



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Servicio de Internet de Alta Capacidad  
En México**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**P R E S E N T A**

Carlos Alberto Barriga Dávila

**ASESOR DE INFORME**

M.I. Juventino Cuéllar González



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019**

## DEDICATORIA

A mis padres Estela y Marco Antonio.

A mis hermanos Ana Delia y Marco.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi mamá Estela, mi papá Marco, mis hermanos Ana Delia y Marco por todo su amor, por los excelentes valores y las experiencias compartidas, que sin duda han sido fundamentales para mi desarrollo como persona y como ingeniero; pero sobre todo por ser una familia maravillosa.

A mis abuelos, tías, tíos, primas, primos y algunos que ya no están, por los buenos momentos que hemos vivido, cada aventura es irremplazable y agradezco tenerlos en mi vida.

A mis amigas y amigos que he forjado hasta ahora. Pero sin duda agradezco tener a los que se han convertido en mis hermanos, Robert, Rafa, Osvaldo y Roxana.

A mi novia Paulina por ese gran apoyo y por todo el cariño, es increíble tener una pareja que te motiva.

Al Maestro Juventino por apoyarme con el desarrollo de este informe, por sus conocimientos compartidos en clase, su paciencia y la orientación para concluir con esta meta.

A mi líder Oscar Hernández que me dio la oportunidad de desarrollar este proyecto, por su excelente liderazgo en el equipo de trabajo y sobre todo por su amistad.

A la UNAM que desde pequeño fue mi casa, a la honorable Facultad de Ingeniería y a todos mis profesores, por los conocimientos otorgados y darme la oportunidad de cumplir con este sueño de ser Ingeniero en Telecomunicaciones. Sin duda la mejor facultad de todas, gracias totales.

When you're a little kid you're a bit of everything; Scientist,  
Philosopher, Artist. Sometimes it seems like growing up  
is giving these things up one at a time.

*The Wonder Years*

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	3
ANTEDECENTES .....	4
CAPÍTULO I.....	6
1.1 <i>Marco Teórico</i> .....	7
1.1.1 <i>Antecedentes de las redes ópticas.</i> .....	7
1.1.2 <i>Multiplexación por División de Tiempo (TDM).</i> .....	8
1.1.3 <i>SONET y TDM.</i> .....	9
1.1.4 <i>Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM).</i> .....	9
1.1.5 <i>Evolución WDM.</i> .....	10
1.2 <i>Multiplexado Compacto por División en Longitudes de Onda (DWDM).</i> .....	10
1.2.1 <i>Características del sistema DWDM.</i> .....	11
1.2.2 <i>Tipos de Fibra Óptica</i> .....	12
1.2.3 <i>Fibras Ópticas Monomodo Estandarizadas.</i> .....	13
1.2.4 <i>Ventanas de Transmisión Óptica</i> .....	14
1.2.5 <i>Asignación Longitudes de Onda</i> .....	16
CAPÍTULO II.....	17
2.1. <i>Marco Teórico</i> .....	18
2.1.1. <i>Capa de Red en Internet</i> .....	18
2.1.2. <i>Protocolo de Internet (IP)</i> .....	18
2.1.3. <i>Sistemas Autónomos</i> .....	19
2.2. <i>MPLS</i> .....	19
2.2.1. <i>Arquitectura de Red MPLS</i> .....	19
2.2.2. <i>Arquitectura de Red MPLS</i> .....	20
2.2.3. <i>Ventajas de uso de red MPLS</i> .....	21
2.3. <i>VPN-MPLS</i> .....	21
2.3.1 <i>Definición</i> .....	21
2.3.2 <i>VRF (Virtual routing and forwarding)</i> .....	22
2.3.3 <i>Ventajas VPN-MPLS</i> .....	24
2.4. <i>BGP (Border Gateway Protocol)</i> .....	24
2.5. <i>Route Reflector</i> .....	26

2.5.1. <i>Explicación y funcionamiento</i> .....	26
2.5.2. <i>Peer Groups (Grupos de Iguales)</i> .....	28
2.6. <i>Desarrollo del proyecto Core IP</i> .....	28
2.6.1. <i>Diseño de red CORE IP</i> .....	29
2.6.2. <i>Configuración IP detallada</i> .....	30
<b>CAPÍTULO III</b> .....	35
3.1. <i>Desarrollo</i> .....	36
3.1.1 <i>Asignación de equipamiento y trayectoria Tx (MTY_1 – Laredo)</i> .....	37
3.1.2. <i>Equipamiento y co-ubicación de cliente en POP MTY_1</i> .....	42
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	47
4.1. <i>Instalación de Jumpers y pruebas en POP MTY_1</i> .....	48
4.2. <i>BGP establecido con los Vecinos (Cliente y Carrier)</i> .....	53
4.3. <i>Prueba de Tx Óptica y Diseño Final de Red</i> .....	54
<b>CONCLUSIONES</b> .....	59
<b>ANEXO</b> .....	61
Anexo A. <i>Ejemplo configuración Route Reflector</i> .....	61
Anexo B. <i>Acrónimos</i> .....	64
Anexo C. <i>Lista de Figuras</i> .....	65
Anexo D. <i>Lista de Tablas</i> .....	67
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	67

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la demanda del servicio de Internet cada vez es mayor y el mercado de proveedores de servicios de Internet (ISP, por las siglas en inglés de Internet Service Provider) está más competido, una de las razones de esta situación fue ocasionado con la nueva reforma de Telecomunicaciones que ha permitido la apertura del sector.

En este proyecto se presenta el desarrollo, ingeniería y construcción desde cero para dar servicio de internet de alta capacidad para una operadora de telecomunicaciones, contribuyendo al desarrollo de nueva infraestructura y oportunidades comerciales a nivel nacional e internacional.

Como parte primordial, se realizó el análisis de tecnología de fibra óptica por la cual se llevaría el servicio desde la sede del cliente hasta la salida del ISP, siempre optando por la solución más eficiente y de mejor oferta para el caso de negocio.

De igual forma se diseñaron e integraron las configuraciones a nivel CORE, con la finalidad de tener el ruteo necesario para soportar el internet de alta capacidad y la disponibilidad de este, asegurando full routing y respaldo en caso de perder la conectividad con el ISP designado.

## OBJETIVOS

El proyecto tuvo cuatro principales objetivos.

