de la red y proveer soluciones genéricas a los problemas de transporte. [6]

SDH se diseñó para transportar todas las velocidades que se manejan en PDH, y como agregado los nuevos equipos ofrecen nuevas velocidades que aumentan la eficiencia de la red.

### **2.2.2.5 Estructura de la trama en SDH**

SDH tiene una velocidad de transmisión básica de 155,520 Mbit/s, en una trama que se denomina STM-1. A partir de ella y multiplexado byte a byte de manera que la estructura de la trama permanece inalterada, se obtienen velocidades mayores, se han estandarizado las tramas STM-4 (622,080 Mbit/s) y STM-16 (2488,320 Mbit/s). Si en el futuro se necesitara una velocidad superior (STM-64 o STM-256),

solo es necesario multiplexar la unidad básica otro nivel más, la estructura de la trama permanece inalterada. Es por ello que SDH puede albergar cualquier tipo de servicio, aun los que no han sido completamente estandarizados (televisión de alta definición, red digital de servicios integrados de banda ancha, entre otros). [6]

La trama básica SDH (STM-1) tiene una duración de  $125\mu\text{s}$  y está formada por una estructura matricial bidimensional de 9 filas y 270 columnas, en la cual cada posición tiene un byte de longitud. Cada byte equivale a 64kbps, lo que quiere decir que cada fila representa un caudal de 576kbps. Los byte de la trama de STM-1 se agrupan en dos áreas: información de control (Cabecera de sección y cabecera de línea) y carga útil.

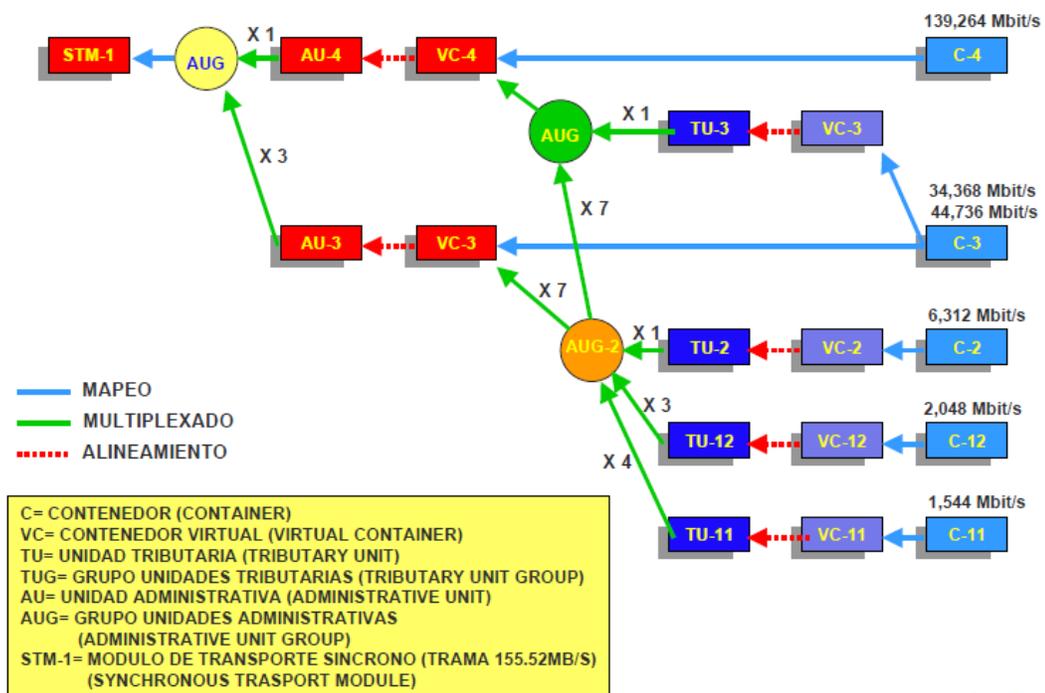


Figura 6. Estructura de la trama en SDH. [6]

La unidad básica es la trama STM-1. Para cualquier velocidad la trama dura  $125\mu\text{s}$ , lo cual da 8000 tramas/seg. La menor unidad es el byte. A 155.52 Mbps la

trama de 2430 bytes. Hay nueve (9) secciones de sobrecarga. Se suele representar la trama en forma matricial o rectangular.

La trama se transmite de izquierda a derecha, de arriba abajo, de manera que después de byte correspondiente a la fila 1 columna 270 le sigue el de la fila 2 columna 1. La velocidad binaria que resulta de esta organización es de  $9 \times 270 \times 8 \text{ bits} / 125 \mu\text{s} = 155,529 \text{ Mbits/s}$ . cada octeto o byte dentro de la trama representa una velocidad de 65 kbit/s. [6]

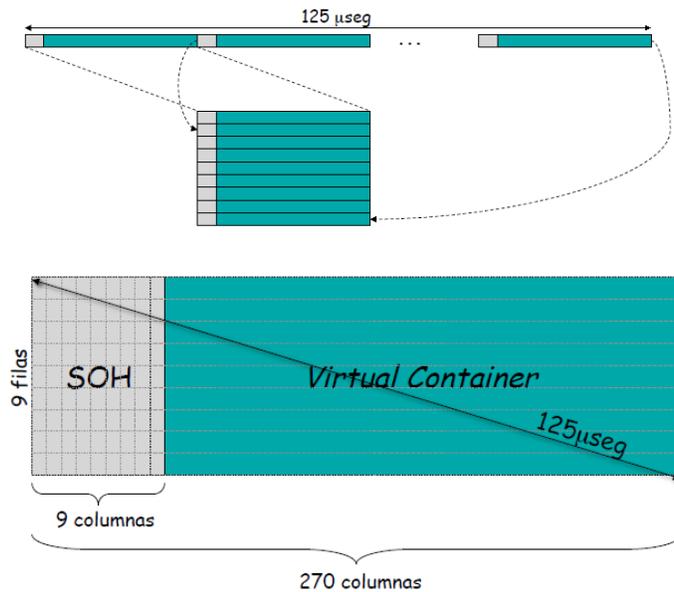


Figura 7. Formación de la trama en SDH en el tiempo. [3]

La trama está dividida en tres áreas: Section OverHead (SOH) o Encabezado de Sección, Punteros de Unidad Administrativa AUP (Administrative Unit Pointer) y Carga Útil (Payload).

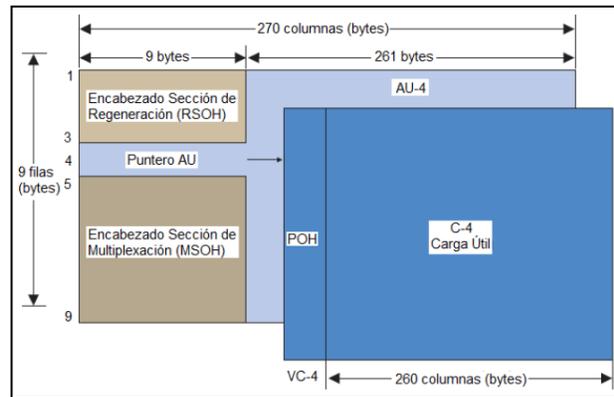


Figura 8. Partes de la trama STM-1. [3]

El Encabezado de Sección desempeña funciones tales como alineamiento de trama, monitoreo de errores y canales de datos auxiliares. Se divide en dos partes, que son Regenerator Section Overhead (RSOH) o Encabezado de Sección de Regenerador y Multiplex Section Overhead (MSOH) o Encabezado de Sección de Multiplexación.

Los Puntero de Unidad Administrativa son secuencias de bytes que identifican las posiciones de comienzo de los tributarios contenidos en la carga útil. La carga útil corresponde a la información (voz o datos) transportada en la trama: afluentes síncronos o asíncronos de cualquier jerarquía existente o de banda ancha. Aunque la capacidad total es de alrededor de 150 Mbit/s, no todo este ancho de banda se utiliza para transferencia de información, cabe recordar que cada tributario lleva información de gestión y el puntero localización. Además en ocasiones hay que colocar bytes de relleno para completar el espacio de carga útil.

- ✓ La señal PDH se inserta de manera asíncrona (modo flotante)
- ✓ Se permite que la velocidad binaria fluctúe dentro de unos márgenes

Tabla 2. Niveles en los que fluctúa las señales en los contenedores virtuales. [6]

Contenedor	Velocidad (Kbps)	Ejemplos de cargas útiles PDH
C-12	2176	2048Kbps (E1)
C-2	6912	6Mbps (T2)
C-3	49536	45Mbps (T3) ó 34Mbps (E3)
C-4	149760	140Mbps (E4)

### 2.2.2.6 ELEMENTOS DE LA RED

#### Multiplexor terminal

Es el elemento que actúa como un concentrador de las señales tributarias, así como de otras señales derivadas de ésta y realiza la transformación de la señal eléctrica en óptica y viceversa. Dos multiplexores terminales unidos por una fibra con o sin un regenerador intermedio conforman el más simple de los enlaces de SDH. [6]

#### Regenerador

Necesitamos un regenerador cuando la distancia que separa a dos multiplexores terminales es muy grande y la señal óptica que se recibe es muy baja. El reloj del regenerador se apaga cuando se recibe la señal y este reemplaza parte de la cabecera de la trama de la señal antes de volver a retransmitirla. La información de tráfico que se encuentra en la trama no se ve alterada. [6]

#### Multiplexor Add/Drop (ADM).

El multiplexor de extracción-inserción (ADM) permite el extraer en un punto intermedio de una ruta parte del tráfico cursado y a su vez inyectar nuevo tráfico desde ese punto. En los puntos donde se disponga un ADM, solo aquellas señales que se necesitan serán descargadas o insertadas al flujo principal de datos. El resto de señales a las cuales no se tiene que acceder seguirá a través de la red. Aunque

los elementos de red son compatibles con el nivel OC-N, puede haber diferencias en el futuro entre distintos vendedores de distintos elementos. SONET no restringe la fabricación de los elementos de red. Por ejemplo, un vendedor puede ofrecer un ADM con acceso únicamente a señales DS-1, mientras que otro puede ofrecer acceso simultáneo a señales DS-1 (1,544 Mbps) y DS-3 (44,736 Mbps). [6]

### **2.2.2.7 CONFIGURACIÓN DE LA RED SDH**

La configuración más común es el anillo SDH. Está constituido por multiplexores ADM interconectados a través de enlaces ópticos, estos enlaces están constituidos por dos o cuatro fibras ópticas. Además la baja atenuación de la señal en su propagación por la fibra permite distancias sin amplificadores de hasta 60 km.

#### **Punto a punto**

La configuración de red punto a punto está formada por dos multiplexores terminales, unidos por medio de una fibra óptica, en los extremos de la conexión y con la posibilidad de un regenerador en medio del enlace si éste hiciese falta. En un futuro las conexiones punto a punto atravesarán la red en su totalidad y siempre se originarán y terminarán en un multiplexor.

#### **Punto a multipunto**

Una arquitectura punto a multipunto incluye elementos de red ADM a lo largo de su recorrido. El ADM es el único elemento de red especialmente diseñado para esta tarea. Con esto se evitan las incómodas arquitecturas de red de demultiplexado, conectores en cruz (cross-connect), y luego volver a multiplexar. Se coloca el ADM a lo largo del enlace para facilitar el acceso a los canales en los puntos intermedios de la red. [11]

## Red Hub

La arquitectura de red hub está preparada para los crecimientos inesperados y los cambios producidos en la red de una forma más sencilla que las redes punto a punto. Un hub concentra el tráfico en un punto central y distribuye las señales a varios circuitos. [11]

## Arquitectura en anillo

El elemento principal en una arquitectura de anillo es el ADM. Se pueden colocar varios ADM en una configuración en anillo para tráfico bidireccional o unidireccional. La principal ventaja de la topología de anillo es su seguridad; si un cable de fibra se rompe o se corta, los multiplexores tienen la inteligencia necesaria para desviar el tráfico a través de otros nodos del anillo sin ninguna interrupción. La demanda de servicios de seguridad, diversidad de rutas en las instalaciones de fibra, flexibilidad para cambiar servicios para alternar los nodos, así como la restauración automática en pocos segundos, hacen que la arquitectura en anillo sea la más implementada. [11]

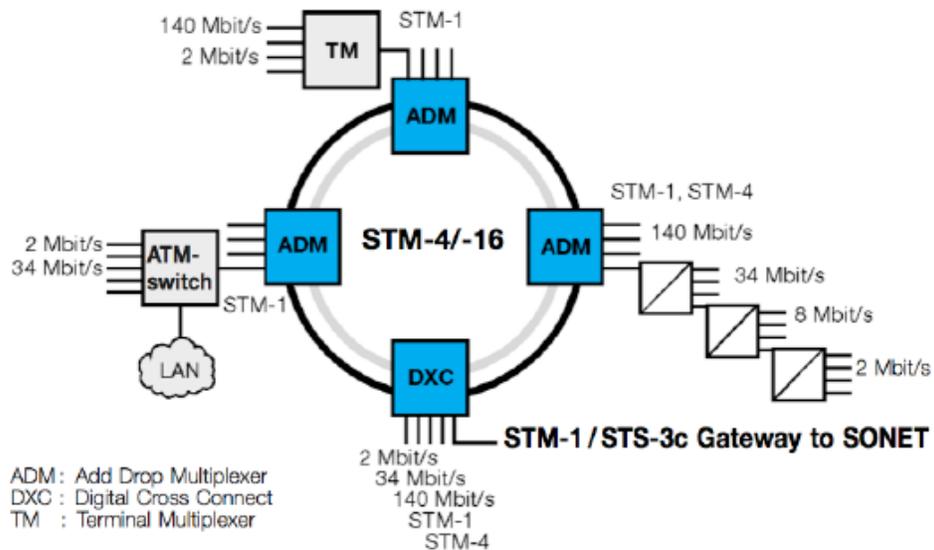


Figura 9. Arquitectura en anillo de una Red Óptica. [11]

Entre las ventajas del uso de punteros en la jerarquía SDH es la posibilidad de efectuar la operación de extracción e inserción de canales y la de conexión cruzada (Cross-Connect), ambas en una manera simple desde el punto de vista del hardware utilizado. Los anillos duales habilitan tolerancia de falla, ejecutando el cambio del anillo en funcionamiento al anillo alternado de protección cuando esta ocurre.

### **2.2.3 NG SDH**

La nueva generación de SDH es un término que describe un rango de desarrollos basados en estándares y propietarios que están construidos en la infraestructura disponible SDH. Desplegado en primer lugar por operadores de larga distancia, como una forma de soportar nuevos servicios tales como: Ethernet, FC, ESCON y DVB, la nueva generación SDH permite la entrega de datos con alta velocidad, y muy alto ancho de banda aún con presupuestos limitados. Debido a que los datos se transportan con propiedades distintas a las encontradas en SDH, como lo es el requerimiento de transporte asíncrono, un ancho de banda dinámico y que no es orientado a la conexión, se hace necesario agregar varias de estas propiedades a la jerarquía para poder incluir más servicios en el proceso de transporte. La proliferación de Ethernet en redes LAN es debido a gran parte a su simplicidad y su efectividad a bajo precio. Las tasas de las líneas estándares de Ethernet son de 10/100/1000 Mbps con 10 Gbps contenido por una presencia significativas en las redes MAN. Debido a que Ethernet está basado en el principio del mejor esfuerzo, la transferencia de datos no está garantizada, he allí la preocupación de que Ethernet no puede proveer una buena calidad de servicio, seguridad, redundancia, y capacidad de restauración necesarias para el tráfico de voz y datos. El nuevo estándar Ethernet, 10 Gigabit Ethernet, no sólo llegó a ser 10 veces más rápido que su predecesor, sino que estará diseñado para promover la convergencia de las tecnologías de redes. Sin embargo, para enviar una señal de 10 Gigabit Ethernet directamente a un sistema de SONET/SDH ADM, el equipo terminal de línea Ethernet debe almacenar en el buffer la señal entrante y convertirla a una señal soportada por SONET.

Aunque Gigabit Ethernet provee una trama común desde la PC hasta el backbone, una tecnología que sirviera como servicio de transporte para almacenamiento de datos brutos y de audio/video, independientemente del protocolo, era necesario. FC fue diseñado para eliminar muchas limitantes del desempeño originadas por redes LAN y en canales suministrando tecnología escalable Gigabit, control, auto administración y rentabilidad a distancias de hasta 10 km. Sin embargo, cuando FC deja la red SAN e interactúa con SONET/SDH, ocurren errores y pérdidas de tramas. Aunque TCP corrija esto, los retrasos y el reducido ancho de banda, generan problemas de desempeño.

### 2.2.3.1 Componentes de la nueva generación SONET/SDH

La nueva generación SONET/SDH extiende la utilidad de la red existente de SONET/SDH utilizando la red existente de capa 1 e incluyendo tecnologías tales como la concatenación virtual (VC), el procedimiento genérico de trama (GFP), y el esquema de ajuste de la capacidad de enlaces (LCAS).