- Brindar servicio de Internet de alta capacidad para un operador de Telecomunicaciones.
- Diseño y solución con tecnología DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), para el óptimo funcionamiento del transporte con fibra óptica.
- Diseño y configuración del Core IP para la interconectividad con el Carrier Internacional.
- Configuración de red interna a nivel nacional del proveedor de Internet.

---

## DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La función principal de la empresa es la interconectividad y servicio de telefonía celular, lo cual le ha dado la infraestructura necesaria para brindar servicios de red a una gran gama de empresas y carriers. Dentro de los servicios del operador de telecomunicaciones se encuentra el internet, MPLS (Multiprotocol Label Switching - Multiprotocolo de Conmutación por Etiquetas), voz, líneas privadas (L2L) y con el avance tecnológico también soluciones Cloud.

Su entrada en el mercado de México se hizo visible luego de adquirir a diferentes operadoras (en el 2002). Tras la integración de estas empresas, se formó como una de las operadoras más grandes del país entre el 2003-2005.

Desde su llegada abrió la posibilidad de acercar la telefonía móvil a más personas. Se creó un marco para ofrecer servicios de calidad. Con la creación de más y mejores servicios la empresa ha impulsado el desarrollo de las telecomunicaciones en México, para que cada vez más usuarios puedan encontrar diferentes soluciones de comunicación que respondan a sus necesidades.

Se ha ganado el título de líder en la innovación de productos y servicios de telecomunicaciones, creando soluciones que hacen más fácil la vida de las personas y al día de hoy en México, tiene más 25.3 millones de clientes.

El área de implementación y solución de negocios juega un papel alterno que se ha tornado muy importante dentro de la empresa, ya que no solo el mercado se trunca en telefonía celular; lo cual hace más competitiva a la empresa dentro del sector y se reinventa. Dentro del área se diseñan soluciones de red e ingeniería de transmisión, que a su vez se ejecutan para clientes empresariales, carriers nacionales e internacionales.

De las principales actividades que se tienen como implementador es la coordinación de diferentes áreas, una de ellas son los proveedores encargados de la instalación de la última milla, así como el personal que ayuda en el sitio para la instalación de equipos y pruebas finales con el cliente.

Para desempeñarte como implementador es necesario contar con conocimientos bastos en redes de telecomunicaciones y tecnologías de transmisión (DWDM - Dense Wavelength Division Multiplexing, SDH - Synchronous Digital y Microondas), tanto teóricos como prácticos para poder dar soluciones eficientes y con un diseño bien estructurado.

También se debe seguir con ciertos procesos para realizar dichas actividades, tomando como base los tiempos acordados, la planeación del proyecto y cualquier contingencia que se pueda presentar para poder cumplir con la entrega del servicio, logrando la satisfacción total del cliente.

---

## ANTECEDENTES

Considerando que el uso del Internet y de las Tecnologías de Información alrededor del mundo, se han convertido en algo primordial en la vida diaria tanto para las personas y las empresas para que desarrollen sus actividades u operaciones, en tal caso que no se tenga la capacidad necesaria del servicio se verán afectadas.

Dentro del contexto empresarial, se habla de oportunidades importantes de concretar negocios, realizar ventas, transacciones comerciales, entre otras, que enriquecen sin lugar a duda y sustancialmente las oportunidades de crecimiento. Desde el contexto personal, es de fundamental importancia hoy en día para la interacción, el entretenimiento, la comunicación y la difusión masiva de contenidos.

Con lo mencionado en el párrafo anterior, ha hecho que el sector de las telecomunicaciones en México sea más competitivo entre los operadores, y gracias a la nueva reforma en telecomunicaciones se han logrado romper brechas digitales, en general puede afirmarse que los servicios de valor agregado, como lo es Internet, han tenido un desarrollo importante. La reforma tiene tres objetivos principales: lograr que la población tenga mayor acceso a los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, especialmente a internet de banda ancha; fomentar la competencia; e incrementar la infraestructura para que su uso sea más eficiente y se reduzcan los precios de los servicios.

Para tener a todo el mundo interconectado, es necesario estar al día en temas de redes de telecomunicaciones y tecnología la cual está compuesta por servidores, computadoras, routers, switches, firewalls, modems, entre otros dispositivos. Todos estos equipos los podemos encontrar en empresas pequeñas, medianas y grandes, así como en el hogar. Los responsables de dar el servicio de Internet y administrar la información tienen la consigna de satisfacer a sus usuarios, ya que todo ello no es, en lo absoluto, gratuito ni técnicamente sencillo, de tal manera que en adelante todo lo que se refiera a estos conceptos dentro de este informe girará en torno a las telecomunicaciones y las redes de datos.

Mencionado lo anterior, es importante hablar del siguiente estándar que es fundamental para las redes de datos, a éste se denomina Modelo OSI (Open System Interconnection), lanzado en 1984, fue el esquema descriptivo que creó la Organización Internacional para la Normalización (ISO) para enfrentar el problema de incompatibilidad de las redes y su imposibilidad de comunicarse entre sí. Este modelo proporcionó a los fabricantes un conjunto de estándares que aseguraron una mayor

compatibilidad e interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnología de red utilizados por las empresas a nivel mundial.



*Figura A.1. Modelo OSI*

Fuente: (<https://networkmaint.weebly.com/modelo-osi.html>)

En el modelo de referencia OSI, hay siete capas numeradas, cada una de las cuales ilustra una función de red específica (Figura A.1.). Esta división de las funciones de networking se denomina división en capas. Si la red se divide en estas siete capas, se obtienen las siguientes ventajas:

- Divide la comunicación de red en partes más pequeñas y sencillas.
- Normaliza los componentes de red para permitir el desarrollo y el soporte de los productos de diferentes fabricantes.
- Permite a los distintos tipos de hardware y software de red comunicarse entre sí.
- Impide que los cambios en una capa puedan afectar las demás capas, para que se puedan desarrollar con más rapidez.
- Divide la comunicación de red en partes más pequeñas para simplificar el aprendizaje.

Finalmente, para que los paquetes de datos puedan viajar desde el origen hasta su destino, cada capa del modelo OSI en el origen debe comunicarse con su capa igual en el lugar destino. Esta forma de comunicación se conoce como comunicaciones de par-a-par. Durante este proceso, cada protocolo de capa intercambia información, que se conoce como unidades de datos de protocolo (PDU), entre capas iguales. De esta manera es cómo funcionan las redes de datos a grandes rasgos. (Figura A.2.)

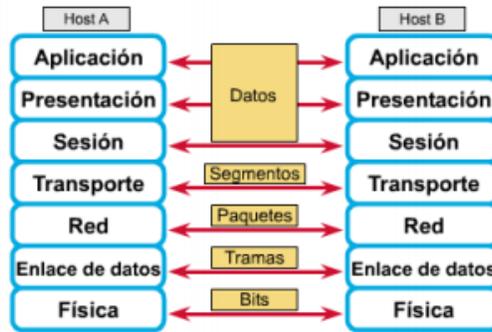


Figura A.2. Modelo OSI, comunicación entre Host

Fuente: (<http://redes-notes.blogspot.com/2014/08/>)

## CAPÍTULO I

### ANÁLISIS DE TECNOLOGÍA Y TRANSPORTE DWDM

En este capítulo se realizará un análisis teórico del por qué se elige la tecnología DWDM como medio de transporte para el servicio de alta capacidad.

Dentro del Operador de Telecomunicaciones que brinda el servicio de interconexión se tienen dos tipos de tecnología por Fibra Óptica (SDH y DWDM), lo cual nos llevó a realizar una investigación de cuál sería la mejor opción para cumplir con las necesidades y requerimientos del cliente; en este caso el punto crucial fue el Ancho de Banda.

DWDM combina múltiples señales ópticas, estas señales llegan a ser amplificadas como un solo grupo y pueden ser transportadas a través de una única fibra, lo que incrementa la capacidad. Estas señales pueden viajar a distintas velocidades y formatos.

## ***1.1 Marco Teórico***

### ***1.1.1 Antecedentes de las redes ópticas.***

Las redes de telecomunicaciones desde hace tiempo utilizan la fibra óptica por las ventajas que aporta y las pocas desventajas que tiene. Las redes ópticas transportan las señales que se quieren transmitir por medio de la utilización de la fibra como principal transmisor, las cuales no tienen problemas a la hora de soportar cualquier velocidad que se requiera, además que admiten cualquier formato y protocolo, pero para lograr esto deben incorporar los equipos necesarios para la prestación de servicios específicos a los usuarios finales en los extremos de la red.

Sin embargo, dependiendo de la tecnología y de los equipos ópticos utilizados se obtendrá una cierta capacidad, la cual se podrá ver limitada por la alta demanda de los clientes y del crecimiento desmedido de la red. Para esto los operadores buscan soluciones, una de ellas sería tender más fibra lo cual es demasiado costoso y la otra es aumentar la capacidad actualizando las tecnologías.

Para incrementar la capacidad con las fibras existentes se puede realizar de dos maneras diferentes:

- Incrementar la velocidad de bits.

Con TDM los datos son transmitidos a 2.5 Gbps (STM-16) e incrementando a 10 Gbps (STM-64) y con los recientes avances dan como resultado velocidades de 40 Gbps (STM-256). Sin embargo, este último es un sistema costoso y complejo para el mantenimiento.

Otro problema sería la gran potencia de transmisión requerida por las altas tasas de bits introduce efectos no-lineales, que podrían estropear la calidad de la forma de onda. Este efecto es conocido como dispersión cromática (CD), que es el resultado combinado de la dispersión del material y la dispersión de la guía de onda que tienden a tener efectos opuestos.

Por último, la dispersión por modo de polarización (PMD), otro efecto que limita la distancia que un pulso de luz puede viajar sin degradación, es también un problema.

- Aumentar el número de longitudes de onda en la fibra.

Varias longitudes de ondas son combinadas en una fibra, utilizando la tecnología y sistemas WDM, donde cada una de las longitudes de onda es lanzada dentro de la fibra, y la señal es demultiplexada en la parte final del receptor. Debido a que cada canal es transmitido a una frecuencia diferente, podemos seleccionarlo usando un sintonizador. Otra forma para pensar en WDM es que cada canal es un color de luz diferente; entonces varios canales forman un arco iris.

### 1.1.2 Multiplexación por División de Tiempo (TDM).

Fue inventada con la finalidad de maximizar la cantidad de tráfico de la voz que se podría transportar en un medio. Antes de que se inventara la multiplexación, cada llamada telefónica requería su propio enlace físico lo cual denotaba ser una solución costosa y no escalable. Y usando la multiplexación, más de una llamada telefónica se podía poner en un solo enlace.

TDM aumenta la capacidad del enlace de transmisión cortando tiempo en intervalos más pequeños para que los bits de múltiples fuentes de entrada puedan transmitir en el enlace, eficazmente aumentando el número de bits transmitidos por segundo. (Figura 1.1.)

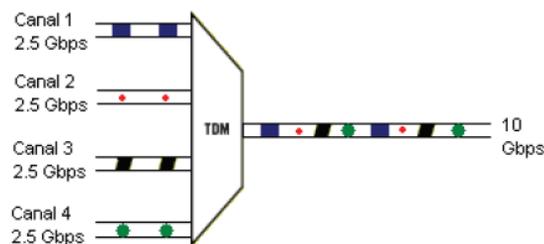


Figura 1.1 Multiplexación por División de Tiempo

A pesar de tener buena apariencia, este método resulta ineficiente, porque cada time slot está reservado hasta cuando no hay datos que transmitir. Este problema es atenuado por la multiplexación estadística usada en el Modo de Transferencia Asíncrona (ATM). Sin embargo, aunque ofrece mejor utilización del ancho de banda, existen limitantes en cuanto a la velocidad.

### 1.1.3 SONET y TDM.

Las telecomunicaciones adoptaron la Red Síncrona Óptica (SONET) o el estándar de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) para transporte óptico de datos TDM; son dos estándares relacionados que especifican los parámetros de las interfaces, velocidades, formatos de tramas, métodos de multiplexación, y control de sincronía TDM en la fibra.

El funcionamiento de estos estándares es el siguiente: toma tráfico de  $n$  bits, los multiplexa, modula la señal ópticamente y la manda afuera usando un emisor de luz sobre una fibra con una tasa de transferencia de bits igual a *tasa entrante*  $\times n$ . (Figura 1.2.)