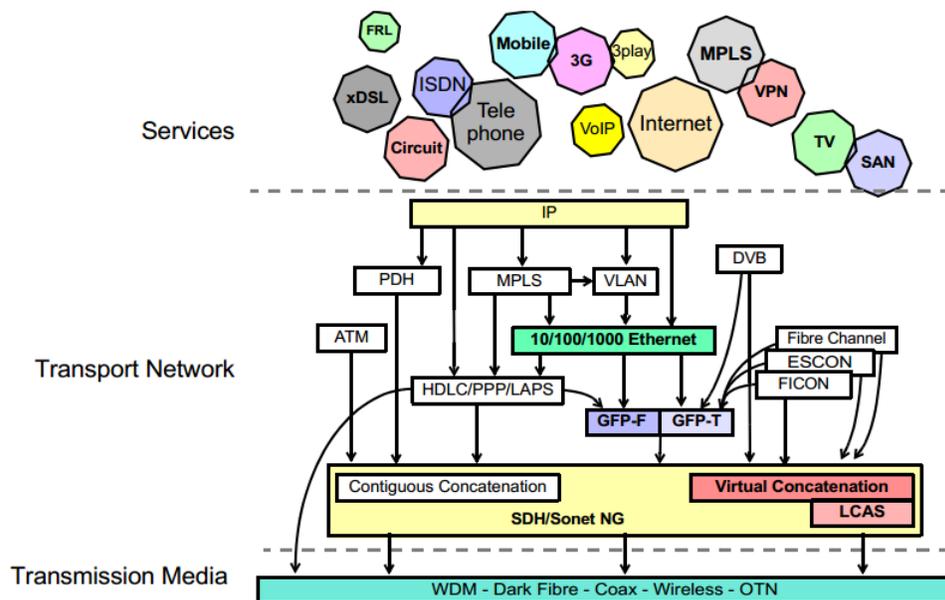


Figura 10. Niveles de organización de NG-SDH [15]

## Concatenación

Es el proceso de colocar en un contenedor grande, el ancho de banda de varios contenedores del mismo tipo. Existen dos tipos de concatenación, virtual y contigua.

### Concatenación Contigua (contiguous concatenation) CC

Este proceso es el responsable de crear grandes contenedores virtuales a través de contenedores más pequeños. A la hora de transmitir estos contenedores no se pueden dividir, en el extremo receptor. El elemento de red debe de tener la capacidad de reconocer las tramas y extraer los paquetes de éstas. [15]

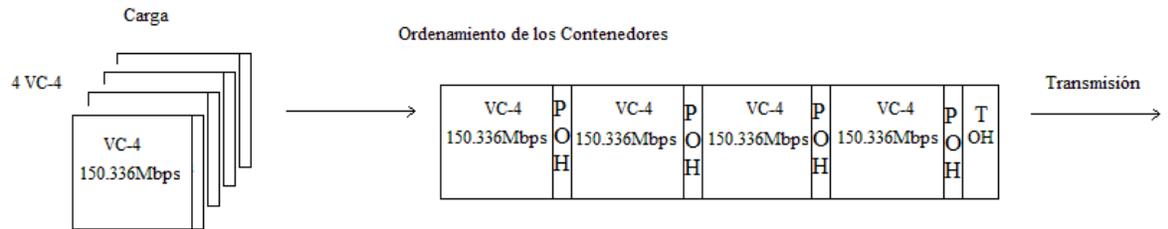


Figura 11. Esquema de concatenación contigua. [15]

### VC (virtual concatenation) Concatenación Virtual

En este proceso, una trama de alta velocidad es segmentada en contenedores de bajo orden o paquetes, entonces cada contenedor de bajo orden es transportado individualmente por cargas SDH distintas y por caminos distintos. De esta manera aumenta la eficiencia en transporte de tráfico sobre distintos protocolos. [15]

En el punto de recepción en la red, los contenedores de bajo orden son recolectados y re-ensamblados a su forma original. Como consecuencia de usar caminos separados para transportar los contenedores, éstos pueden tener un retardo diferencial, esto implica que en el punto de destino, los contenedores deben entrar en un buffer para ser arreglados en el orden correcto, realineados y entonces ser re-ensamblados.

**Tabla 3. Eficiencia de NG-SDH con respecto al tipo de carga que transporta. [12]**

Service	Data rate (Mbits/s)	CC		Efficiency (%)	VC		Efficiency (%)
		SONET	SDH		SONET	SDH	
Ethernet	10	STS-1	VC-3	20	VT-1.5-7v	VC-12-5v	90
Fast Ethernet	100	STS-3c	VC-4	67	STS-1-2v	VC-3-2v	100
Gbit-Ethernet	1,000	STS-48c	VC-4-16	42	STS-1-21v	VC-4-7v	95
ESCON	200	STS-12c	VC-4-16	33	STS-1-4v	VC-3-4v	100
FC	1,000	STS-21c		85	STS-1-18v		95
ATM	25	STS-1	VC-3	50	VC-1.5-16v	VC-12-12v	98

**Tabla 4. Velocidades de transmisión de la jerarquía SDH. [12]**

Signal designation			
SONET	SDH	Optical	Line rate (Mbps)
STS-1	STM-0	OC-1	51.84 (52 M)
STS-3	STM-1	OC-3	155.52 (155 M)
STS-12	STM-4	OC-12	622.08 (622 M)
STS-48	STM-16	OC-48	2,488.32 (2.5 G)
STS-192	STM-64	OC-192	9,953.28 (10 G)
STS-768	STM-256	OC-768	39,813.12 (40 G)

OC-*N*: optical carrier-level *N*

STS-*N*: synchronous transport signal-level *N*

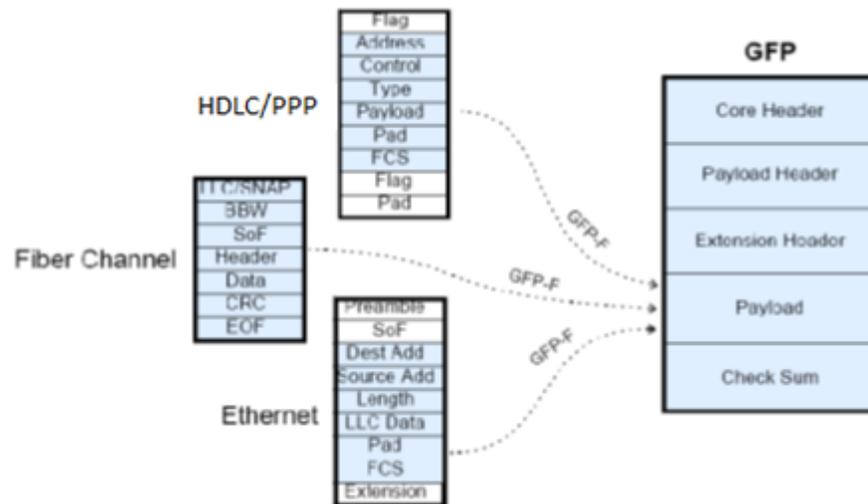
STM-*N*: synchronous transport module-level *N*

### **GFP (Generic Framing Protocol) GFP, definido en UIT-T G.7041**

Generic Framing Protocol (GFP) es un tipo de trama de trabajo de encapsulación flexible para adaptación de tráfico, en aplicaciones de transporte de banda ancha sincrónicas (DS-*n*/E-*n*), de datos paquetizados (IP, GbE, FC, etc.), como también para tramas concatenadas virtualmente en NG-SDH con mejoras en eficiencia y utilización de ancho de banda con el uso de LCAS. [15]

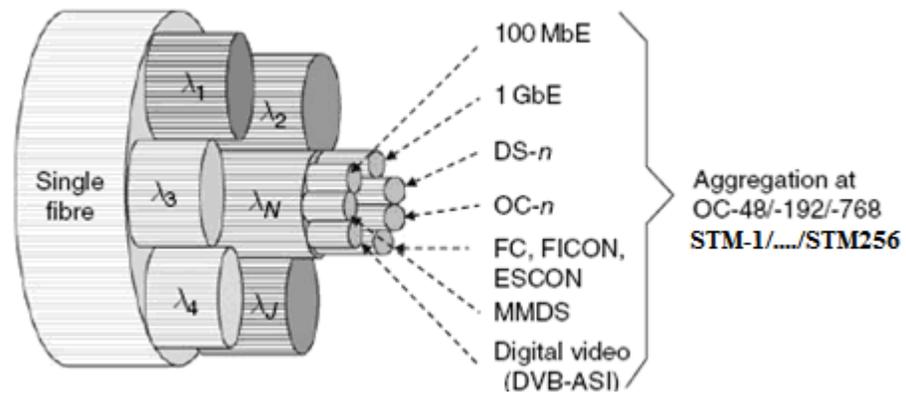
El procedimiento empleado por GFP, permite a diferentes tipos de clientes compartir un canal, con mecanismos eficientes para mapear protocolos de banda ancha (FC, ESCON, FICON, GbE) en varios contenedores de carga STS-1 concatenados en tramas SONET/SDH. De igual modo mediante el GFP se pueden implementar diferentes topologías de red, haciendo que las redes orientadas a

paquetes tengan baja latencia, con calidad de servicio. El GFP permite que las redes existentes de conmutación de circuitos y otras redes basadas en paquetes sean usadas como plataforma integrada e interoperable de transporte, que provee eficiencia en costos y calidad de servicio.



**Figura 12. Mapeo de señales de clientes mediante GFP-F. [12]**

NG-SDH y SDH se diferencian principalmente por el proceso de encapsulación flexible de diversos protocolos en tramas generalizadas de GFP, que son mapeados en envoltorios de carga sincrónico de SDH para permitir conmutación de circuitos y de paquetes de gran longitud. GFP toma en cuenta la tecnología WDM (CWDM y DWDM) para sistemas de redes ópticas, la flexibilidad de este protocolo en NG-SDH sobre WDM permite que un canal óptico (un lambda) pueda cargar señales distintas de clientes distintos, para así mejorar la utilización y eficiencia en el ancho de banda. [15]



**Figura 13. Esquema de uso lógico de fibra óptica en NG-SDH. [12]**

Se encuentran dos tipos de GFP para clientes, también conocidos como modos de transporte, GFP-F para el que contiene tramas mapeadas y el GFP-T con mapeo transparente.

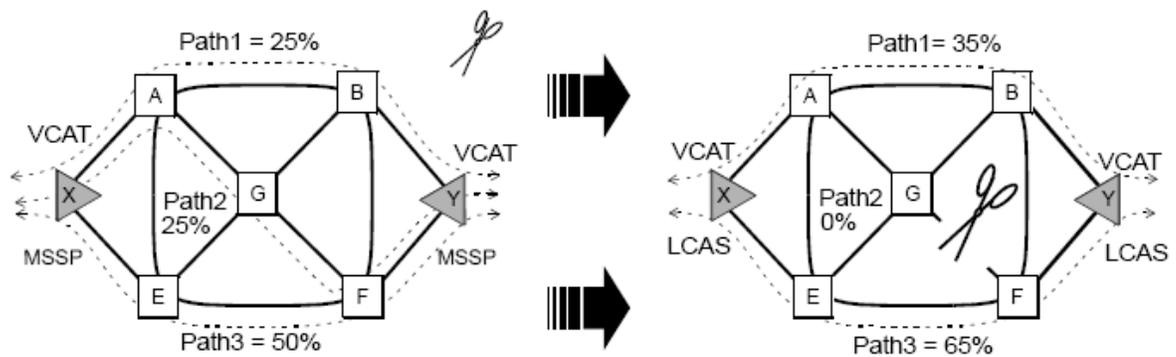
El modo GFP-F (Framed Mapped) es óptimo para aplicaciones de conmutación de paquetes, incluyendo IP, PPP, Ethernet (GBE y 10GBE) y GMPLS.

EL modo GFP-T (Transparent Mapped) es óptimo para aplicaciones que requieren eficiencia en ancho de banda y aplicaciones sensibles a los retrasos, como FC, FICON, ESCON y SAN (storage area network).

### **LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme)**

Este protocolo permite a los contenedores NG-SDH (por concatenación virtual) ser añadidos o removidos dinámicamente, tanto para alcanzar los requerimientos de ancho de banda de los usuarios, como para balancear la carga de tráfico cursante en una red. Al añadir o remover contenedores no ocurren choques, esto permite que no haya interrupción de flujo de tráfico. [15]

En la siguiente gráfica se muestra cómo se obtienen los bloques LCAS al segmentar los datos de cliente y utilizar GFP-T.



**Figura 14. Uso del ancho de banda LCAS. [12]**

LCAS ha logrado el uso de paquetes de control, éstos tienen la finalidad de configurar el camino entre la fuente y el destinatario, el paquete de control es transportado en el byte H4 (SONET/SDH) para contenedores virtuales de alto orden, y en el byte K4 (SONET/SDH) para contenedores virtuales de bajo orden.

Una súper trama consiste en N multi-tramas, donde cada multi-trama consiste en 16 tramas, un paquete de control en la súper trama describe el estado del enlace de la próxima súper trama, los cambios son enviados al nodo receptor dándole suficiente tiempo para reconfigurar al momento en que arriban los paquetes, así se completa la reconfiguración del enlace y toma lugar la conmutación de paquetes.

LCAS es el responsable de que sea posible el envío de contenedores por caminos distintos, haciendo posible, alta eficiencia a la hora de transportar distintos tipos de tráfico sobre NG-SDH.

### 2.2.3.2 Diferencias entre SDH y NG-SDH

**Tabla 5. Diferencias entre SDH y NG-SDH**

	SONET/SDH	NG-SONET/SDH
Topología	Anillo y punto a punto	Anillo, malla, punto a punto, árbol
Tasa de bit	OC-n	OC-n y otros (granularidad incrementada)

Interfaces	OC-n	Interfaces desde DS1 a oc-768 (STM-256)
Canales Ópticos	Compatible con DWDM	Compatible con DWDM
Eficiencia de Carga	Sincrónica y mapeo ATM, poca eficiencia para paquetes	Compatible con todos los mapeos de carga con alta eficiencia, encapsulación y concatenación
Conmutación	Bajo y alto orden	Bajo y alto orden, paquetes
Concatenación	Contigua	Contigua y virtual
Confiabilidad	Alta	Alta
Funcionalidad	Definida SONET/SDH	Múltiple, integrada en el mismo NE
Estrategia de Protección	Conmutación <50 ms para protección por canal y solo para topologías de anillo y punto a punto	Conmutación <50 ms para protección por canal, línea y camino para las topologías que son compatibles
Costo	Alto	Bajo

#### 2.2.4 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

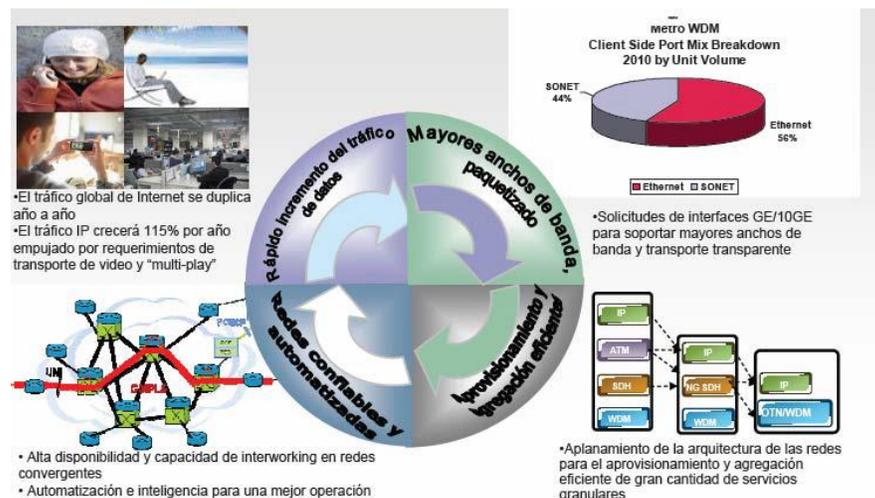
Es una tecnología que permite la multi-canalización desde 16 hasta cientos de longitudes de ondas, y está definido para trabajar en el rango de 1530 nm – 1610 nm. En la actualidad estos sistemas pueden soportar más de 320 longitudes de ondas en un par de fibra óptica, equivalente a 320 canales de alta velocidad ( $320 \times 10 \text{ Gbps} = 3.200 \text{ Gbps}$ ).

En esta tecnología es importante considerar el tipo de fibra óptica, según las recomendaciones de la UIT tenemos en primer lugar la FO monomodo estándar G.652 la cual es muy popular en redes de telecomunicaciones actuales. Es factible de usarse en 1300nm y 1550 nm. Debido a la dispersión cromática esta FO está optimizada para el cero de dispersión en 1300 nm.