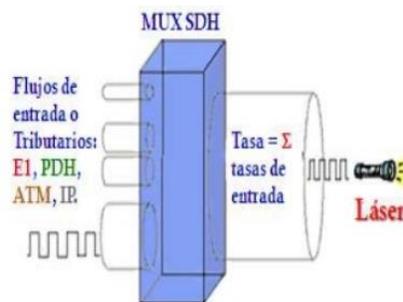


Figura 1.2. Jerarquía Digital Síncrona  
Fuente: Coimbra, E. (Jerarquía digital síncrona SDH)

### 1.1.4 Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM).

Por sus siglas en inglés WDM (Wavelength Division Multiplexing), que permite la transmisión simultánea de diferentes longitudes de onda (canales) por la misma fibra óptica, demostró ser una alternativa más fiable al momento de incrementar la capacidad del canal. (Figura 1.3.)

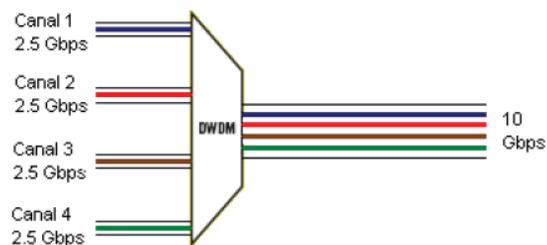


Figura 1.3. Multiplexación por División de Longitud de Onda

Cada una de las longitudes de onda en un sistema WDM entonces es puesta o ubicada en la fibra óptica y el extremo receptor es quien realiza la demultiplexación de las señales. La capacidad resultante es una sumatoria de las señales de entrada, pero WDM transporta cada señal de entrada de manera aislada una de la otra.

---

Esto nos indica que cada señal contaría con un ancho de banda dedicado. Todas las señales entonces arriban al mismo tiempo, en lugar de ser divididas y transportadas en slots de tiempo como se hace en TDM.

Haciendo una comparación entre TDM y WDM podemos decir lo siguiente:

SONET TDM toma señales síncronas, asíncronas y las multiplexa a una tasa de transferencia única más alta para la transmisión de una sola longitud de onda sobre fibra. El emisor de señales debe ser convertida de eléctrica a óptica o viceversa, y regresar a óptica antes de ser multiplexada.

WDM toma múltiples señales ópticas, las mapea como longitudes de onda individuales, y multiplexa las longitudes de onda sobre una fibra única. Otra diferencia fundamental entre las 2 tecnologías es que WDM puede transportar múltiples protocolos sin un formato de señal común, mientras que SONET/SDH no puede.

### ***1.1.5 Evolución WDM.***

Los primeros sistemas WDM transportaron dos o cuatro longitudes de onda que estuvieron ampliamente espaciados. WDM y las tecnologías siguientes CWDM y DWDM han evolucionado más allá de esta limitación.

Actualmente CWDM típicamente utiliza espaciado de 20 nm (3000 GHz) de hasta 18 canales. Según la recomendación CWDM - UIT-T G.694.2 proporciona un plan de longitudes de onda para las distancias objetivo de hasta 50 km en fibras monomodo como se especifica en las recomendaciones UIT-T G.652, G.653 y G.655. El plan para CWDM se compone de 18 longitudes de onda definidas dentro del rango de 1270 nm a 1610 nm espaciadas 20 nm.<sup>1</sup>

El espaciamiento común DWDM puede ser de 200, 100, 50 ó 25 GHz con número de canales de hasta 128 o más a distancias de varios miles kilómetros con amplificación y regeneración a lo largo de la ruta.

## ***1.2 Multiplexado Compacto por División en Longitudes de Onda (DWDM).***

Uno de los acontecimientos más relevantes en el desarrollo de la tecnología de transmisión por fibra óptica es la aparición de DWDM. WDM comenzó a finales de 1980 utilizando longitudes de onda en las bandas de 1310 nm a veces denominada WDM de banda ancha.

---

<sup>1</sup> UIT (14 de Diciembre 2003) Obtenido publicaciones UIT: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.694.2-200312-I/es>

---

A principios de 1990 se da la segunda generación de WDM que también se le conoció como banda estrecha, en el que se utilizaron dos a ocho canales y estos canales estaban separados en un intervalo de alrededor de 400 GHz en la ventana de 1550 nm.

Los sistemas DWDM a mediados de los noventa estaban emergiendo, se conformaban por 16 a 40 canales y un espaciado de 100 a 200 GHz. Estos sistemas desde finales de los noventa hasta ahora han evolucionado hasta el punto de que son capaces de tener entre 64 a 160 canales en paralelo y espaciados cada 25 o 50 GHz. los espaciamientos que actualmente están estandarizados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) son los de 50 y 100 GHz, y constan en la recomendación G.694.1.29<sup>2</sup>

### ***1.2.1 Características del sistema DWDM.***

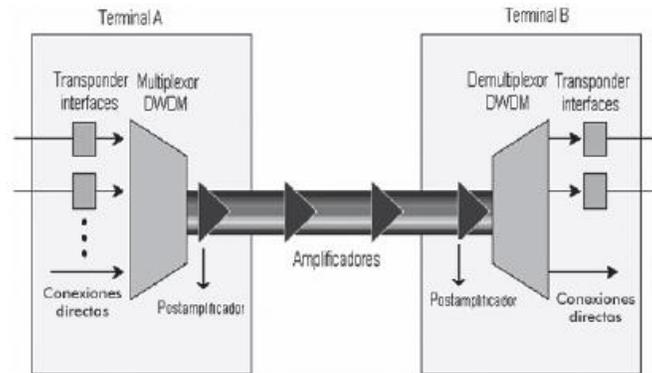
A continuación, se describen las funciones principales a nivel físico (Figura 1.4.)

1. El transponder de longitud de onda, acepta la entrada en la forma de un láser estándar monomodo o multimodo. La entrada de cada señal es mapeada a una longitud de onda DWDM, pueden venir de distintos medios físicos y con diferentes tipos de tráfico.
2. Combinación de señales, para esto se usan los multiplexores. Las longitudes de onda DWDM del transponder son multiplexadas en una sola señal óptica y enviada a la fibra óptica.
3. Con la multiplexación y la demultiplexación hay alguna pérdida inherente, la cual depende del número de canales. Sin embargo, se puede mitigar con amplificadores ópticos y para esto se utiliza un post-amplificador a la salida del sistema.
4. Transmisión de las señales que se hace por la fibra óptica. Los efectos de diafonía y degradación pueden ser minimizados mediante el control del espaciado entre canales, la tolerancia de la longitud de onda y los niveles de potencia del láser. En este tipo de enlaces se utilizan amplificadores ópticos para darle ganancia a la señal.
5. Un preamplificador refuerza la señal antes de que entre en un extremo del sistema.
6. A continuación viene la separación de las señales recibidas. En el lado del receptor, tales señales multiplexadas deben ser separadas en lambdas individuales. Aunque parece ser tarea fácil, en la actualidad es técnicamente más complicado.