También, tenemos la FO monomodo de dispersión desplazada que se encuentra en UIT-T G.653. Permite gran ancho de banda en redes de larga distancia

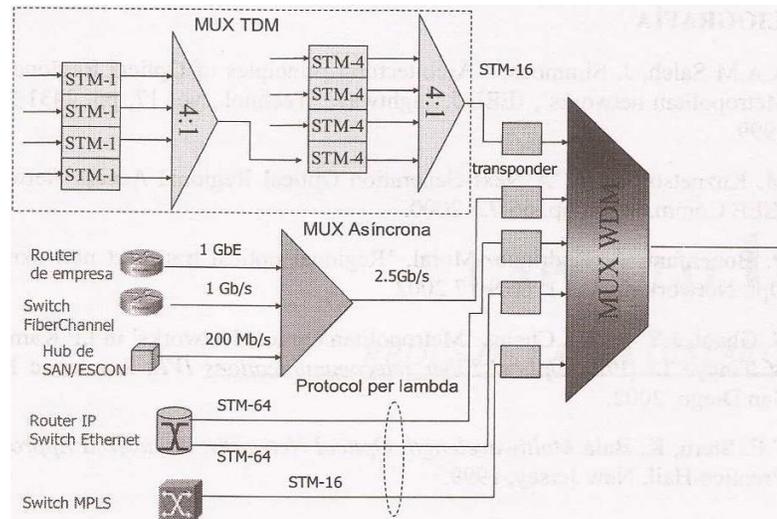
trabajando en la tercera ventana. Esta FO tiene el cero de dispersión cromática en 1540 nm.

Además, la FO con dispersión desplazada no nula determinada en UIT-T G.655. Es normalizada en 1994 para 1550 nm. Mejora a la G.653 para aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda WDM. El cero de dispersión cromática se encuentra en 1525 nm y en 1560 nm según el fabricante.



**Figura 15: Transformación del servicio en Venezuela**

Sin embargo, a medida que el número de longitudes de onda crece, hay que tener en cuenta varias consideraciones como el ancho y espaciado del canal, la potencia óptica que se está transmitiendo por la fibra, efectos no lineales, cross-talk (diafonía), etc. La primera tecnología WDM, que empleaba un bajo número de longitudes de onda con un gran ancho y espaciado de canal



**Figura 16. Soluciones para la inserción de los protocolos y canales de baja velocidad dentro de los canales ópticos disponibles. [11]**

La tecnología CWDM es ideada como una solución más rentable para empresas de telecomunicaciones que estén comenzando, ya que no requiere de elementos costosos que se manejan con DWDM.

En un principio, las redes metropolitanas ópticas emergentes tendrán una arquitectura similar a las tradicionales. Con el tiempo, la tecnología DWDM se implantará también en la periferia de la red metropolitana donde se realizará la tarea crítica de agregar tráfico y variedad de protocolos empleados en las diferentes longitudes de onda.

Dentro del contexto particular de las redes metropolitanas la implementación de DWDM puede hacerse de formas diversas:

- ✓ Mediante sistemas de transmisión punto a punto.
- ✓ Mediante Redes con encaminamiento de longitud de onda flexible o dinámico.
- ✓ Mediante Redes con encaminamiento por longitud de onda estático.

En concreto, el éxito inicial, en cuanto a incremento de capacidad que se ha conseguido con el empleo de enlaces WDM punto a punto, ha llevado a buscar

soluciones de tipo multi-salto donde se pretende que la señal se mantenga en el dominio óptico lo máximo posible explotando con ello la transparencia y el bajo coste por bit potencial que ofrece el empleo de DWDM.

#### **2.2.4.1 Características:**

- La fabricación a gran escala de fibra óptica ha posibilitado una disminución de los costes y una mejora en las características de transmisión de la fibra.

- Amplificadores ópticos de ganancia plana para un rango determinado de longitudes de onda que acoplados en línea con la fibra actúan como repetidores eliminando la necesidad de regeneradores.

- Filtros integrados de estado sólido de menor tamaño y con posibilidad de ser integrados en el mismo sustrato junto con otros componentes ópticos.

- Nuevos foto detectores y fuentes láser que permiten integración produciendo diseños más compactos.

- Multiplexores y demultiplexores ópticos basados en difracción óptica pasiva.

- Filtros de longitud de onda seleccionable, que pueden ser empleados como multiplexores ópticos.

- Los multiplexores ópticos Add-Drop (OADM) han permitido que la tecnología DWDM pueda implantarse en redes de diversos tipos.

- Los componentes ópticos de conexión (OXC), que pueden implementarse con diferentes tecnologías de fabricación, y han hecho posible la conmutación puramente óptica.

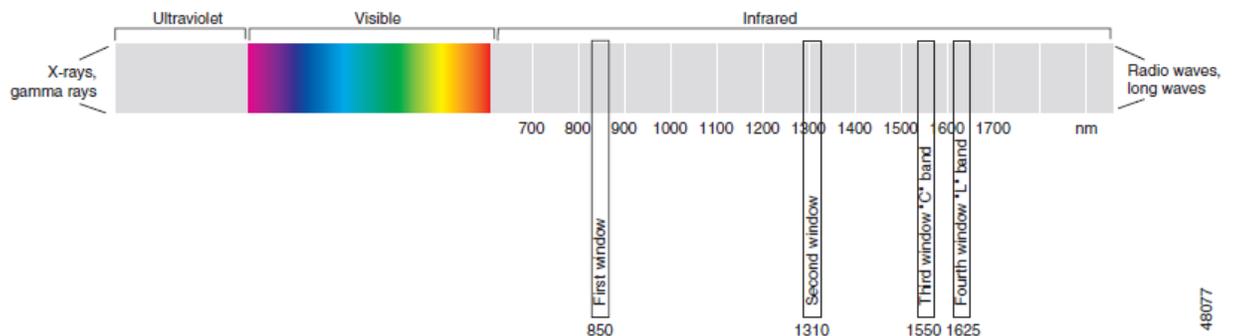
El campo de aplicación de DWDM se encuentra en redes de larga distancia de banda ultra-ancha, así como en redes metropolitanas o interurbanas de muy alta velocidad.

A medida que crece la implantación de DWDM su coste va decreciendo progresivamente, debido básicamente a la gran cantidad de componentes ópticos que

se fabrican. Consecuentemente, se espera que DWDM se convierta en una tecnología de bajo coste que permita su implantación en muchos tipos de redes.

La tecnología DWDM requiere dispositivos ópticos especializados basados en las propiedades de la luz y en las propiedades ópticas, eléctricas y mecánicas de los semiconductores. Entre estos dispositivos ópticos se incluyen transmisores ópticos, ADC y OXC.

Las fibras monomodo convencionales pueden transmitir en el rango de 1270 a 1610 nm. Los sistemas CWDM pueden utilizar 18 longitudes de onda, definidas en el intervalo de 1270 a 1610 nm con límite de 2,5Gbps. En cambio los DWDM trabajan en la banda C 1550nm, generando 40, 80 o 160 canales ópticos según el espaciamiento entre canales que sería 100 Ghz, 50 Ghz o 25 Ghz respectivamente. Lo que nos confirma que la FO definida en la G.652 cumple con los requerimientos de esta tecnología.



**Figura 17. Bandas del espectro en las que trabaja la fibra óptica disponible. [10]**

Los sistemas DWDM emplean los últimos avances en la tecnología óptica para generar un gran número de longitudes de onda en el rango cercano a 1.550 nm la UIT-T en su recomendación G.692 define 43 canales en el rango de 1.530 a 1.565 nm con un espaciamiento de 100 GHz, cada canal transportará un tráfico OC-192 a 10 Gbps. Sin embargo, cada día salen al mercado sistemas con mayor número de

canales. Un sistema DWDM de 40 canales a 10 Gbps por canal proporciona una velocidad agregada de 400 Gbps.

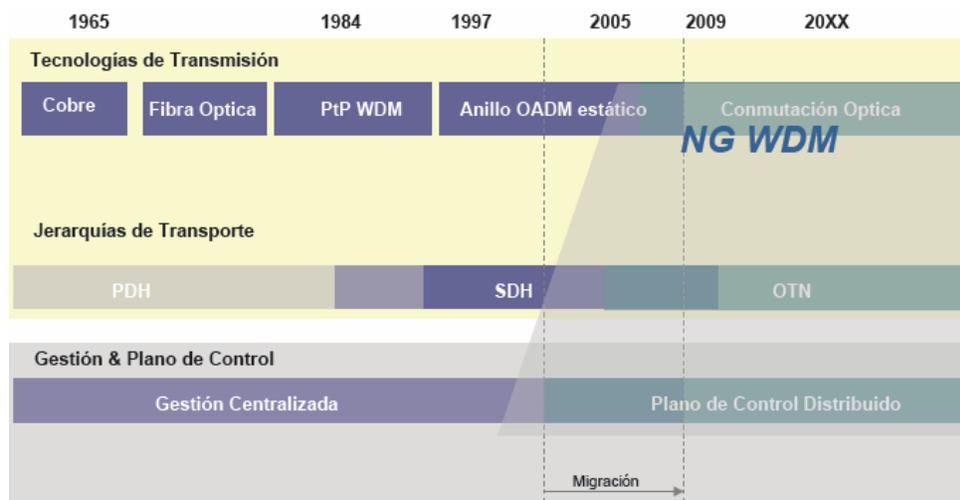
Actualmente, los sistemas comerciales DWDM presentan 16- 40 y 80 canales, y se encuentra en el mercado, de sistemas de 160 canales que al utilizar tecnología de banda C extendida, crearía una ampliación de hasta 192 canales ópticos. Los sistemas con 40 canales presentan un espaciado entre canales de 100 GHz, los que tienen 80 canales tienen un espaciado de 50 GHz. Un canal no utiliza solamente una única longitud de onda, cada canal tiene un determinado ancho de banda alrededor de la longitud de onda central, cada banda se separa de la siguiente por una banda zona de guarda de varios GHz, de esta manera se busca evitar posibles solapes o interferencias entre canales adyacentes.

Estos problemas se producen en los emisores láser por la temperatura o el tiempo, a que los amplificadores ópticos no presentan una ganancia constante para todas las longitudes de onda y a los posibles efectos de dispersión, entre otros.

El número de canales depende también del tipo de fibra óptica empleada. Un único filamento de fibra monomodo puede transmitir datos a una distancia aproximada de 80 km sin necesidad de amplificación.

La tecnología WDM es una respuesta actual y de gran utilidad en cuanto al aprovechamiento de las redes ópticas porque con el pasar del tiempo el servicio se transforma rápidamente y demanda mayores anchos de banda.

Para que esta revolución tenga lugar, es necesario mejorar las infraestructuras que soportarán servicios multimedia de diversa índole. Así, el éxito de esta revolución global sin precedentes, depende en gran medida de la instalación de redes de gran capacidad bajo coste, siendo la fibra óptica el medio elegido para los sistemas de telecomunicación. [11]



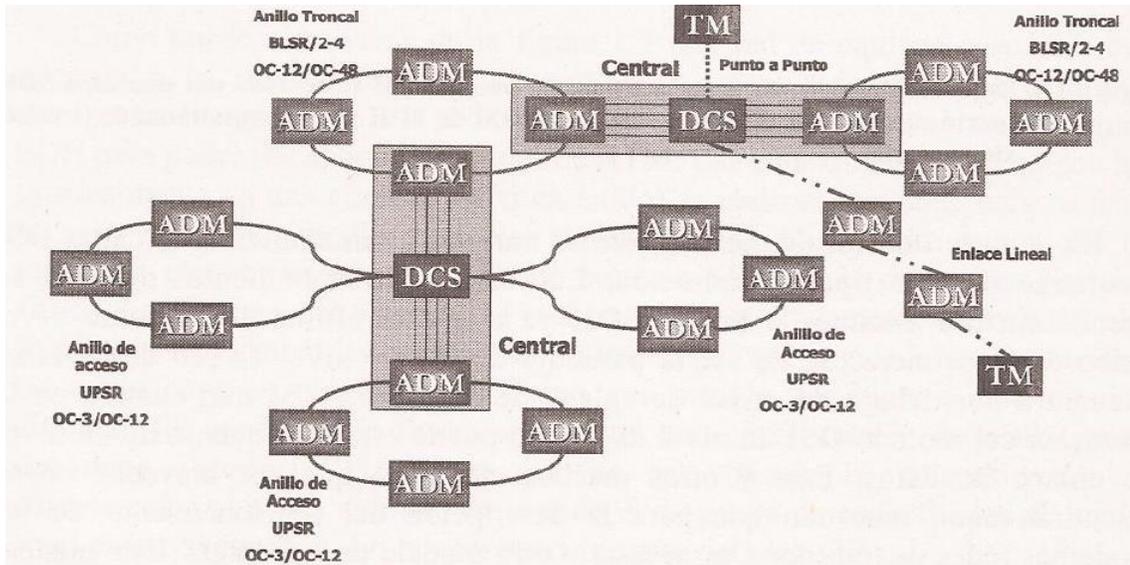
**Figura18. Evolución de las redes ópticas. [7]**

## REDES OPTICAS DE PRIMERA GENERACION

Las redes ópticas de primera generación se caracterizan por emplear la fibra óptica únicamente como medio de transmisión de alta capacidad en sustitución del cobre. Como consecuencia, todo el procesado, encaminamiento y conmutación se realiza en el dominio eléctrico de la señal. Su implementación es muy extensa hoy en día en las redes públicas de telecomunicaciones con la excepción de la red de acceso y en su mayoría transportan casi exclusivamente señales de tipo SDH, o su equivalente americano SONET, aunque esta tendencia está cambiando en los últimos años de manera que crecientemente están dando soporte a otro tipo de formatos de transmisión o capas cliente de una red óptica (PDH, SDH, ATM, IP, MPLS, SAN, GIGABIT ETHERNET).

En general, las redes de primera generación tienen pocas diferencias en estructura y modelo comparadas con el resto de redes que no emplean fibra óptica como medio de transmisión. Salvo la posibilidad de poder enviar información de alta velocidad a través de sus enlaces, lo cierto es que las redes de primera generación comparten muchas de sus características y limitaciones con el resto de redes en explotación.

En la figura 19 se muestra un ejemplo típico de red de primera generación. En concreto se trata de una red que se emplea para transmitir SDH.



**Figura 19. Ejemplo de una red óptica de primera generación empleada para transmitir SDH. [11]**

La red está formada por un conjunto de anillos interconectados. Los anillos de acceso transportan señales de velocidad moderada y si su medio de transmisión es fibra óptica solo suelen transportar una única longitud de onda. La señal de velocidad moderada/alta se genera empleando un multiplexor por división de tiempo eléctrica. Las señales digitalizadas de diferentes canales eléctricos se multiplexan de forma periódica en tramas de datos de forma que a cada canal le corresponde exactamente la misma ubicación temporal dentro de cada trama. Si los canales poseen una velocidad de transmisión  $B$  (bit/seg), la velocidad del multiplex eléctrico de  $N$  canales es  $NB$  (bit/seg). Esta señal se emplea para modular directa o externamente una fuente óptica y así poder enviar la señal de banda ancha a través de un enlace de fibra óptica. Los sistemas comerciales disponibles en la actualidad alcanzan velocidades de 10 Gb/s y 40 Gb/s.

En la parte correspondiente a la red troncal, se emplean anillos de fibra óptica de gran capacidad. Generalmente los nodos que constituyen el anillo están conectados por enlaces de fibra punto a punto que transporta una señal multiplexada en longitud de onda WDM. En este caso, las señales que modulan  $n$  transmisores ópticos, cada uno de los cuales emite a una longitud de onda diferente, se combinan al principio de un enlace de fibra mediante un multiplexor WDM, el conjunto de todos los canales se transmite por el enlace de fibra óptica que soporta una velocidad agregada de  $nNB$  (bits/seg) que en la actualidad puede superar incluso el terabit por segundo y finalmente, al llegar al final de éste la señal óptica compuesta se separa en los  $n$  canales ópticos originales mediante un dispositivo demultiplexor WDM para posteriormente detectarse cada canal óptico de forma independiente.

Con independencia de la técnica empleada para combinar las señales y formar un múltiplex de banda ancha, al llegar a cualquiera de los nodos de la red, la señal debe convertirse obligatoriamente a formato eléctrico, ya que cualquier operación de encaminamiento, conmutación, generación de alarmas, activación de protección, etc. debe de realizarse dentro de este dominio. Si un aproximado del 85 % del tráfico que atraviesa un nodo en una red es de tipo “express”, es decir, no va destinado a dicho nodo, generalmente la operación de conversión a formato eléctrico va seguida de otra de conversión a formato óptico. En definitiva, en el 85 % de los casos la señal se convierte innecesariamente, con el consiguiente desaprovechamiento de recursos, y podrían ahorrarse tarjetas eléctricas en los nodos, si se pudiera realizar o trasladar algunas de las funciones de conmutación y encaminamiento al dominio óptico. Esta limitación existente en este tipo de redes es lo que se intenta paliar en las denominadas redes ópticas de segunda generación. [11]

## **REDES OPTICAS DE SEGUNDA GENERACION**

Con las redes ópticas de segunda generación se pretende realizar funciones adicionales a las meras de transmisión punto a punto en el dominio óptico. En concreto el encaminamiento y la conmutación dentro del dominio óptico son

funciones que pueden aportar un considerable ahorro en equipos electrónicos dentro de los nodos de las redes que emplean transmisión por fibra óptica. El traslado de otra serie de funciones relacionadas con el control, la gestión y la protección de la red al dominio óptico puede también aportar notables ventajas. Para poder trasladar estas funciones y otras más que pudieran requerirse en el futuro al dominio óptico es necesario establecer una capa nueva dentro del modelo de capas de la red cuya misión es precisamente proporcionar una serie de servicios que permitan realizar las funciones anteriores de forma óptica. A esta capa, que necesariamente debe de ocupar el nivel más bajo en la jerarquía de la red se le denomina capa óptica y proporciona servicios a otras capas situadas por encima de ella tales como la capa SDH, la ATM u la IP.

La misión principal de la capa óptica es la de proporcionar una serie de circuitos o caminos ópticos a sus clientes (terminales SDH, ATM, routers IP, etc.). Un camino óptico se define como una conexión óptica extremo a extremo donde la transmisión en los enlaces entre nodos intermedios se realiza empleando una longitud de onda. En los nodos intermedios los caminos ópticos son encaminados y/o conmutados a otros enlaces de salida pudiendo cambiar o no la longitud de onda, dependiendo de si se trata de una red con o sin conversión de longitud de onda. Así pues, el camino óptico comparte muchas similitudes con las conexiones de una red basada en conmutación de circuitos con la particularidad de que cada uno de ellos viene identificado por una longitud de onda diferente. Así, un enlace físico de fibra puede transportar a la vez varios caminos ópticos, siempre y cuando no empleen la misma longitud de onda, o dicho de otra forma, distintos caminos ópticos pueden emplear la misma longitud de onda siempre que no compartan enlaces físicos comunes. [11]

La capa óptica de una red de segunda generación está formada principalmente por dispositivos fotónicos. En la figura 20 se muestra un esquema sencillo de una red de segunda generación, hardware principal y los diferentes caminos ópticos establecidos entre usuarios o clientes finales.



## **REDES ÓPTICAS DE TERCERA GENERACIÓN**

El rápido incremento del tráfico de datos requiere que las tecnologías completamente ópticas sean capaces de conmutar a nivel de longitud de onda. En este sentido, la conmutación de ráfagas ópticas y la conmutación de paquetes ópticos son dos tecnologías prometedoras para el transporte de tráfico directamente sobre redes ópticas WDM.

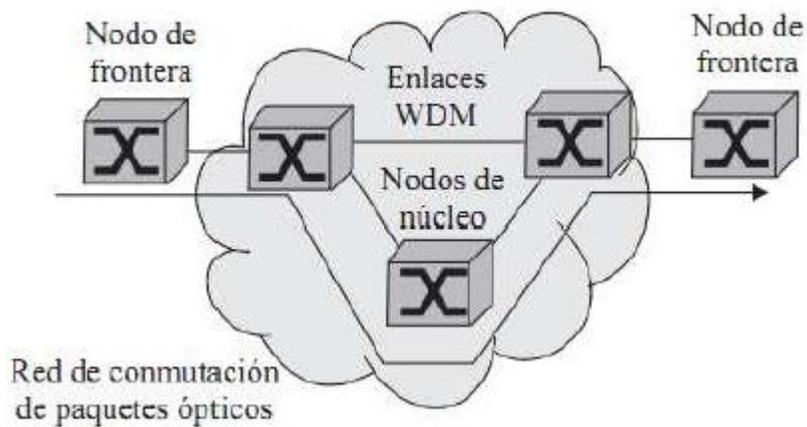
En la conmutación de ráfagas ópticas los paquetes son concatenados dentro de unidades de transporte referidas como ráfagas, las cuales se enrutan a través de la red de una forma completamente óptica. La conmutación de ráfagas ópticas permite un mejor aprovechamiento de los recursos y es más apropiada para el manejo del tráfico a ráfagas que las redes de conmutación de circuitos ópticos. Se considera la conmutación de ráfagas como un paso de evolución intermedio entre la conmutación de circuitos ópticos y la conmutación de paquetes ópticos.

La conmutación de paquetes ópticos genera una buena utilización de los recursos de red ya que fácilmente alcanza un alto grado de multiplexación estadística, es completamente compatible con técnicas de ingeniería de tráfico y ofrece una configuración dinámica de los recursos de red con una granularidad muy fina a nivel de paquete. Se clasifican en dos categorías, ranuradas o síncronas y no ranuradas o asíncronas.

En una red síncrona todos los paquetes deben ser alineados a la entrada del router para poder ser procesados, los paquetes tienen un tamaño fijo y se ubican junto con su encabezado dentro de una ranura de tiempo fija y de tamaño superior al del paquete con el fin de proveer un tiempo de guarda entre paquetes. En una red asíncrona, los paquetes pueden tener el mismo tamaño o pueden tener diferentes tamaños y no necesitan ser alineados a la entrada del router para ser procesados. Este hecho incrementa las posibilidades de la existencia de colisiones ya que el comportamiento de los paquetes es más impredecible y menos regulado, ocasionando que en ciertos casos dos o más paquetes con la misma longitud de onda puedan estar compitiendo por el mismo puerto de salida en el mismo instante de tiempo. Por otro

lado, las redes asíncronas son más fáciles y menos costosas de construir además de ser más robustas y más flexibles comparadas con las redes síncronas.

En las redes ópticas de tercera generación la conmutación de paquetes ópticos convierte los paquetes IP a paquetes ópticos IP en la entrada de un router de frontera, siguiendo una topología similar a la presentada en redes MPLS (MultiProtocol Label Switching). Desde ese momento la transmisión y el enrutamiento de los paquetes dentro de la red se realizarán en el dominio óptico, asignándose una longitud de onda a cada paquete y realizando el enrutamiento paquete por paquete con tiempos típicos de conmutación del orden de microsegundos. [11]



**Figura 21. Red óptica de tercera generación [11]**

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se describe la metodología utilizada para la recolección, presentación y análisis de la información concerniente a la identificación de requerimientos de la plataforma de transporte de CANTV de la parte oeste de la capital.

Referente a la metodología, el Manual de trabajos de grado, Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (1998) se refiere a ella como aquella en que: “Se describen los métodos, técnicas o procedimientos utilizados para el acopio, organización, procesamiento y análisis de la información relevante, y para el establecimiento de conclusiones, de modo que el lector pueda tener visión de lo que se hizo, por qué y cómo se hizo [8]”

#### **3.1 Diseño y tipo de Investigación**

Según Fidias G. Arias (1999), desde el punto de vista del alcance de la investigación, “los tipos de investigación puede ser: Exploratorias, descriptivas o explicativas”.

Basado en esta clasificación la presente investigación se enmarca dentro del tipo “Descriptiva”, la cual, según Arias la misma “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o suposición, con establecer su estructura o comportamiento”, permitiendo la comprensión y estudio del mismo.

El manual de trabajos de grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2006) [9], define:

“El Proyecto Factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a

la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o de un diseño que incluya ambas modalidades”. [9]

Esta metodología se enmarca dentro de proyecto factible, debido a la naturaleza de los objetivos propuestos, apoyado con investigación documental y de campo descriptiva.

Según el manual de la UPEL la investigación documental se define como “el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos” [9]. Y la investigación de campo como: “el análisis sistemático de problemas de la realidad, con el propósito de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos... Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad” [9].

Los objetivos planteados, describen una propuesta viable para optimizar la red de transporte de datos del oeste de Caracas de CANTV, en tal sentido es un proyecto factible. Para alcanzar los objetivos propuestos fue necesario estudiar la situación actual de las centrales con respecto a los enlaces PDH existentes y la necesidad por parte del área de transmisión, de mejorar y obtener una mejor gestión de sus sistemas, y de profundizar los conocimientos de cada una de las tecnologías implicadas. Además, se realizaron visitas en compañía de los técnicos encargados de solventar cualquier problema, a los sitios pertenecientes a la zona de estudio, para familiarizarse con las tecnologías existentes y verificar la vigencia de las mismas y su importancia en la red. Por esto, este trabajo también se apoya en una investigación documental.

### **3.2 Fases para la elaboración**

El trabajo se realizó en cuatro fases: mediante visitas técnicas donde se obtuvo información provista por los técnicos del área de transmisión, en relación a las

tecnologías actuales se ejecutó la fase 1 y fase 2. Seguidamente, mediante el estudio de los planes de migración existentes y se procedió a plantear el modelo a una red troncal más eficiente, lo que comprende a las fases 3 y 4.

### **3.2.1 Fase 1: Documentación técnica y estudio de las arquitecturas existentes**

En esta fase se recopiló toda la información y documentación necesaria mediante el estudio de manuales de equipos y soluciones existentes en los sistemas de CANTV. Se estudiaron los distintos manuales de los principales proveedores de CANTV, los cuales han implementado sus arquitecturas de redes, con especial enfoque en la zona oeste de Caracas de CANTV.

### **3.2.2. Fase2: Levantamiento de la información**

En esta fase se identificaron las estaciones que conforman los sitios de estudio y los equipos y tecnologías existentes en ellas. Seguidamente, se realizó un estudio de la topología y los elementos de la red troncal que la conforman.

Durante esta etapa se realizaron salidas de campo que permitieron conocer las redes y los problemas con los que se enfrentan los técnicos día tras día, para así proponer una solución viable que mejore el manejo de dichas redes.

### **3.2.3. Fase 3: Estudio de los métodos de migración de plataformas PDH**

A lo largo de esta fase, se estudiaron las distintas propuestas ya establecidas para lo que refiere a desincorporar tecnologías obsoletas, como es el caso de PDH en sus distintos proveedores y se hizo la realización de uno de estos procesos para familiarizarse con todos los inconvenientes y procesos que se necesitan para ir cambiando de tecnología.

Seguidamente, se estudió la tecnología SDH la cual resultó de muy baja capacidad, y la posibilidad de que dichos equipos tengan algún problema en lo referente a manejo y gestión de la red.

Se analizará la convergencia de las distintas tecnologías instaladas a lo largo de los años en una red troncal mediante la cual se puedan ofrecer servicios de alta calidad en la zona oeste de la capital. Se optimizará el sistema de fibra óptica, dejando muchas más rutas de mayor eficiencia para la implantación de redes ópticas de nueva generación en el área de estudio.

#### **3.2.4. Fase 4: Planteamiento del modelo**

Se planteó un modelo de migración de red troncal, eliminando las conexiones operativas en PDH, y se mejoró el desempeño de los equipos que trabajan en SDH para que puedan trabajar en conjunto a redes de nueva generación sin tener los problemas generados por la falta de gestión.

### **3.3 Estudio de la situación actual y arquitecturas existentes**

#### **3.3.1 Descripción de la red urbana de Caracas**

En un principio las redes no fueron diseñadas para soportar el crecimiento súbito de la demanda, para aquel entonces las redes que predominaron eran de tecnología PDH, y al transcurrir la década de los 90's fue necesario el despliegue de SDH, que es compatible con PDH. Fue así como la red PDH incorporó SDH en la plataforma de transmisión de los nodos de mayor tráfico.

#### **3.3.2 Red PDH**

Está conformada por las siguientes centrales pertenecientes al oeste de Caracas: (CNT) Centro Nacional de Telecomunicaciones, (SBN) San Bernardino, (CCS) Caracas, (CAO) Caobos, (SAG) San Agustín, (LPT) La Pastora, (MAD) Maderero, (SMT) San Martín, (LJD) Los Jardines, (CCH) Coche, (PDM) Prados de

María, (SMT) San Martín, (FJD) Fajardo, (CCO) Caricuao, (NCC) Nueva Caracas. Entre estas estaciones se forma una red intrincada en la cual están implicadas varias tecnologías que se han implantado a lo largo de los años.

En principio, tenemos PDH, que fue instalada en los años 80 cuando su funcionalidad era suficiente para la tecnología de la fecha, y con los años se fue integrando SDH debido a la necesidad de aumentar la capacidad por el aumento en la población. Ya a partir del año 2000 se comienzan a instalar más tecnologías que aprovechan en gran manera la fibra óptica y los recursos disponibles, y se comienza a pensar en tecnologías orientadas a paquetes.

Actualmente en CANTV se desea implementar una red de transporte que sea lo suficientemente robusta para soportar las tecnologías existentes y que tenga la capacidad de integrar y dar paso a las nuevas generaciones de equipos. El principal objetivo será el de migrar todas las conexiones existentes de PDH ya que aunque todavía es utilizado para algunos enlaces de baja capacidad, dichos enlaces pueden transportarse fácilmente por medios más eficientes, como lo es su inmediato superior en tecnología SDH.

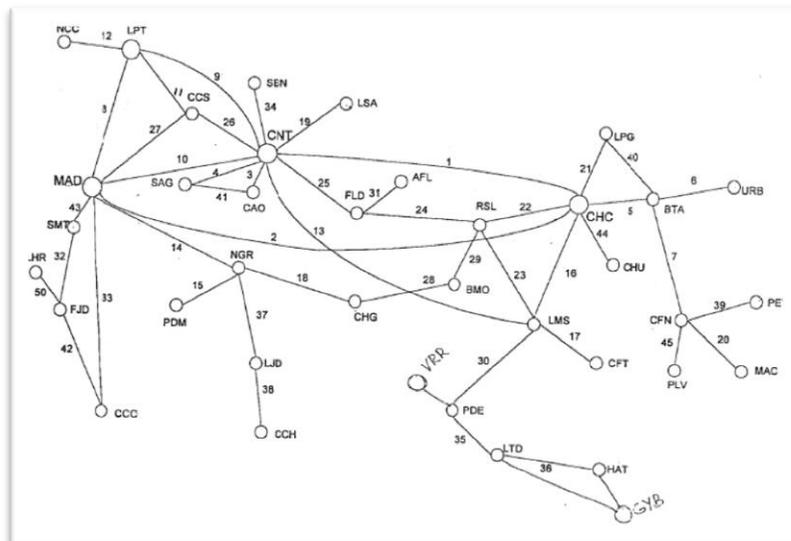


Figura 22. Arquitectura de los enlaces PDH del backbone de Caracas. [3]

Luego de conocer las zonas a las cuales debía realizar el estudio para su posterior mejora, se procedió a visitar las centrales pertenecientes a la red de transmisión en estudios. Al inicio, se visitó la central CNT, en donde se encuentra una gran cantidad de rack's de equipos instalados de diferentes fabricantes. Al ser una estación central, ésta provee de interconexión con las demás zonas, y su objetivo principal es mantener la comunicación activa.

En esta sede se encuentran todas las tecnologías y renovaciones planteadas según los proyectos propuestos por la empresa, aquí se encuentran operativas tecnologías PDH, de distintos fabricantes (SIEMENS, NEC, TELETTRA, ERICSSON), y cada uno de estos con su red personal ya que en su mayoría éstas trabajaban con sincronismo y protocolos propietarios. En la siguiente figura se puede observar el espacio en sala que ocupan los equipos y sus distribuidores.



Figura 23. Equipos PDH marca TELETTRA central CNT



Figura 24. DDF marca TELETTRA central CNT



Figura 25. Equipos PDH marca NEC central CNT



Figura 26. DDF marca NEC central CNT

Debido al nivel de obsolencia de esta tecnología, se requiere que sean utilizados equipos de distintas capacidades para cada nivel de multiplexación, lo que hace que para transportar y manejar un nivel de 140Mbps se necesiten de muchos multiplexores. En consecuencia además de necesitar gran cantidad de espacio en la sala, también se va agregando lentitud de procesamiento por cada equipo adicionado, lo cual genera ineficiencia en el proceso de comunicaciones.

En los planes de mantenimiento de estos recursos se pudo observar que muchos de los repuestos, equipos y tarjetas que se necesitan para mantener operativa dicha red en caso de alguna falla ya no se fabrican, por lo que es relevante migrar todas las conexiones que aun funcionan por este medio.

La manera en la que se manejan estas redes, se hace a través del llamado plan de canales, que consiste en una hoja de cálculo en la cual se organizan los enlaces que hay entre estaciones, donde se encuentra reunidos los equipos que están

conectados, a través de qué enlace y donde se encuentran cada uno de los nodos de todos los enlaces desde el nivel más bajo de velocidad. El proceso de depuración de estos planes de canales es muy complicado y se necesita mucho tiempo, análisis de la red y verificar que enlaces están activos y que clientes tienen conexión. Esto implica que para verificar un enlace caído, se debe anotar cada uno de los saltos y nombre de los equipos por los que pasa dicho enlace, luego de eso, trasladarse al sitio con estos datos y realizar un proceso de búsqueda del cliente en los muchos DDF's presentes en las salas, y de ahí en adelante comprobar el estado de cada uno de los equipos por los cuales pasa dicho cliente.

En búsqueda de evidencias, se procedió a realizar el proceso de depuración de algunos enlaces con el fin de familiarizarse con los procesos ya internos de la empresa.

### **3.3.3 Red SDH**

Las redes SDH de CANTV, son redes de transporte óptico que se han desplegado a nivel urbano e interurbano. Estas redes se han diseñado con dos tipos de configuraciones:

1) Anillos unidireccionales auto-soportados, sobre dos fibras, con capacidades entre 155 y 622 Mbps, para aplicaciones de acceso.