---

<sup>2</sup> Recomendaciones ITU: G.692, G.850, M.3100, M.3200, G.691, G.957, G.959.1.

7. Para finalizar está la recepción de señales. La señal demultiplexada es recibida por un fotodetector y cada lambda individual es mapeada según el tipo de salida requerido. Los equipos del cliente deben contar con interfaces para recibir la señal, por ejemplo, los transceivers ópticos.<sup>3</sup>



*Figura 1.4. Sistema Físico DWDM*

Fuente: REDES ÓPTICAS DWDM: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN, Dulio Arnulfo Buelvas, Iván Darío Téllez, Edgar Amado Mateus, Diciembre 2009.

### 1.2.2 Tipos de Fibra Óptica

La fibra óptica se la puede clasificar en dos grandes grupos, multimodo y monomodo. (Figura 1.5.)

La *fibra Multimodo*, tiene un núcleo más grande que el de la fibra monomodo y fue la primera en ser comercializada. Llamada así por permitir la propagación de varios modos, o rayos de luz, que pueden ser transportados simultáneamente a través de una fibra. La fibra multimodo por el perfil del índice de sus núcleos y por la forma como la luz puede viajar a través de ellos, puede ser clasificada en dos:

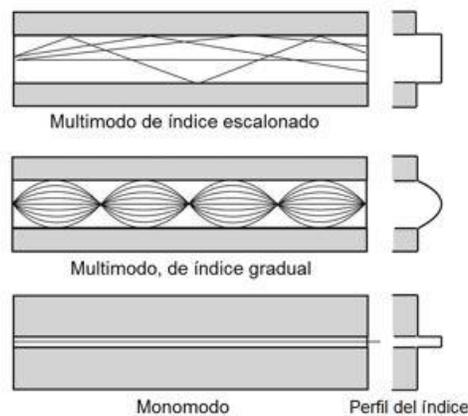
- El primer tipo de fibra multimodo se conoce como de *índice escalonado*, su núcleo está hecho un solo tipo de vidrio. La luz internamente viaja en línea recta y se refleja fuera del revestimiento. Este tipo de fibra tiene una apertura numérica que es determinada por la diferencia de los índices de refracción del núcleo y revestimiento. Porque cada modo de luz viaja a diferentes rutas, un pulso de luz es dispersado mientras está viajando a través de la fibra, por eso el ancho de banda es restringido en una fibra de índice escalonado.
- El segundo tipo de fibra Multimodo se conoce como de *índice gradual*, tiene un núcleo que está compuesto por muchas capas diferentes de vidrio. Las capas difieren debido a sus densidades, por tal razón la luz es transmitida por una ruta parabólica. En un vidrio con un índice más bajo de refracción, la luz viaja más rápido cuando se acerca al exterior del

<sup>3</sup> REDES ÓPTICAS DWDM: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN, Dulio Arnulfo Buelvas Peñarredonda, Iván Darío Téllez Silva, Edgar Amado Mateus, Diciembre 2009, <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/article/view/272>

núcleo. Recíprocamente, la luz viaja más lento cuando se acerca al centro del núcleo. Puesto que la fibra tiene diferentes capas, la capacidad del ancho de banda es 100 veces más grande que la de la fibra de índice escalonado.

La *fibra Monomodo* tiene un núcleo mucho más pequeño que permite solo un modo a la vez, es útil porque mejora el resultado de la fidelidad de la señal en distancias más grandes y con poca dispersión modal, por lo tanto, aumenta la capacidad de ancho de banda de la fibra.

Debido a la baja pérdida inherente y gran capacidad de transporte de información, las fibras monomodo son preferidas para aplicaciones de considerable ancho de banda y para distancias largas, incluyendo DWDM.



*Figura 1.5. Tipos de Fibras Ópticas*

Fuente: La Asociación de fibra óptica (The Fiber Optic Association, Inc. [FOA])

### **1.2.3 Fibras Ópticas Monomodo Estandarizadas.**

Las diferentes características de fibras ópticas monomodo estandarizadas para redes ópticas DWDM incluidas y regularizadas por la UIT G.652, G.653, G.654, y G.655.

Recomendación UIT-T G.652,<sup>4</sup> conocida como fibra monomodo con dispersión no desplazada (fibra monomodo estándar), es la fibra normalmente más utilizada. Es optimizada para la región o ventana de los 1310 [nm] y tiene cero dispersiones a esta longitud de onda. También se puede usar este tipo de fibra en la ventana de los 1550 [nm], pero no está perfeccionada. La dispersión cromática (retardo o deformación espectral de un pulso óptico conforme se propaga por la fibra) a los 1550 [nm] es alta, un ejemplo de este tipo de fibra es la SMF-28.

<sup>4</sup> Características de las fibras y cables ópticos monomodo, 13 de Noviembre 2016, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>

Recomendación UIT-T G.653,<sup>5</sup> conocida como fibra monomodo con dispersión desplazada. Las fibras de este tipo se perfeccionan para operar en la ventana de los 1500–1600 [nm], con dispersiones altas. Estas fibras se desarrollaron con el propósito de aprovechar los amplificadores dopados, gracias a las propiedades químicas del Erblio, son capaces de regenerar la señal óptica. Ésta es capaz de operar con múltiples canales en sistemas de DWDM.

Recomendación UIT-T G.654,<sup>6</sup> conocida como fibra monomodo con corte desplazado. Este tipo de fibra es un caso especial de la fibra monomodo, ya que tiene bajas pérdidas en la ventana de los 1550 [nm]. Esta recomendación fue perfeccionada para la región de los 1500–1600 [nm], las bajas pérdidas pueden ser logradas usando un núcleo de sílice puro. Estas fibras son caras de fabricar y son útiles para aplicaciones submarinas o para aplicaciones de enlaces de muy largas distancias.

Recomendación UIT-T G.655,<sup>7</sup> conocida como fibra monomodo con dispersión desplazada no nula (NZDSF). Son fibras monomodo estándar (SMF), que tienen una dispersión cromática mayor que un valor no nulo a lo largo de la banda C (1500 [nm]). Esta dispersión reduce el efecto de no linealidades, que se tienen en los sistemas DWDM. Estos tipos de fibras están mejor preparadas y perfeccionadas para operar entre los 1500–1600 [nm].