2) Anillos bidireccionales auto-soportados, sobre dos (2) o cuatro (4) fibras, con capacidades entre 622 y 2500 Mbps, para interconexión urbana e interurbana. [3]

### **3.3.4 Red SDH urbano**

A lo largo de los años se han ido instalando anillos en tecnología SDH una tras otra, estas trabajan en conjunto a lo largo de toda el área metropolitana. Entre las principales marcas y equipos que se han instalado tenemos los ADM NEC SERIE 2500A, 600V, 150V, los ADM ALCATEL 1664SM, 1651SM, 1641SM, 1660SM, los de la marca SAGEM FOT 155T, FOT 155C, ADR 155C, ADR 155C-4, ADR 155E, ADR-2500e. Es importante señalar que todos estos equipos trabajan a

cabalidad, y su funcionamiento es normal; pero hoy en día el crecimiento de la demanda hace necesario que se utilicen tecnologías más flexibles en lo que se refiere al manejo de información.

Para la realización de la migración de las plataformas urbanas de la zona oeste de la ciudad de Caracas, y teniendo en cuenta los procedimientos a realizar en cada uno de los nodos que conforman el sitio de estudio, es necesario plantear una plataforma troncal que permita transportar con facilidad los enlaces aún existentes en tecnología PDH, y que a su vez esta sea lo suficientemente robusta como para incorporar y manejar las tecnologías presentes y que a futuro se propongan en los planes generales de la empresa CANTV.

Por esta razón se realizó una propuesta para migrar las plataformas de PDH urbanas de la zona oeste de la ciudad. Mediante el estudio de la compatibilidad de equipos SDH de nueva generación que trabajan en conjunto con tecnología DWDM. Para cumplir tal objetivo se tuvieron presente distintos factores que hicieran la transición de las tecnologías de forma eficiente, modificando lo menos posible la infraestructura existente, ya que se cuenta con diversas tecnologías trabajando conjuntamente, tales como lo son PDH, SDH, ATM y Metro Ethernet.

### **3.3.5 Red CWDM**

Es una tecnología que permite la multiplexación de hasta 16  $\lambda$  en el rango de 1270nm – 1610nm (20 nm espaciado de canales). Trabaja con fibras normales (Rec. G-652) y de dispersión anulada (Rec. G-653).

En un principio fue considerado para las redes urbanas debido a su corto alcance. El costo de los equipos era relativamente bajo comparado con un equipo DWDM. Ya se hallaron nuevas aplicaciones para DWDM que permitió su aplicación en las áreas urbanas, para transporte de señales SDH (STM-16, STM-64), GE, FICOM, SAN entre otras.

En la red de CANTV se han instalado tres sistemas CWDM en configuración de anillo y protección SNCP, con capacidad de 16  $\lambda$ . Los equipos son



### 3.4 Procedimiento de depuración y migración de enlaces PDH

Se procedió a la identificación de los enlaces, en conjunto con los técnicos de transmisión oeste a las centrales correspondientes a la zona de estudio (previamente conocidos los equipos PDH). Una vez identificados los equipos PDH y los enlaces, se procedió a la identificación, verificación y desincorporación de los enlaces no operativos en los equipos TELETTTRA y NEC. Correspondientes a las centrales CNT y LA SALLE.

En el caso de los equipos TELETTTRA se realizaron los siguientes pasos:

- ✓ Se verificó en el plan de canales, las diferentes jerarquías y enlaces que poseían las centrales correspondientes a CNT y LA SALLE.
- ✓ Para identificar los equipos TELETTTRA se visualizó en el plan de canales el código de identificación del equipo y su contraparte en la estación de recepción.
- ✓ Se hizo una selección de todos los enlaces operativos de dicho equipo.
- ✓ En la sala PCM de CNT y se hizo la búsqueda del multiplexor, y con los equipos de medición se hicieron pruebas para verificar su buen funcionamiento.

Tabla 6 . Plan de canales

En el caso de ser un TELETTTRA DTM, se procedió a ubicar e identificar el equipo de acuerdo al plan de canales, se verificó el funcionamiento de cada tributario

con la ayuda de los equipos de medición (ANT-5) observando si el flujo que pasaba por ese tributario se encontraba operativo o presentaba alguna falla, al comprobar que está operativo o no tal enlace se procedió a actualizar en una lista todos los enlaces que estaban cursando tráfico para realizar una migración hacia SDH, colocando según su número, en un contenedor virtual disponible. Si todos los enlaces de dicho equipo estaban libres se procedía a la depuración del equipo para su posterior desinstalación.

Con respecto a los equipos NEC, se identificó en el plan de canales los enlaces que hacían paso por equipos dichos equipos.

Hubo dos maneras de conocer el funcionamiento de estos equipos:

Se ubicó directamente el Mux del NEC correspondiente utilizando el equipo de medición (PCT), con este se observó las fallas de manera general que pudo presentar dicho equipo. Si todos los enlaces se encuentran en perfecto estado el PCT no arrojaba ninguna alarma, si alguno de ellos presenta falla indicaría cuál de los 16 enlaces es, pero si en caso contrario ninguno de los enlaces se encontraban operativos el PCT nos arrojaría la alarma llamada AIS (Indicador de Alarma Remota) que nos indicaba que no estaba llegando ninguna información y fue en ese momento que el equipo estaba listo para ser depurado colocando en LOOP, que es colocar la señal que se transmite como la que se recibe, desactivando las alarmas que se pueden generar en este equipo.



Figura 31. DDF NEC

Se utilizó un equipo de medición ANT-5 colocándolo en la parte de recepción, si el equipo mostró “OK” significa que el enlace está en perfecto estado. Realizada dichas pruebas y obteniendo este último resultado se verificó que es posible depurar dichos enlaces colocando los cables en loop.

Para finalizar, luego de visitar CNT y su contraparte en estudio La Salle, se verificó y se realizó una lista de los enlaces que aún estaban operativos, ya fueran TELETTTRA o NEC, obteniendo una lista de todos los enlaces que en conjunto se debían migrar.

El objetivo final, será el de colocar todos esos enlaces a través de equipos SDH o superior con el fin de mejorar la gestión y monitorear dichos enlaces, por lo cual se dará un manejo más eficiente de la red. Ya al término de la migración de dichos enlaces, se tendrán los equipos PDH sin curso de tráfico, por los que será posible la desincorporación y desconexión del equipo y su posterior retiro de la sala, lo que implicará un gran ahorro de energía y espacio.

Tabla 6. Enlaces entre la Salle-CNT propuestos para migrar

	SERVICIO	RUTA	SOLICITUD	N° ENLACE	DISPOSITIVO	POSICION DDF CENTRAL ORIGEN (COMUTACION)	MUX ORIGEN	POSICION DDF ORIGEN	POSICION DDF CENTRAL DESTINO	MUX DESTINO
17										
18										
19				11486	5WB2	95-3-96	A307-d	B29C5-4B29E5-4	C29C5-4C29E-4	A307-d
20	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		11487	5WB2	95-3-98	A2085-e	B23A4-3B23E4-3	C2C1-3C2C1-3	A2085-e
21	REACCION Prov.	CNT-LSA	U04RCP07563	1886			A2087-d	B23A5-3B23E5-3	C2C3-3C2C4-3	A2087-e
22	CNTLDDLSAD	CNT-LSA		18	804UPD	95-20-278	A253-d	D2A4-4D7A4-4	C2A2-4C2B2-4	A234-d
23	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		63	24 BT2	95-26-295	A234-d	D2A4-4D7A4-4	C2A3-3C2B2-3	A233-d
24	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		137	16 BT2	95-26-297	A238-a	D2A5-1D7A5-1	C2A3-1C2B2-1	A235-a
25	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		138	17 BT2	95-26-298	A238-b	D2A5-2D7A5-2	C2A3-2C2B2-2	A235-b
26	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		140	16 BT2	95-26-299	A238-d	D2A5-4D7A5-4	C2A3-4C2B2-4	A236-d
27	CNTLDDLSAD	CNT-LSA		1927			238-b	D2A5-6D7A5-6	C2A3-4C2B2-4	A236-a
28	CNTLDDLSAD	CNT-LSA		1928	356 BT2	95-2-38	238-b	D2A5-7D7A5-7	C2A3-7C2B2-7	A238-b
29	ATUFR	CNT-LSA		1867			238-d	D2A5-8D7A5-8	C2A3-8C2B2-8	A238-d
30	CNTTDDLSAA	CNT-LSA	U05MDE34857	1973	341 BT2	95-2-23	A1006-a	D23C10-1D23E10-1	C2A30-1C2B30-1	A309/A308-a
31	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		1979	342 BT2	95-2-24	A1006-b	D23C10-2D23E10-2	C2A30-2C2B30-2	A1006-b
32	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		1380	343 BT2	95-2-25	A1006-c	D23C10-3D23E10-3	C2A30-3C2B30-3	A1006-c
33	PROY. INTERC.	CNT-LSA	U88ICP5821	1960			A282-a	D7B8-1D7A8-1	C2A6-1C2B6-1	A311-a
34	REACCION RED ACAD.	CNT-LSA		1991			A282-b	D7B8-2D7A8-2	C2A6-2C2B6-2	A311-b
35	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		1976	107 BT2	95-27-448	A334-a	D10C-1D10E-1	C2A8-1C2B8-1	A301-a
36	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		1978	128 BT2	95-27-516	A334-b	D10C-2D10E-2	C2A8-2C2B8-2	A301-b
37	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		1977	128 BT2	95-27-517	A334-c	D10C-3D10E-3	C2A8-3C2B8-3	A301-c
38	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		1982	349 BT2	95-2-21	A1007-a	D23C10-8D23E10-8	C2A1-1C2A2-1	A1007-c
39	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		1384	347 BT2	95-2-23	A1007-b	D23C10-8D23E10-8	C2A1-1C2A2-3	A1007-c
40	CNTTDDLSAA	CNT-LSA		1896			A233-d	D10C-4D10E-4	C2A8-4C2B8-4	0407-0702-16
41	PROYECTO COR	CNT-LSA	U88SF167473	1385			0533-0901-09	0295-06-04	0905-01-04	0403-0102-08

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA Y PROCESO DE MIGRACIÓN

#### 4.1 La migración

Las redes metropolitanas o MAN, son redes que cubren ámbitos de una ciudad o varias ciudades cercanas que hacen de interfaz entre las redes troncales de transporte a largas distancias y las redes de acceso, conectando una amplia variedad de protocolos de los diversos clientes empresariales y residenciales de las redes de acceso a las redes de transporte a largas distancias de proveedores de servicios. Las necesidades de estas redes son: escalabilidad, bajo costo, flexibilidad, robustez, transparencia y anchos de banda relativamente altos y adaptados al cliente. [11]

Las redes metropolitanas se han venido identificando por las siguientes características:

- ✓ Cubren regiones de 10 a 100km.
- ✓ Interconectan la red de transporte a larga distancia y las redes de acceso
- ✓ La mayoría de las redes metropolitanas existentes se basan en tecnología SDH/SONET
- ✓ Su configuración se basa en anillos tributarios pequeños de tipo STM-1 (155Mbps) o STM-4 (620Mbps) que agregan tráfico a anillos entre centrales que transportan mayor número de tráfico STM-16 (2,5Gbps). [11]

La tecnología más utilizada en redes MAN en la actualidad, es SDH del UIT-T en Europa y Venezuela. Se trata de dos estándares de transmisión digital, que resuelven los problemas de compatibilidad entre equipos de distintos proveedores, la gestión y mantenimiento de los equipos, así como de la inserción y la extracción de las señales de jerarquías inferiores o de menor capacidad presentados por su predecesor, PDH. Tanto PDH como SDH, son tecnologías de transmisión basadas en

la multiplexación en el tiempo o TDM, que utilizan la fibra óptica como mero sistema de transmisión, pero que realizan las funciones de amplificación, encaminamiento, extracción e inserción de señales, en el dominio eléctrico. La tecnología de transporte SDH permite diferentes tasas de bit o STM, desde STM-1 (155 Mbps) hasta STM-64 (10 Gbps), siendo el E1 (2 Mbps) la tasa mínima susceptible de manejar. La protección es a través de topologías en anillo, posibilitadas gracias a ADM's o multiplexores de extracción e inserción de señales, capaces de reconfigurarse del fallo de un enlace. Otras características importantes de SDH son la compatibilidad con la tecnología de transporte precedente, es decir PDH, la posibilidad de transportar nuevos formatos de señales como ATM o IP utilizando POS (Packet over SDH), estandarización mundial, monitorización de errores o calidad de servicio y su potente funcionalidad de administración.

Usar DWDM para aumentar la capacidad de fibra instalada, conservando la infraestructura SDH, como una alternativa a las costosas mejoras de SDH, en donde se tendría que incorporar otro nivel de multiplexación con sus elementos a los ya existentes. La migración de SDH a DWDM de hecho puede ser por si sola la aplicación más importante a corto plazo. En general, esta migración comienza por incorporar DWDM a las troncales, luego se mueve hacia las de la periferia de la red.

Cisco Systems, Ins, [10] en una de sus publicaciones aborda el tema de cómo se debe asumir la migración en las redes MAN.

“En un escenario común, el ancho de banda en un anillo SDH puede ser aumentado enormemente sustituyendo los ADM's SONET con el equipo DWDM. A partir de la situación de un anillo SDH, hay tres opciones para la mejora de la pista:

- ✓ Sustituyendo o mejorando el equipo; por ejemplo, de STM-16 a STM-64.
- ✓ Instalar un nuevo anillo sobre fibra nueva existente.
- ✓ Instalar uno nuevo o varios nuevos anillos desplegando DWDM.

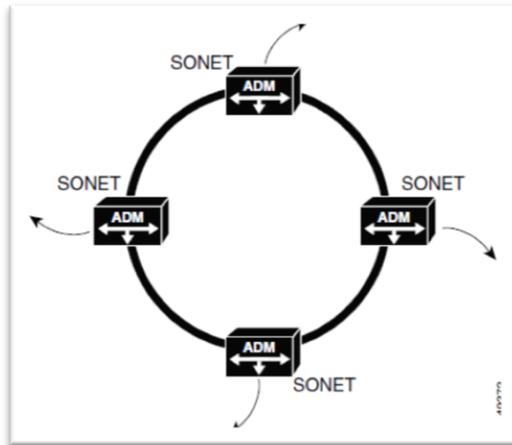


Figura 32. Migración de un anillo SONET a DWDM- el antes [10]

La tercera opción sería, por medio del uso de DWDM para aumentar la capacidad del anillo existente, una fibra puede esencialmente actuar como muchas.

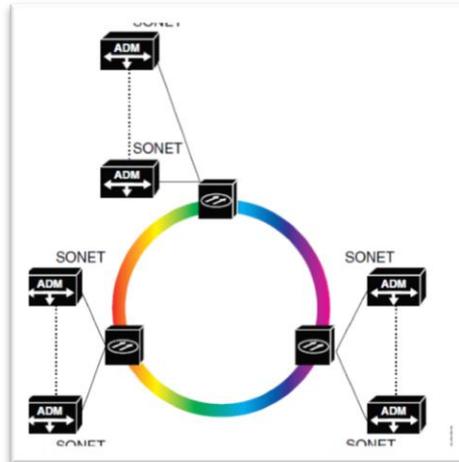


Figura 33. Migración de un anillo SONET a DWDM- el inicio [10]

En un segundo escenario, DWDM puede ser usado para remover una clase entera de equipos, los ADM's SDH. Este cambio, que podría constituir una segunda fase de la migración SONET, permite a enrutadores y otros dispositivos para desviar el tráfico del equipo SONET y transferirlo directamente a DWDM, simplificando el

tráfico de IP/ATM/SONET a POS que eventualmente será direccionado sobre la capa óptica.

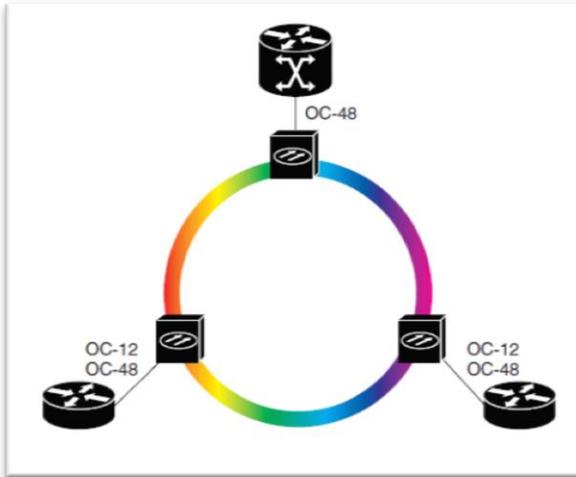


Figura 34. Migración de un anillo SONET a DWDM- segundo escenario [10]

En la fase final de la migración, los sitios de usuario final son servidos por OADM's más que por ADM's SDH. De este modo las redes de anillos mallados de DWDM pueden eliminar el incremento en el costo y la complejidad de la introducción de más elementos SONET en la red para satisfacer la demanda.

Debido a que en la zona de estudio no se puede implementar simplemente un anillo por su complejidad, como primera propuesta se adicionará un sistema mallado y algunos enlaces punto a punto, los cuales ayudarán a incluir a todos los nodos presentes en la red de estudio. En líneas generales tendrá una red lo suficientemente robusta como para admitir tecnologías que se transmitan a través de fibra óptica que requiera una o varias  $\lambda$ .

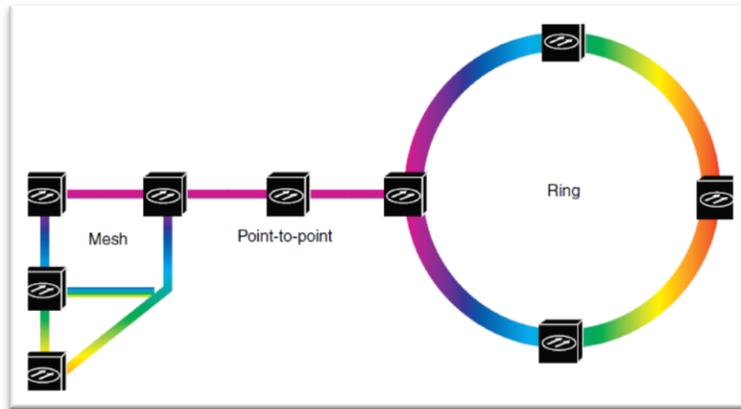


Figura 35. Arquitecturas de malla, anillo y punto a punto en conjunto [10]

Una ventaja de este tipo de migración de SDH/SONET a la capa óptica, es que la protección y la restauración del sistema se hace menos susceptible a las fallas de los componentes electrónicos en los ADM y DXC.

Como segunda propuesta se plantea realizar la migración de forma gradual, agregando enlaces punto a punto entre las centrales de mayor tráfico [11]. Suponiendo un caso de tres centrales se realizaría en tres etapas. Etapa 1 enlace A-B, seguido de la etapa 2 con el enlace B-C y el último con el enlace C-A.

#### 4.1.1 Consideraciones de la red DWDM

Existe una cantidad de elementos a ser considerados para la implementación de una red con tecnología DWDM, entre las cuales se tiene:

#### 4.1.2 Compatibilidad del sistema DWDM con la fibra instalada.

Se utiliza fibra óptica a dos niveles, urbano (local) e interurbano (nacional). La fibra que se trabaja a nivel urbano es la de norma “g.652.d”. La fibra a nivel interurbano es la g.655 y la g.653 que se utiliza para sistemas viejos, ya que solo permite el uso en la tercera ventana.

A nivel urbano se trabaja con la fibra monomodo estándar, ya que a través de los años es la fibra que se tiene instalada y sería un gasto muy alto y poco factible migrar toda la fibra de Caracas a una g.655 por ejemplo, además como hay muchos sistemas que funcionan con esta fibra, sería un problema trabajar con la mezcla de las dos.

Hay tipos de fibras anticuados que no son apropiados para el uso de DWDM, mientras que hay otros como el NZ-DSF optimizado para tal fin. El estándar de fibra G.652, es el más utilizado y es capaz de soportar DWDM en redes de área metropolitana.

La fibra monomodo estándar G.652 cumple con un conjunto de estándares que permite ser utilizada en telefonía, televisión por cable, submarina y en aplicaciones de red. Es ampliamente usada en la transmisión de servicios de voz, datos y video. Está optimizada para operar en la región de los 1310nm. También puede ser empleada efectivamente con sistemas TDM y WDM operando en la región de los 1550nm.

#### **4.1.3 La migración como una estrategia previsor.**

Gracias a que DWDM es capaz de permitir un crecimiento masivo de demanda en el tiempo sin la necesidad de una migración traumática, esta representa una inversión a largo plazo.

La topología de anillo o la de punto a punto pueden servir como base para un crecimiento en forma híbrida, y se debe permitir agregar nodos nuevos de forma flexible, como los OADM, para enfrentar la demanda cambiante de consumidores.

La arquitectura en anillo ofrece a un precio muy económico protección de canal y de línea. Estas necesidades y las cortas distancias que abarcan, explican que los únicos elementos utilizados sean los OADM, aunque con diferencias significativas en su diseño respecto a sus equivalentes en el entorno de largas distancias. [13]

En la actualidad, la empresa se encuentra en un proceso de actualización de las redes de transporte y acceso, por lo cual se están migrando los enlaces SDH y

ATM hacia tecnologías xWDM para el backbone de transporte y Metro Ethernet para los anillos de distribución para el acceso, directamente sobre fibra oscura, sin protocolos intermedios.

#### **4.1.4 Las herramientas para la gestión de la red.**

Una herramienta completa de gestión de la red es necesaria para el aprovisionamiento, el monitoreo de desempeño, la identificación de fallas y el aislamiento, y tomar las respectivas medidas correctivas. Esta herramienta debe estar basada en estándares y ser capaz de trabajar con el sistema operativo existente.

Una vez que se ubican los equipos en las respectivas centrales se debe plantear la gestión de control, como se integra el nuevo anillo o los sistemas de gestión de la empresa. Debe recordarse que los equipos SDH y DWDM son identificados por la DCN (Data Communication Network).

#### **4.1.5 La estrategia de protección y restablecimiento.**

Diseñar una estrategia de protección es en parte un proceso complejo que toma en cuenta muchas variables. Existen fallas duras o “hard” (fallas del equipo, como la de un láser, un foto detector, rotura de fibra) y fallas suaves o “soft” como la degradación de la señal (como es un BER inaceptable). El primero debe ser dirigido por medio de la redundancia al dispositivo, componente, nivel óptico. El otro debe ser direccionado a través del sistema de gestión y monitoreo inteligente para longitud de onda. Las estrategias de protección y supervivencia dependen del tipo de servicio, de sistemas y arquitecturas de red. En muchas redes, también dependerá del protocolo de transporte.

El equipo Huawei 6800 ofrece un canal de protección óptico (OSC) o un canal de protección Eléctrica (CES), estos junto al software de NM (gestión de la red) permiten la operación del sistema remotamente y prestan servicios en cualquier nodo de la red. En el modo CES se tiene la capacidad de ahorrar algunas unidades de protección ópticas. En este modo, el transpondedor óptico (OTU) multiplexa la

información de protección en el canal de servicio para la transmisión. En modo CES se puede reducir la complejidad y mejorar la potencia estimada del sistema, además es una solución rentable y fiable.

#### **4.1.6 Factores de interoperabilidad**

Como DWDM usa longitudes de onda específicas para la transmisión, las mismas deben ser iguales en ambos extremos de cualquier conexión dada. Para este fin, la UIT ha estandarizado una rejilla con los espaciados de 100 Ghz. Sin embargo, los fabricantes pueden usar un espaciado más amplio, a veces de 200 Ghz, o más estrecho. Además, los diferentes fabricantes que usan la misma rejilla óptica pueden no usar el mismo esquema de numeración para las lambdas. Es decir, la  $\lambda 1$  en el equipo fabricante "A" puede ser asignada a una longitud de onda diferente de la  $\lambda 1$  en el equipo fabricante "B".

Otros factores de interoperabilidad incluyen a los niveles de potencia, el aislamiento de inter e intra canal y tipos de fibra. Todo esto contribuye con los demás desafíos de transmisión entre diferentes sistemas en la capa 1.

En aras de no tener problemas de interoperabilidad, se seleccionó al proveedor HUAWEI el cual tiene participación con CANTV en proyectos de gran envergadura como la red Inter Urbana DWDM. El espaciado que se usa es de 100 Ghz, la misma rejilla que en las redes interurbanas con un la utilización de 32  $\lambda$  a 10 Gbps.

#### **4.1.7 Presupuesto de potencia óptica**

Los presupuestos de potencia óptica o los presupuestos de pérdida en el recorrido, son una parte fundamental de la planificación de una red óptica. Los fabricantes deben proporcionar directrices o normas técnicas para utilizar sus equipos. En general, hay muchos factores que pueden resultar en la pérdida de la señal óptica. El más obvio de ellos es el recorrido de la fibra, esto tiende a ser el factor más importante en el transporte de larga distancia, en las redes MAN, el número de nodos

de acceso, como OADM's, es generalmente la razón contribuyente más importante a la pérdida óptica.

Tomando en cuenta el último punto y sacando los niveles de potencia del manual de equipo se tiene el siguiente diagrama de flujo de la señal de una estación OADM.

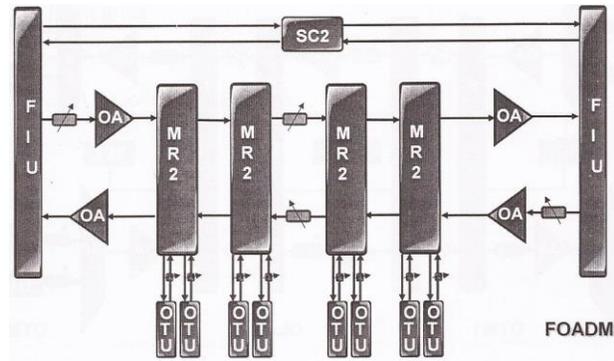


Figura 36. Flujo de señales en estación OADM

La potencia total para dos longitudes de ondas será la siguiente

$$P_{total}(mW) = P_1(mW) + P_2(mW) \quad \text{Si } P_1 = P_2$$

$$P_{total}(dBm) = P_{single}(dBm) + 10 \log 2 (dB)$$

Si se tiene N longitudes de onda se obtendrá

$$P_{total}(dBm) = P_{single}(dBm) + 10 \log N (dB)$$

Tomando la siguiente configuración de ejemplo

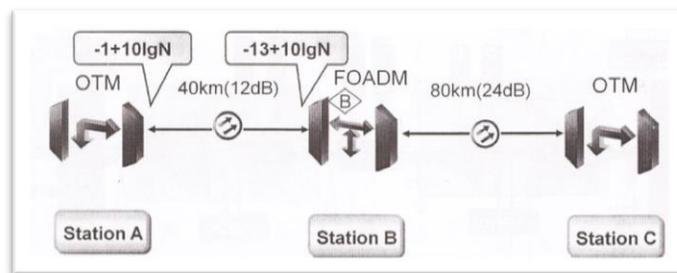


Figura 37. Configuración de red punto a punto

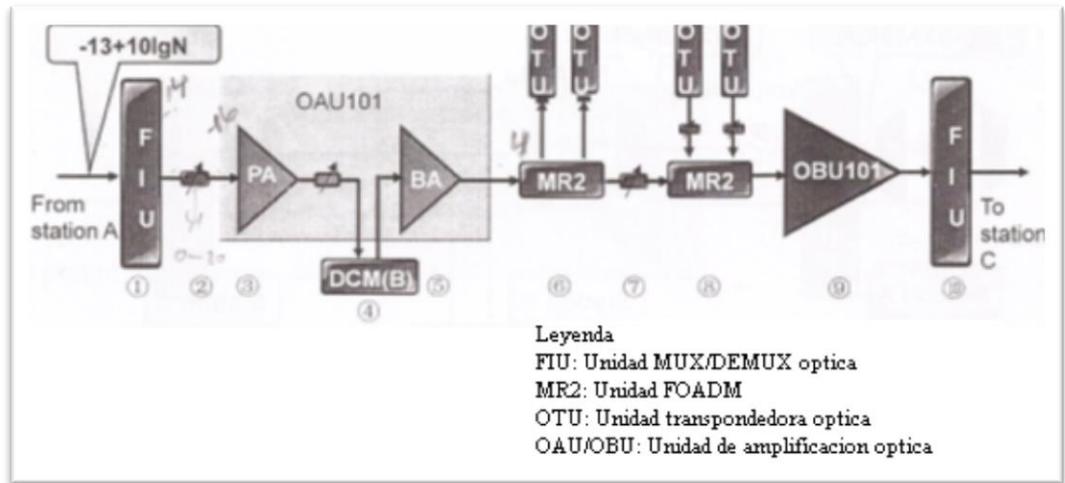


Figura 38. Calculo de potencia de canal principal

En los puntos 3 y 5 de la figura 39 el OAU101 nominal individual channel input/output power es -16/+4dBm, y la ganancia nominal es de 20-31dB.

PI=Perdida de Inserción

En el punto 4 la PI de DCM(B): 5dB.

En el punto 1 y 10 la PI de FIU: 1dB

En el punto 6 y 8 la PI del MR2: 1dB

En el punto 9 la OBU101 la potencia nominal por canal input/output: -20/0dBm.

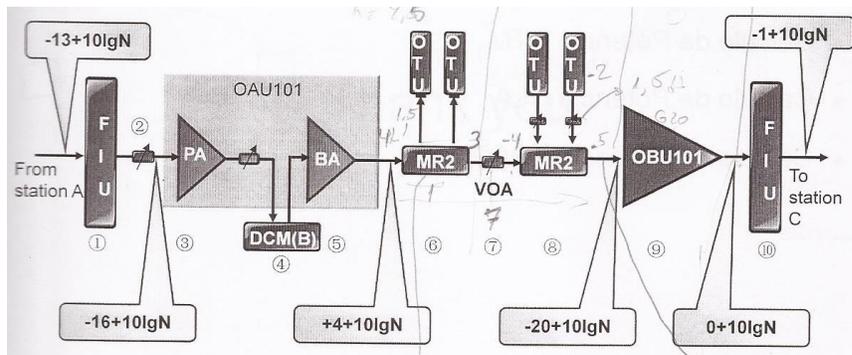


Figura 39. Calculo de potencia de canal principal

Mediante el uso de un OTDR, se puede aportar la siguiente información sobre la longitud de la fibra, la atenuación en decibeles de todo el enlace, así como la atenuación de las distintas secciones de la fibra (si es el caso), las características de atenuación propias de la fibra, la ubicación de los conectores, empalmes, y fallas en el cable.

El objetivo en el cálculo de la pérdida óptica es asegurar que la pérdida total no supere el presupuesto del recorrido. Entre los elementos a tener en cuenta en el recorrido se tiene:

- Pérdida por conector de empalme, que genera una atenuación de 0,2 dB si son conectores del mismo fabricante, en caso contrario subiría a 0,35 dB.
- Pérdida de la fibra utilizada G.652, de 0,25 a 0,5 dB/km en 1550 nm.
- El envejecimiento de la fibra, lo que genera 2 dB al final de la vida útil del sistema.

***Perdida total del sistema= (longitud de la fibra \* 0.25) + Margen de envejecimiento + conector/perdida de empalme***

Haciendo un cálculo con la peor condición del sistema. Dado que la distancia más grande de tendido de fibra en la zona de estudio es de 13km entre la estación Luis Hurtado y Fajardo se tiene

$$Pt = 13 * 0.5 + 2 + 0,35 * 2 = 9,2 \text{ dB}$$

En este caso la suma no llegó a los 10 dB, por ende los demás enlaces entre estaciones generarán pérdidas mucho menores, por lo que se concluye que el sistema planteado entra en el presupuesto óptico. Debido a que el área de estudio no es lo suficientemente amplia como para generar atenuación por recorrido, se propone verificar el buen estado de la fibra entre estaciones para su aprobación en el proyecto.

## **CAPÍTULO V**

### **INGENIERIA DESCRIPTIVA DE LA PROPUESTA**

#### **5.1 Ingeniería descriptiva de la propuesta**

A continuación, se presenta el desarrollo de la ingeniería descriptiva del proyecto para la migración y actualización de la plataforma de transmisión del área metropolitana de Caracas, específicamente la zona oeste. Este desarrollo se basa en los lineamientos establecidos por la empresa CANTV en lo que respecta a la ingeniería de detalle de proyectos con características similares.

En la propuesta se procura una actualización y migración de las tecnologías PDH y SDH de los anillos correspondientes a la zona oeste de Caracas CANTV. El presente capítulo muestra la ingeniería descriptiva para la aplicación de las nuevas tecnologías. Se pretenden unificar los distintos anillos conformados por equipos PDH y en aprovechamiento de los equipos DWDM, unificar los anillos SDH existentes para tener una sola red de anillos por los que converjan todas las redes.

Se plantea la instalación de equipos con tecnología SDH-NG (OSN de HUAWEI) y DWDM (6800 de HUAWEI); además se diseñó la implantación de cada uno de los ODF para dar interconexión entre los tributarios ópticos y los equipos DWDM y SDH-NG, así como del DDF para dar interconexión entre los tributarios eléctricos y el equipo SDH.

#### **5.2 Equipos propuestos por los principales proveedores**

Para el proyecto se realizaron las licitaciones entre las principales empresas proveedoras de CANTV: Huawei, ZTE y Alcatel, las cuales mostraron su cartera de equipos.

Dada la necesidad de tecnología, se requirió de equipos que trabajaran tanto con NG-SDH y DWDM, y que tuvieran flexibilidad en cuanto a tarjetas de otras

tecnologías que se necesitan para integrar todo lo existente en la zona de estudio. Una vez analizados los manuales de la cartera de equipos ofrecida, se eligió Huawei debido a que presentó equipos que cumplieran con los requisitos demandados.