#### ***1.2.4 Ventanas de Transmisión Óptica***

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha designado seis bandas espectrales para su uso en un rango intermedio y para comunicaciones de fibra óptica de largas distancias en el rango de los 1260 a 1675 nm, estas bandas dan designaciones de las características de la fibra óptica y del performance de la conducta de los amplificadores ópticos. Las regiones son conocidas por las letras O, E, S, C, L, y U, definidas de la siguiente manera,

- Banda Original (O-band): 1260 a 1360nm
- Banda Extendida (E-band): 1360 a 1460nm
- Banda corta (Short) (S-band): 1460 a 1530nm
- Banda Convencional (C-band): 1530 a 1565nm
- Banda Larga (L-band): 1565 a 1625nm
- Banda Ultra larga (U-band): 1625 a 1675nm

<sup>5</sup> Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada, 29 de Julio 2010, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.653-201007-I/es>

<sup>6</sup> Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado, 13 de Noviembre 2016, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.654-201611-I/es>

<sup>7</sup> Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula, 13 de Noviembre 2009, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.655-200911-I/es>

Ventana	Banda (UIT-T)	$\lambda$ (nm)	Alcance (Km)	Costo Opto-electrónica	Tipo Fibra	Aplicaciones
1 <sup>a</sup> (años 70)		820-900	2	Bajo	MM	10M/Gb/10Gb Eth
2 <sup>a</sup> (años 80)	O	1260- 1360	40-100	Medio	MM y SM	10M/Gb/10Gb Eth SONET/SDH CWDM
(años 00)	E	1360- 1460	100	Alto	SM	CWDM
(años 00)	S	1460- 1530	100	Alto	SM	CWDM
3 <sup>a</sup> (años 90)	C	1530- 1565	160	Alto	SM	10Gb Eth, DWDM, CWDM
4 <sup>a</sup> (años 00)	L	1565- 1625	160	Alto	SM	DWDM, CWDM
(años 00)	U	1625- 1675			SM	

*Tabla 1.1 Ventanas de Transmisión Óptica.*

*Fuente: Tema 7, Redes ópticas, Rogelio Montaña, Universidad de Valencia.*

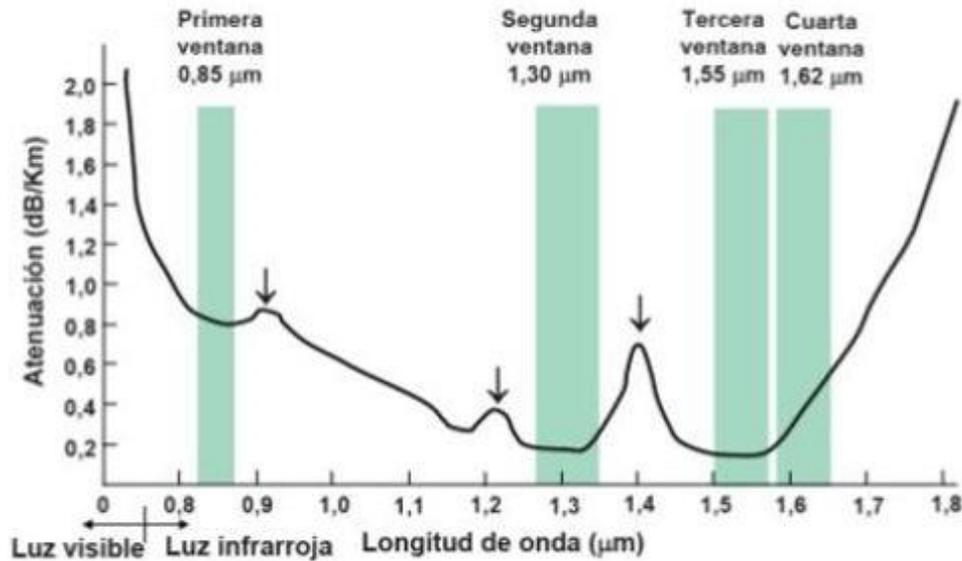
Las siguientes ventanas de operación han sido utilizadas en transmisión óptica: (Figura 1.6.)

1. La primera ventana a 850 nm.
2. La segunda ventana a 1300 nm.
3. La tercera ventana a 1550 nm.
4. La cuarta ventana a 1600 nm.

De acuerdo a la mínima absorción, la tercera ventana es la más adecuada para la tecnología DWDM.

Como lo describí en la tabla 1.1, para estos sistemas se han definido tres bandas ópticas:

- La banda S (Short): 1460 a 1530 nm.
- La banda C (Conventional): 1530 a 1565 nm.
- La banda L (Long): 1565 a 1625 nm.



*Figura 1.6. Ventanas Ópticas*

Fuente: Luis A. Araque D.C.I. 18089210, EES. SECCION 2 (<http://www.scribd.com/doc/17173199/WDM>)

### **1.2.5 Asignación Longitudes de Onda**

Para llevar un orden al diseñar e implementar sistemas DWDM se han definido normas para asegurar la compatibilidad de los componentes y módulos de los diversos fabricantes. La UIT-T es la responsable de establecer las normas para todos los sistemas WDM y para todos los sistemas DWDM. Esta organización ha estado comprometida en iniciativas de estandarización para habilitar la interoperabilidad internacional de varios sistemas WDM.

La UIT- T con su recomendación G.694.1 ha hecho más fácil la integración de WDM con estándares de sistemas SONET normales.

La norma UIT-T G.694.1 y la G.694.2 reemplazan a la recomendación UIT-T G.692. La recomendación G.694.1 especifica una tabla de frecuencia para aplicaciones de DWDM. La tabla de frecuencia, fijado a 193.1 [THz] o 1552.52 [nm], soportando una variedad separación de canales de 12.5 [GHz] (0.1 [nm]), 25 [GHz] (0.2 [nm]), 50 [GHz] (0.4 [nm]), y 100 [GHz] (0.8 [nm]).

Los sistemas DWDM típicamente usan una separación de frecuencia de 50 [GHz] y 100 [GHz]. La recomendación G.694.1 para sistemas DWDM con 50 [GHz] (0.4-[nm]) y 100-GHz (0.8 [nm]) de separación entre longitudes de onda.

## **CAPÍTULO II**

### **CONECTIVIDAD CORE IP CON CARRIER INTERNACIONAL Y OPERADOR DE TELECOMUNICACIONES**

---

En este capítulo se realiza un análisis teórico de los diferentes protocolos de red IP para realizar la interconectividad con el Carrier Internacional. basados en la topología de red con la que contamos.

Al tener homologada la configuración para servicios de Internet en nuestra red, podría resultar más sencillo sustentar las bases teóricas para este tipo de servicio, sin embargo, al tener una red tan grande a nivel Core se convierte en un interesante reto. Así como, adecuar la interconectividad con el Carrier Internación y de la misma manera con el cliente final, cumpliendo con lo solicitado en el proyecto inicial.

## 2.1. Marco Teórico

### 2.1.1. Capa de Red en Internet

En la capa de red, el Internet puede verse como un conjunto de subredes o sistemas autónomos (AS) interconectados. No hay una estructura real, pero existen varios backbone principales. Estos se construyen a partir de enlaces con gran ancho de banda y enrutadores rápidos con gran capacidad. A su vez conectados a los backbone, hay redes regionales (de un nivel medio) y las redes LAN los diferentes proveedores de Servicios de Internet (ISP), universidades y compañías. (Figura 2.1.)

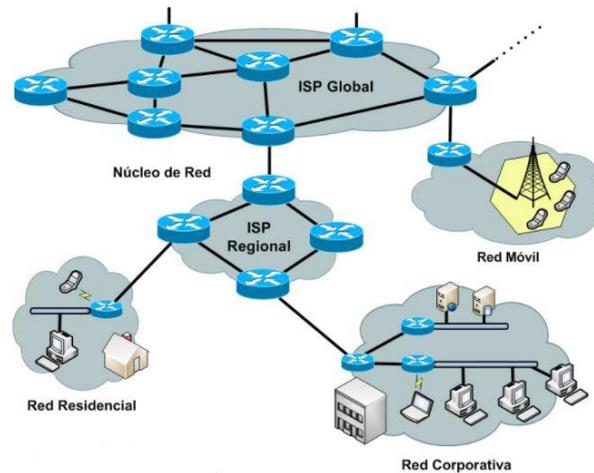


Figura 2.1. Internet conjunto de redes Interconectadas.

Fuente: (<http://vishub.org/excursions/1147>)

El protocolo de la capa de red que mantiene unido a Internet es el Protocolo de Internet (IP). Este protocolo se diseñó desde sus principios con la interconexión de redes en mente. Su trabajo es proporcionar un medio de mejor esfuerzo para el transporte del datagrama del origen hacia el destino, sin importar si estas máquinas están en la misma red o si hay otras redes entre ella.

Dentro de los distintos protocolos de red que se utilizan para la interconexión del cliente con el proveedor de servicios de Internet, nos enfocaremos en MPLS, VPN-MPLS y BGP; ya que estos son los protocolos que se utilizaron y fue necesario conocer de manera teórica para la ejecución del proyecto.

### 2.1.2. Protocolo de Internet (IP)

Este es el protocolo principal en el nivel de Internet. Su función principal es identificar cada paquete que pasa por el nivel y seleccionar la mejor ruta para su envío al host destino.

Sus características principales son:

- El envío de los datos se realiza en datagramas (paquetes IP).
- No está orientado a la conexión. Es decir, un paquete puede seguir una ruta totalmente diferente a otro, debido a que cada uno es tratado de forma independiente.
- No implementa corrección de errores, ni mecanismos de verificación de entrega de los paquetes IP. Estos controles los lleva el nivel de transporte, con el protocolo TCP.
- Tiene la capacidad para fragmentar los paquetes en caso de que sean demasiado grandes para la arquitectura por la que se envían. Posteriormente, en el host destino, los paquetes vuelven a reensamblar.

Cada paquete IP contiene en su encabezado la dirección IP del host destino. Esta dirección IP es un valor exclusivo por cada host, que identifica tanto al host, como a la red a la que pertenece. En el momento de la creación y diseño de la red que posteriormente daría lugar a Internet, se consideró un sistema de asignación de 32 bits. Sin embargo, el auge de Internet ha dejado claro que dicho número es insuficiente, abriendo paso a Ipv6, que maneja valores de 128 bits.

### ***2.1.3. Sistemas Autónomos***

Un sistema autónomo (AS) será la subred que es administrada por una autoridad común, que tiene un protocolo de ruteo homogéneo mediante el cual intercambia información en toda la subred y que posee una política común para el intercambio de tráfico con otras redes o sistemas autónomos. En Internet se dan, al menos, dos niveles jerárquicos de ruteo, el que realiza dentro de un sistema autónomo y el que se efectúa entre estos.

Es importante entender el concepto de lo que es un AS, porque algunos protocolos de enrutamiento como ser EIGRP y OSPF, utilizan este concepto en su lógica, es decir, entienden y reconocen los límites delineados por un sistema autónomo. Protocolos de Enrutamiento Interno, éste es utilizado para enrutar paquetes dentro de un mismo sistema autónomo (RIP, EIGRP y OSPF). El segundo es Protocolos de Enrutamiento Externo, el cual se utiliza para enrutar los paquetes entre sistemas autónomos, como es el protocolo llamado Border Gateway Protocolo (BGP).

## ***2.2. MPLS***

### ***2.2.1. Arquitectura de Red MPLS***

MPLS (Multi Protocol Label Switching), es una tecnología usada para clasificar y transportar mensajes, opera entre la capa 2 y la capa 3 del modelo OSI, y usa conmutación de etiquetas en la red de core, lo que reduce el tiempo y la carga de las tablas de enrutamiento, MPLS usa las

---

etiquetas para separar el plano enrutamiento y el plano de reenvío (Forwarding), la etiqueta decide qué camino tomar a través de la red.<sup>8</sup> Dentro de nuestra red, como proveedores de servicios, se vuelve una parte primordial el uso de este protocolo, ya que nos brinda muchas ventajas y un abanico de posibilidades para dar solución a las necesidades de los clientes.

En una red no orientada a la conexión, como es una red IP, los paquetes se reenvían de un router a otro analizando los campos de la cabecera IP en donde hay mucha más información de la que necesita el equipo para decidir por donde tiene que reenviar el paquete. Este proceso tiene que realizarse en cada nodo de la red por el que pasa el paquete, lo que hace que los routers introduzcan retardos en los paquetes que retransmiten. MPLS se desarrolló para aumentar la eficiencia de este tipo de redes.