De los equipos con tecnología disponibles, se eligió el OSN3500 como propuesta para la red, ya que tiene la capacidad de tener tarjetas para 4 enlaces de 10Gbps y para 4 de 2.5Gbps y 6 de 1.25Gbps, lo que nos da una capacidad total de 57,5Gbps suficientes para migrar todos los enlaces PDH existentes en sala y además para optimizar los enlaces SDH que estén planeados a migrarse. Por otra parte ya que estos equipos utilizan protocolos de nueva generación, como la concatenación virtual en la que se crean contenedores de multiplexación de órdenes inferiores para construir contenedores más grandes de tamaño arbitrario como por ejemplo 100 Mbps, LCAS que tiene en cuenta el cambio dinámico del ancho de banda para concatenar contenedores de multiplexación basados en necesidades de ancho de banda a corto plazo en la red, además permite la variación del ancho de banda y utiliza los canales de protección sea reutilizada para el tráfico. Entre otras mejoras que optimizará el uso de los contenedores virtuales a través de la red, generando una red más flexible y robusta. Dado que estos equipos tienen la capacidad de manejar varias longitudes de onda, son totalmente compatibles con tecnología WDM.

En cuanto al equipo DWDM estudiado para realizar el proyecto, el OSN 6800, tiene capacidad de manejar multiservicios y trabaja con una buena gama de tarjetas que trabajan hasta con 80 longitudes de onda dependiendo del caso, lo cual permite planificar la red para crear una malla DWDM en la zona oeste de Caracas.

Al integrar los dos equipos elegidos, OSN3500 y el OSN6800, se puede lograr una excelente red backbone, la cual maneje de forma más eficiente todos los recursos.

### **5.3 Alcance proyectado**

Dentro del alcance de los trabajos a ser realizados por parte de la empresa Huawei de Venezuela debe crear una red DWDM de fibra óptica en el oeste de

Caracas de CANTV, así como la conexión de sistemas SDH-NG punto a punto entre cada una de las estaciones involucradas.

A futuro será una red en la cual puedan converger muchos otros servicios en los que se necesite gran capacidad de transporte, ya sean redes ópticas inteligentes como ASON, la incorporación de NGN o proyectos de gran envergadura a nivel social, mejorando la calidad de servicio de los clientes de la zona.

En torno a los requerimientos, se propone generar espacio en cada sala para instalar los rack de cada equipo, uno para el Huawei OSN3500 y otro para el equipo Huawei OSN6800 que funcionara como backbone principal. Además de espacio para el ODF y un DDF.

#### **5.4 Diagrama de la red**

A continuación, se muestra el diseño final propuesto, en este se puede observar una malla en la que se incluyen todos los nodos participantes en la zona oeste de Caracas de CANTV. Es importante que se ponga en funcionamiento gradualmente el backbone DWDM mediante los equipos OSN6800 OADM, ya que será la autopista de toda la información que se genere en cada nodo.

Debido a la topología de la red y de la fibra óptica instalada, en el diseño se agregaron las centrales de El Rosal (RSL), Bello Monte (BMT) y Chaguaramos (CHG), las cuales son centrales pertenecientes a la zona este de Caracas con las que se creara un anillo perimetral y servirá para unir el tramo que termina en Nueva Granada (NGR) continuándolo en Florida (FLO). Se creó una malla en la cual se interconectan las estaciones con más tráfico, y para integrar las zonas perimetrales se proponen enlaces punto a punto DWDM.

Es importante mencionar, que la red DWDM propuesta no solo estará dando servicio a los equipos NG-SDH planteados en el diseño, sino que adicionalmente tendrá suficiente espacio para transportar todas las tecnologías existentes en las salas, ya que mediante los equipos OSN6800 OADM de Huawei se pueden utilizar hasta

unos de 40  $\lambda$  a 10 Gbps, lo que equivale al transporte de 40 enlaces STM-64 en el caso de SDH.

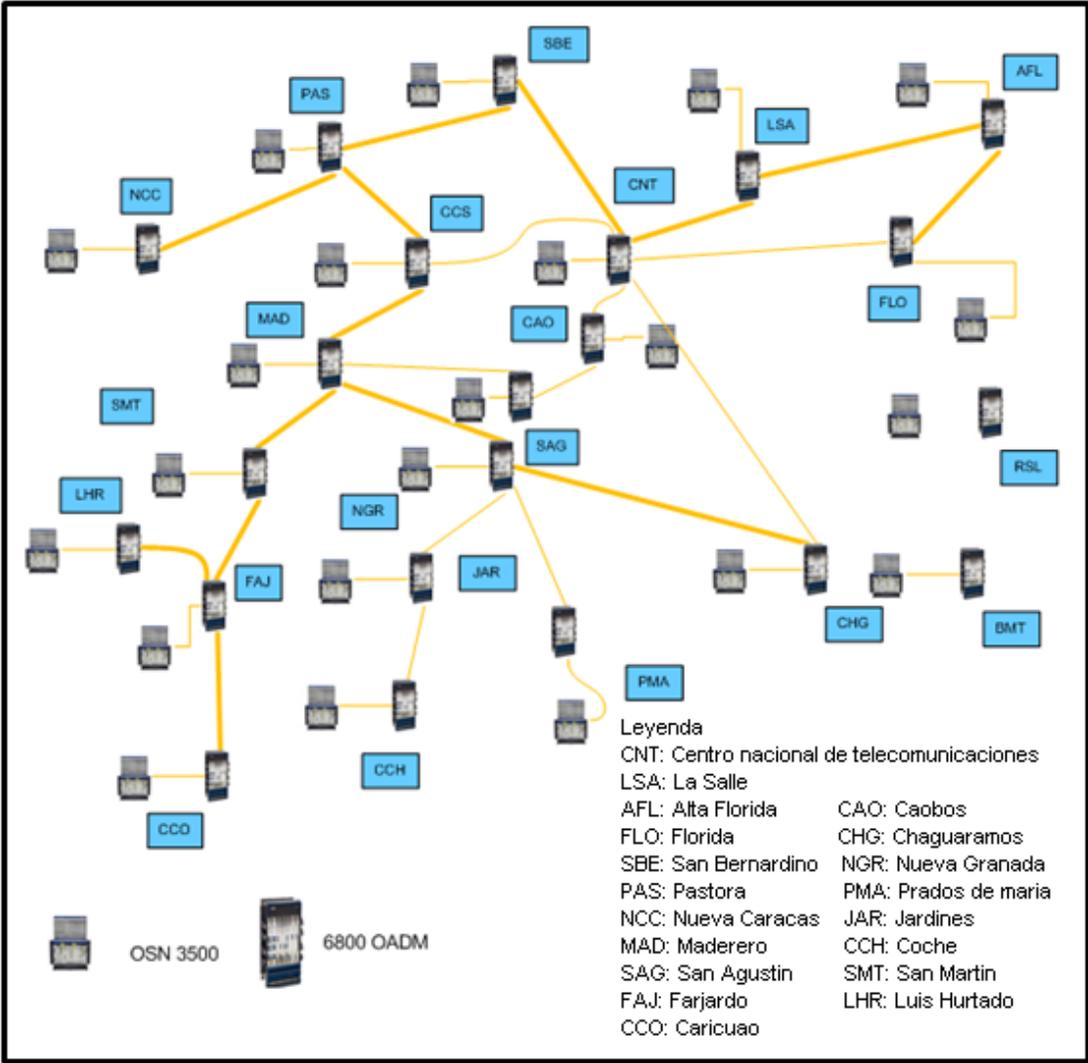


Figura 40. Diagrama de la red

Fuente: Elaboración propia

## 5.5 Ubicación de los nodos

En la mayoría de los casos, las salas de las centrales tienen un propósito específico. Por ejemplo, las salas donde se encontraban los convertidores analógico digital con los equipos de LDN y LDI se les llama sala PCM. Los vertiginosos cambios en la tecnología hacen que muchos equipos de PDH todavía existan con los de SDH y estos con los de Metro Ethernet, y así sucesivamente, entonces, el ubicar nuevos equipos se transforma en un problema de espacio físico.

En el periodo de pasantía se verificó la disposición de espacio para los nuevos equipos, de no existir, se estudió que equipo se podía desincorporar para obtener el espacio deseado.

A continuación la dirección e identificación de cada una de las salas pertenecientes al área de Transmisión Oeste de Caracas de CANTV:

**CNT:** Centro Nacional de Telecomunicaciones, piso 1, sala PCM

Nodo principal que se comunica con todas las estaciones

Dirección: Final de la Av. Libertador, Sector Guaicaipuro, EEII, piso 1 sala PCM

**LSA:** La Salle, piso 3, Sala PCM

Dirección: Av. Buenos Aires, entre la Av. Rio de Janeiro con Av. Libertador, Urbanización los Caobos. Piso 3 sala PCM.

**AFL:** Alta Florida, piso 2, Sala PCM

Dirección: Entre la Av. Ávila con Av. El Bosque, piso 2

**FLO:** Florida, piso 1, sala PCM

Dirección: Av. Francisco Solano López y Av. Libertador, calle El Cristo  
Piso 1 SALA PCM.

**SBE:** San Bernardino, piso 1, sala PCM

Dirección: Urbanización San Bernardino calle los Erasos. PCM1 SALA SDH PISO PB, PCM2 SALA PDH PISO 1

**PAS:** Pastora, Piso PB, sala PCM

Dirección: Av. Oeste 7 entre La Esquina Delicias con Aurora. PB SALA PCM.

**NCC:** Nueva Caracas, piso PB, sala PCM

Dirección: Calle Panamericana con Av. España en el Bulevar de Catia Frente a la estación del Metro Plaza Sucre. PB, SALA PCM.

**CCS:** Caracas, piso PB, sala PCM

Dirección: Av. Este 3 entre Esquina de Abanicos con Esquina Escalinatas. PB PCM1 SALA SDH. PB PCM2 SALA PDH.

**MAD:** Maderero, piso PB, sala PCM

Dirección: Av. Oeste 12, entre la esquina Puente Nuevo y Esquina maderero. PB sala PCM.

**SAG:** San Agustín, piso PB, sala PCM

Dirección: Urbanización San Agustín calle El Cristo, PCM1 SALA SDH, PCM2 SALA PDH.

**CAO:** Caobos, piso 4, sala PCM

Dirección: La Candelaria. Av. Ñopastro, sala PCM.

**CHG:** Chaguaramos, piso 2, sala PCM.

Dirección: Av. Las Ciencias, entre calle Aranda con la calle Eduardo Calcaño. Sector Santa Mónica. Piso 2 SALA PCM.

**NGR:** Nueva Granada, piso PB, sala PCM

Dirección: Entre Av. María Teresa Toro con Av. Los laureles. PB sala PCM.

**PMA:** Prados de María, piso PB, sala PCM

Dirección: Callejón Saleya, entre la Av. Roosevelt con la Calle Salita Sector Gran Colombia. SALA PCM.

**JAR:** Jardines, piso PB, sala PCM

Dirección: Calle 9 con Av. Intercomunal del Valle. Frente a las Residencias los Jardines. PB, .SALA PCM.

**CCH:** Coche, piso PB, sala PCM

Dirección: Av. Guzmán Blanco al lado del mercado libre de Coche. PB, SALA PCM.

**SMT:** San Martin, piso PB, sala PCM

Dirección: Av. San Martin entre calle Primera y Av. Santander. SALA PCM.

**FAJ:** Fajardo, piso PB, sala PCM

Dirección: Urbanización Montalbán. Sala PCM.

**LHR:** Luis Hurtado, piso PB, sala PCM

Dirección: Kilometro 12 carretera vía el Junquito, SALA DE TX.

**CCO:** Caricua, piso PB, sala PCM

Dirección: Ruiz pineda sector UD-7. SALA PCM.

## **5.6 Fase de instalación**

La ejecución de los trabajos contemplados para la instalación del equipo DWDM 6800, SDH-NG OSN3500, ODF Huawei y DDF Huawei en las estaciones que lo requerirán, son los siguientes:

- ✓ Fijación e instalación de bastidores (racks) para los equipos.
- ✓ Instalación de escalerillas para cableado de puesta a tierra y energía.
- ✓ Tendido de cableado de energía (en color rojo).
- ✓ Tendido de cableado de puesta a tierra (en color verde).
- ✓ Instalación de canaletas para fibra óptica.
- ✓ Tendido de cableado óptico entre equipos Huawei.
- ✓ Tendido de cableado óptica entre equipos CANTV y Huawei.
- ✓ Cableado de sincronismo.
- ✓ Cableado de tributarios eléctricos entre equipos SDH OSN3500 y el equipo DDF Huawei.
- ✓ Cableado desde los puertos del router de la DCN Corporativa de CANTV hasta los equipos DWDM 6800 y SDH OSN3500.
- ✓ Puesta a punto de los equipos Huawei.
- ✓ Ejecución de los protocolos de prueba locales.
- ✓ Prueba del sistema.

## **5.7 Modificaciones en las centrales**

Para llevar a cabo este proyecto se requieren varias modificaciones en las centrales del oeste de Caracas de CANTV. Entre esas modificaciones está la desincorporación de equipo que ha entrado en obsolescencia, para así habilitar el espacio físico necesario para la nueva red urbana basada en nuevas tecnologías DWDM y NG-SDH.

## 5.8 Sincronismo

La red de sincronismo de CANTV posee una estructura jerárquica, como se muestra en la figura 41, está diseñada para proveer señal de reloj a las centrales de conmutación digital, nodos de datos y los anillos SDH, y actualmente es la fuente primaria de sincronismo para las redes de SDH, Datos, TDM, NGN, tanto de CANTV como de Movilnet. Dicha red está conformada por ciento cuarenta y siete (147) estaciones BITS (Building Integrated Timing Supplies) en cuatro modelos: DCD 519, DCD 419, TIME SOURCE y SSU-2000 desplegados a nivel nacional.

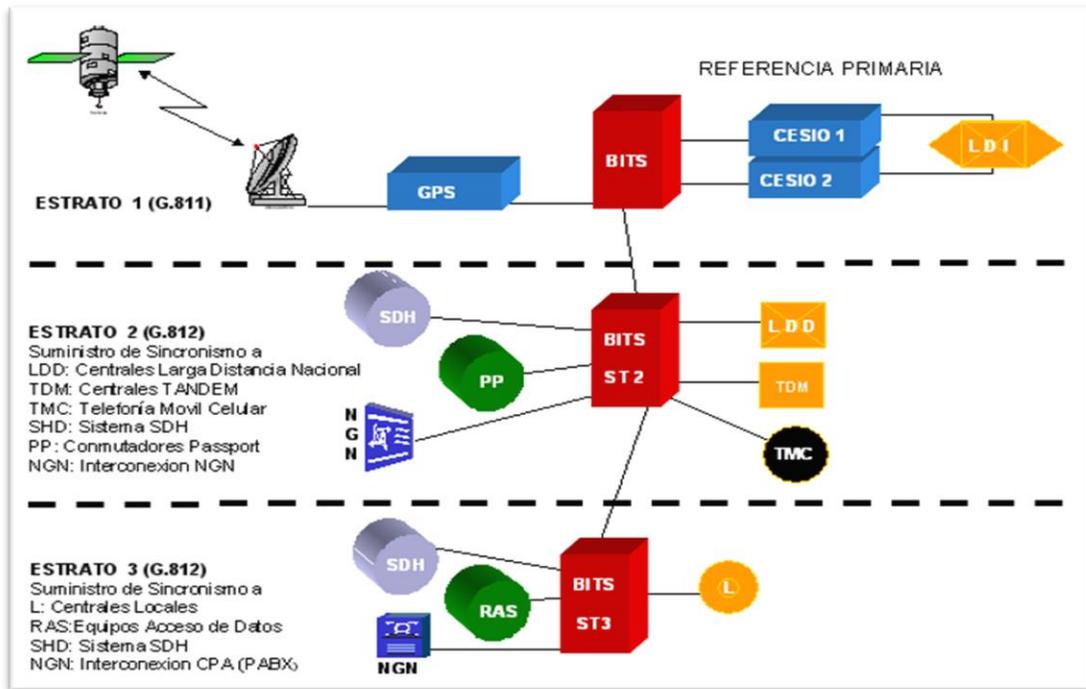


Figura 41. Red de sincronismo CANTV. [3]

## 5.9 Gestión

Las redes de comunicación de Datos (DCN) tienen como función proveer los medios para recolectar y transferir los datos relacionados con información de

monitoreo, administración y gestión, de los diferentes elementos de red hacia los centros de operación de las redes CANTV.

Los protocolos más utilizados en las DCN's existentes en CANTV son: X.25, TL1 y SNMP.

Se contempla la conexión directa de los equipos a la red DCN de CANTV, además de la conexión entre OSN3500 y 6800 a través de los canales ECC.

Se debe solicitar la asignación de puertos a la unidad de gestión de CANTV, con el fin de determinar la disponibilidad actual de puestos para la gestión de CANTV en esta central, si dichos equipos se interconectan a la gestión DCN en banda a través de los canales ECC (Embed Communication Channel) contenidos en las señales ópticas generadas entre los equipos OSN3500 y 6800 o fuera de banda, con conexión directa al enrutador Catalys, gestión DCN centralizada de CANTV. Luego de recibida la respuesta de la Unidad de Gestión de CANTV para determinar la interconexión a la Gestión DCN centralizada de CANTV en cada nodo, se tienen las características de configuración para la red de gestión de cada nodo. A continuación, un ejemplo con CNT.

Para el equipo OSN3500:

Tabla 7. Ejemplo de Configuración de equipo OSN3500

Nombre del equipo	Equipo DCN	Dirección IP	Mascara	Puertos	Ubicación del DCN	Gateway
OSN3500	3er Catalys DCN	10.121.x.x	255.255.x.x	0/10	Sala PCM /Piso 1	10.121.x.x

En definitiva, para realizar la migración de PDH, se requiere que en las estaciones (CNT) Centro Nacional de Telecomunicaciones, (LSA) La Salle, (AFL) Alta Florida, (FLO) Florida, (SBE) San Bernandino, (PAS) Pastora, (NCC) Nueva

Caracas, (CCS) Caracas, (MAD) Maderero, (SAG) San Agustín, (CAO) Caobos, (CHG) Chaguaramos, (NGR) Nueva Granada, (PMA) Prados de María, (JAR) Jardines, (CCH) Coche, (SMT) San Martín, (FAJ) Fajardo, (LHR) Luis Hurtado y (CCO) Caricuao, se instale un equipo SDH-NG OSN3500 y un DWDM OSN6800 de la marca del proveedor Huawei y la instalación de ODF y un DDF.

En total serían 20 equipos para la realización del proyecto que cubren la zona oeste de Caracas de CANTV. Sin embargo, debido a la fibra óptica instalada, se tienen que contemplar el diseño las centrales El Rosal (RSL), Bello Monte (BMT) y Chaguaramos (CHG), que son centrales pertenecientes a la zona este de Caracas. Para crear un anillo perimetral y unir el tramo que termina en Nueva Granada (NGR) continuándolo en Florida (FLO). Lo que deja como propuesta la compra de 23 equipos SDH-NG OSN3500 y 23 WDM-NG OSN6800 para crear la topología planteada.

## CONCLUSIONES

CANTV es la principal compañía de telecomunicaciones de Venezuela y debido a la creciente demanda de sus servicios, su estructura de redes debe ser actualizada para satisfacer las exigencias de sus clientes.

La mayoría de las centrales de comunicaciones de esta compañía todavía utiliza la tecnología PDH en sus nodos, y dado que dicha tecnología no está acorde con las crecientes necesidades y exigencias tecnológicas actuales o futuras, se hace imperante la desincorporación de dichos equipos que disminuyen la eficiencia de las comunicaciones ocasionando alta probabilidad de fallos, lentitud en la respuesta a solicitudes de servicio, alto consumo de espacio y difícil mantenimiento de la red.

Se propuso un modelo de migración basado en tecnología NG-SDH, que trabaja con una mejor gestión, y a su vez se montara en un backbone DWDM, debido a que es la mejor solución analizada para CANTV, por su disposición de fibra óptica en toda su red, y este sistema brindara una autopista de información amplia para trabajar con multi-servicios e integrar a todas las tecnologías clientes que cursen su tráfico por cada central de telecomunicaciones, creando un uso más eficiente y controlado de la fibra. Por otra parte, se deja la plataforma tecnológica para avanzar hacia redes ópticas de tercera generación que se realice todo el procesamiento a nivel óptico, y aplicando redes automatizadas como ASON en la cual se pueda lograr la convergencia de los nuevos servicios triple play.

Al incorporar esta nueva tecnología en la zona oeste de caracas de CANTV, se considero el hecho de que ya había planes de migración presentes en el área asignada, los cuales se adaptaban a las necesidades del cliente que hacia el requerimiento, por lo que habían una serie de procedimientos que se ejecutaban según el caso. Se genera una importante fortaleza en el sistema al unificar toda la zona a la tecnología NG-SDH y NG-WDM, por el motivo de que admite y soporta todas las

tecnologías presentes en el área y da cabida de evolución a otros sistemas más complejos a futuro, en tal caso de que se necesite. Entre las debilidades de renovar toda la plataforma se tiene la de entrenar al personal del área en estas nuevas tecnologías, debido a que en su mayoría tienen gran cantidad de años trabajando en la empresa y el área de transmisión, por lo cual enseñarles las nuevas tecnologías generara cierto impacto.

## **RECOMENDACIONES**

Se sugiere crear un equipo de trabajo en el área de transmisión de CANTV, que este encargado de realizar la depuración de todos los enlaces que aún están en funcionamiento en tecnología PDH para realizar la migración completa de los equipos a la tecnología NG-SDH. Como seguimiento de esta actividad, se propone migrar los enlaces y anillos que estén en SDH luego de la implementación de la red propuesta.

Siempre que se vaya a implementar un sistema DWDM sobre cualquier red de fibra óptica, es importante llevar a cabo una serie de pruebas en maqueta sobre los equipos que han sido preseleccionados, con la finalidad de evaluar el desempeño del equipo bajo condiciones similares a la red de fibra óptica sobre la cual se piensa instalar.

Para la implementación de un anillo DWDM en la zona oeste de Caracas de las características planteadas se recomienda emplear los equipos Huawei OSN 6800 de NG-WDM el cual crearían una red en malla la cual evolucionaría a procesamiento totalmente óptica a futuro.

Es importante realizar un mantenimiento preventivo de los equipos, mediante inspecciones semanales para así garantizar la prevención de posibles problemas de los equipos en la red, a causa de degradación de los componentes de los mismos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela. <  
<http://www.cantv.com.ve/seccion.asp?pid=1&sid=1243>> [Consulta: 2013]
- [2] CANTV, documentación de la empresa, Presentaciones Red Urbana CANTV.
- [3] Gerencia Arquitectura de Redes y Sistemas, CANTV. ARQUITECTURAS DE REDES Y PLATAFORMAS DE SERVICIOS DE CANTV. Caracas: CANTV, Diciembre 2006.
- [4] EXFO. FTTx PON Guide. S.1.: EXFO Electro-Optical Engineering Ing, 2005.
- [5] Cisco System, Inc. Introduction to DWDM Technology. San Jose, CA: Cisco System, Inc., 2001.
- [6] Manual de Huawei. Principios Básicos de SDH.
- [7] Gil, N. “Propuesta de actualización para las centrales analógicas móviles Hitachi a NGN en la empresa CANTV”. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Puerto La Cruz (2010).
- [8] UPEL. (1998). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y maestría y Tesis Doctorales. Caracas: FEDUPEL.
- [9] UPEL. (2006). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Caracas: FEDUPEL.
- [10] Cisco System, Inc. Introduction to DWDM Technology. San Jose, CA: Cisco System, Inc., 2001.
- [11] Capmany Francoy, José y Ortega Tamarit, Beatriz. Redes Ópticas. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006.
- [12] Kartalopoulos, Stamatios V. Next Generation Intelligent Optical Networks, From Access to Backbone. USA. Springer Science Business Media, LLC. 2008.
- [13] Carrion F., Andrés E. “Propuesta para la ampliación de la plataforma de transporte SDH de la red urbana de CANTV en el area metropolitana de Puerto

La Cruz por medio de la implementación de la tecnología DWDM”. Trabajo de Grado, UCV, Caracas (2009).

- [14] Cortez O. Indira V. “Propuesta de mejora de la red de transporte CANTV en el estado Anzoátegui del tramo comprendido entre las poblaciones el alambre – clarines – puerto Píritu”. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Barcelona (2010).
- [15] Coffaro B, Fabricio. “Propuesta para la implantación de una red de alta velocidad en fibra óptica basada sobre el protocolo Ethernet”. Trabajo de Grado, UCV, Caracas (2008).
- [16] Redes\_de\_Nueva\_Generación. Recuperado en Marzo de 2013, de [http://es.wikitel.info/wiki/Redes\\_de\\_nueva\\_generación](http://es.wikitel.info/wiki/Redes_de_nueva_generación)
- [17] Redes de Nueva Generación. Recuperado en Marzo de 2013, de <http://www.comunicaciones-de-datos-1-g1.wikispaces.com/Redes+de+Nueva+Generación?responsetoken=001798f3215ff12010a019492fa3a2ec3>

## **BIBLIOGRAFÍA**

Fuenmayor, Carlos J. GUIA: “Sistemas de telecomunicaciones II”, Universidad Central de Venezuela, Escuela de Ingeniería Eléctrica, departamento de comunicaciones, 2006.

Manual de referencia: Versión (5.01). Transmisión Oeste de Caracas CANTV. “Technical Description OptiX OSN 3500” (Manual descripción técnica) HUAWEI, 2004.

Manual de referencia: Versión (1.20). Transmisión Oeste de Caracas CANTV. “Technical Description METRO 6800” (Descripción Técnica) HUAWEI, 2005.

Manual de CANTV (2005). Plataformas Tecnológicas para Redes de Datos. Caracas.

Manual de CANTV (1998) Fundamentos de SDH. Caracas.

Manual de HEWLETT PACKARD (HP). Introducción a SDH.

Manual del Equipo HP 37742A (1992). Servicio y Funcionamiento.

## **TESIS**

Carrion F., Andrés E. “Propuesta para la ampliación de la plataforma de transporte SDH de la red urbana de CANTV en el área metropolitana de Puerto La Cruz por

medio de la implementación de la tecnología DWDM”. Trabajo de Grado, UCV, Caracas (2009).

Cortez O. Indira V. “Propuesta de mejora de la red de transporte CANTV en el estado Anzoátegui del tramo comprendido entre las poblaciones el alambre –clarines – puerto Píritu”. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Barcelona (2010).

Coffaro B, Fabricio. “Propuesta para la implantación de una red de alta velocidad en fibra óptica basada sobre el protocolo Ethernet”. Trabajo de Grado, UCV, Caracas (2008).

Gil, N. “Propuesta de actualización para las centrales analógicas móviles Hitachi a NGN en la empresa CANTV”. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Puerto La Cruz (2010).

## **FUENTES ELECTRÓNICAS**

Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela. <  
<http://www.cantv.com.ve/seccion.asp?pid=1&sid=1243>> [Consulta:2011].

Wikipedia. (s.f.). Wikipedia. Recuperado el noviembre de 2013, de  
RED\_de\_siguiete\_generacion:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_de\\_siguiete\\_generaci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_siguiete_generaci%C3%B3n).

Características Técnicas del equipo Huawei Optix OSN 3500. Disponible en:  
[www.huawei.com](http://www.huawei.com). Consulta: (2013, Agosto)

Características Técnicas del Equipo de Prueba Acterna ANT-5. Disponible en: <http://www.cleTOP.co.uk/jdsu/acterna-stm.pdf>. Consulta (2011, Agosto)

## **LIBROS**

Arias, Fideas G. (2006). Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. (5ª ed.) Caracas: Episteme.

UPEL. (1998). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y maestría y Tesis Doctorales. Caracas: FEDUPEL.

Cisco System, Inc. Introduction to DWDM Technology. San Jose, CA: Cisco System, Inc., 2001

Capmany Francoy, José y Ortega Tamarit, Beatriz. Redes Ópticas. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006.

Kartalopoulos, Stamatios V. Next Generation Intelligent Optical Networks, From Access to Backbone. USA. Springer Science Business Media, LLC. 2008.

## GLOSARIO

**Add-Drop:** Acción que hace referencia a adicionar y extraer canales de datos en una trama SDH.

**Agregado:** Se refiere al tráfico de varios tributarios en una sola trama SDH. También se le llama agregado a las tramas SDH propiamente.

**Ancho de banda:** Capacidad de un canal de transmitir información. En la práctica dada siempre en unidades de Kbps o Mbps.

**ATM:** Modo de transferencia asíncrono. Tecnología de conmutación de paquetes ampliamente adoptada para redes MAN y WAN.

**BITS:** Building Integrated Timing Supply. Es la fuente de reloj en un edificio de telecomunicaciones para las normas Bell. Este provee DSLs (T1) y/o referencias de tiempo compuesto a todos los elementos de una red síncrona en esa central. Similar al SSU para el UIT-T.

**Backbone:** Este término se acuna 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.

**Cabecera de ruta:** Segmento que es agregado a los contenedores en SDH y que los convierte en contenedores virtuales. Este segmento trae información de la ruta y el destino del canal de datos.

**Cabecera de sección:** Segmento de la trama SDH que permite llevar canales de comunicación entre equipos SDH adyacentes y hacia una estación de gestión.

**Contenedor virtual:** Contenedor que almacena la información de un tributario al cual se le ha agregado una cabecera de ruta con información sobre el destino.

**Cross-conector:** Equipo que tiene la capacidad de conmutar tráfico entre diferentes tramas STM-N.

**DWDM:** Multiplexación por longitud de onda densa. Esta técnica de multiplexación permite transmitir varias longitudes de onda más que WDM, el espaciado es de 100GHz, a una mayor distancia que CWDM.

**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.

**Estructura de multiplexación:** Diagrama relacional que indica como son empaquetados y multiplexados los tráficos en una jerarquía de multiplexación determinada.

**Ethernet:** Protocolo de transmisión en capa 2 según el modelo OSI ampliamente difundido a nivel mundial para redes LAN.

**FDDI:** Se define como una topología de red de área local en doble anillo y con soporte físico de fibra óptica. Puede alcanzar velocidades de transmisión de hasta 100Mbps y utiliza un método de acceso al medio basado en paso de testigo (token passing). Utiliza fibras multimodo y concentradores de cableado en topología física de estrella y lógica de doble anillo (anillo primario y anillo secundario). Es una red muy fiable gracias a la fibra y al doble anillo, sobre el que gira la información en direcciones opuestas.

**Fibra óptica:** Medio de transmisión elaborado a partir de sílice que se basa en principio físico de reflexión total interna. Las fibras ópticas son ampliamente difundidas por los grandes anchos de banda que soportan y las distancias de sus enlaces que son del orden de varios Kilómetros.

**Fibra óptica Monomodo:** Fibra óptica menor a 10  $\mu\text{m}$  de diámetro interno que elimina la dispersión modal porque solo permite la transmisión de la luz en un solo modo, por esta razón poseen un ancho de banda muy grande,

en la práctica infinito comparado con los equipos de transmisión activos en la actualidad.

**Fibra óptica Multimodo:** Fibra óptica de 50  $\mu\text{m}$ , 62,5  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$  de diámetro interno que es muy difundida para redes LAN o en campus. Su ancho de banda está limitado por la dispersión modal.

**Gigabit Ethernet:** Redes tipo Ethernet basadas en fibras ópticas y equipos activos que permiten transmitir anchos de banda superiores a 1Gbps en cada uno de los enlaces.

**ITU-T:** 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.

**Jerarquía digital:** Se refiere al nivel de multiplexación utilizado en alguna jerarquía de multiplexación. Por ejemplo, STM1 o STM4 para SDH.

**LED:** Diodo emisor de luz. Se usa en los equipos de red para dar indicaciones luminosas de su estado.

**Modelo OSI:** Modelo de siete capas definido por la ISO que deben cumplir todos los elementos de una red de telecomunicaciones y que permite separar funciones en cada uno de los niveles.

**Módem:** Modulador-Demodulador. Equipo que permite transmitir ráfagas de datos por una red telefónica convencional.

**Matriz de conexión cruzada:** Elemento conmutador interno que tienen el equipo Cross conector 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 este 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 de inserción/extracción (ADM):** Equipo multiplexor que puede adicionar y extraer canales de tributario sin desmontar la trama SDH.

**Multiplexor terminal:** Equipo que finaliza un enlace punto a punto o lineal y que desmonta toda una trama SDH para repartirla en canales de tributario.

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

**OADM:** optical add-drop multiplexer, equipo utilizado en sistemas WDM para agregar y extraer canales tributarios ( $\lambda$ ), sin necesidad de desmontar toda la trama óptica.

**ODF:** Distribuidor de fibra óptica.

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

**Patchcord:** Elemento que permite interconectar enlaces de cableado.

**Payload:** Área de carga de una trama SDH.

**Rack (Bastidor):** Gabinete donde se almacenan equipos informáticos y de telecomunicaciones.

**Red de transporte de información:** Red que transporta gran cantidad de tráfico de datos y de aplicaciones de tiempo real sobre una misma infraestructura a sedes o lugares geográficamente distantes.

**Regeneradores:** Equipo que toma las señales de datos y de sincronismo del medio y los reconstruye para volverlos a transmitir.

**SNMP:** Protocolo simple de gestión de redes. Por medio de este protocolo se pueden recuperar variables que son constantemente monitorizadas para los equipos de red.

**SONET:** Red óptica síncrona. Estándar similar y compatible en algunos niveles con SDH difundido en Norteamérica.

**Stand-by:** Elemento que se encuentra disponible en un estado de espera no activo.

**STM:** Modulo de transporte síncrono. Trama básica SDH.

**STM-N:** Se refiere a los niveles de jerarquía de una red SDH.

**Tributario:** Trafico que actúa como cliente de la red SDH y que es multiplexado para ser transportado sobre ella.

**Unidad tributaria o administrativa:** Hace referencia a contenedores virtuales que llevan tráfico de tributario y a los cuales se les ubica con el uso de un apuntador o puntero.

**WAN:** Red de área amplia. Denominación usada para catalogar a las redes que abarcan una extensión geográfica considerable, superior a las MAN, LAN y SAN.

**WDM:** Multiplexación por longitud de onda. Es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadores ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.