### ***2.2.2. Arquitectura de Red MPLS***

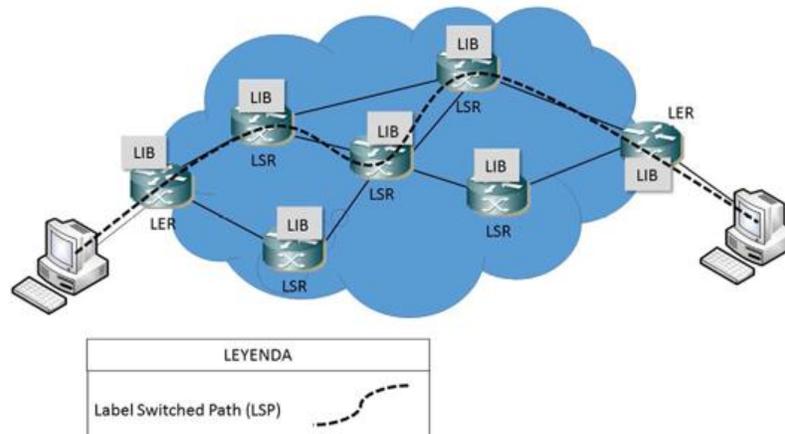
Una red MPLS consta fundamentalmente de los siguientes elementos (Figura 2.2.)

- **Label Switching Router (LSR):** Routers que componen el núcleo de la red y se encargan de reenviar los paquetes, así como conmutar etiquetas además de intercambiar información con otros LRS que forman la red.
- **Label Edge Router (LER):** Constituye el elemento de entrada y salida de la red MPLS, y se encuentra en la frontera de la misma. Se suele distinguir entre el equipo de entrada (ingress) que se encargan de procesar agrupar y etiquetar los paquetes; y el equipo de salida (egress), el cual se encarga de suprimir las etiquetas y encamina los paquetes hacia el destino utilizando el reenvío de la capa 3.
- **Forwarding Equivalent Class (FEC):** El conjunto de paquetes que son tratados de la misma forma y que usarán la misma ruta independientemente de su destino final.
- **Label Switched Path (LSP):** Es el camino que se establece dentro de la red para todos los paquetes que tienen la misma FEC. Cada sentido se trata de forma independiente por lo que los caminos de ida y de vuelta pueden no pasar por los mismos nodos intermedios.
- **Label Forwarding Information Base (LFIB):** Conocidos también como LIB, es una base de datos que tienen los LSR y LER en donde están definidas las etiquetas que tienen que poner en los paquetes que pasan por estos equipos. Forma parte del Plano de control cuya base de datos es usada por el LDP (Label Distribution Protocol) para distribución de etiquetas.

---

<sup>8</sup> Zhang, Mu ; Tao, ZhongPing: Application research of MPLS VPN all-in-one campus card network based on IPSec. En: Proceedings - 4th International Conference on Computational and Information Sciences, ICCIS 2012 (2012), p. 872–875.

- El protocolo LDP describe como se tienen que establecer las sesiones entre nodos adyacentes para poder enviarse la información contenida en la LFIB del nodo.



*Figura 2.2. Esquema red MPLS.*

*Fuente: Diseño de una Red Privada Virtual usando una Ren MPLS, Unai López González. Septiembre 2017.*

### **2.2.3. Ventajas de uso de red MPLS**

Principales ventajas que aporta la red MPLS:

- Conmutación rápida de paquetes basado en etiquetas y no direcciones IP destino.
- Es multi-protocolo tanto hacia arriba (L3) como hacia abajo (PWE3)
- Trabaja con QoS (Calidad de Servicio) basado en marcación de paquetes.
- La creación de una nueva VPN sólo implica la creación del circuito de acceso y del enrutamiento.
- Permite aplicar Ingeniería de Tráfico (TE).
- Uso eficiente del ancho de banda en accesos (full-mesh virtual).
- Redes de clientes totalmente independientes (VPN-MPLS).

## **2.3. VPN-MPLS**

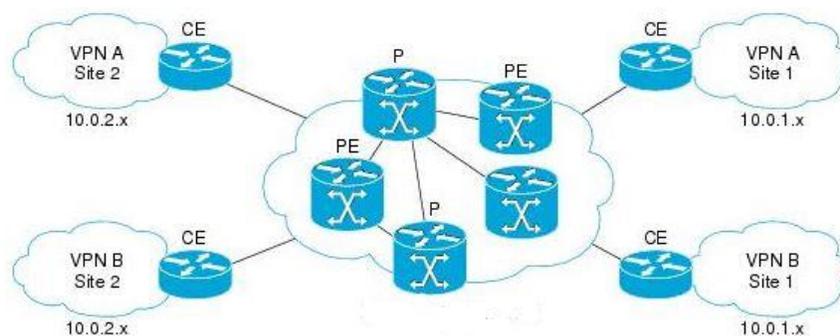
### **2.3.1 Definición**

Virtual Private Network (VPN) o red privada virtual, es una forma de montar una red segura sobre una red compartida. El modelo de VPN más sencillo que se puede usar es un programa cliente-servidor que se ejecuta en el ordenador del cliente y que cifra los datos que se envían al servidor para que nadie pueda robar la información, aunque se intercepten los paquetes.

En la RFC 4364<sup>9</sup> se define la red VPN sobre MPLS en el que se usa la red compartida MPLS para montar diferentes VPN y tener a los clientes separados, aunque compartan los elementos comunes de la red MPLS. El protocolo de intercambio de etiquetas usado en esta red es MP-BGP (MultiProtocol-BGP)<sup>10</sup> por este motivo también se la conoce como BGP-MPLS.

A continuación, se describen los elementos de red que componen la VPN-MPLS. (Figura 2.3.)

- Customer Edge Router (CE): Es el equipo router situado en el domicilio del cliente que da acceso a la red del operador usando una o varias líneas de acceso. Este equipo puede usar diversas tecnologías de acceso, al igual que cualquier protocolo de enrutamiento hacia la red.
- Provider Edge Router (PE): Este equipo es compartido con muchos clientes y es el router de acceso a la red VPN-MPLS, en el esquema MPLS también se le conoce como LER, por lo tanto, tiene que tener capacidad para conmutar etiquetas.
- Provider Router (P): En el esquema MPLS es el equivalente a los LSR y al igual que ellos nunca se conectan a equipos de cliente, esa tarea es del PE o LER. También tienen que tener capacidad de conmutación de etiquetas.



*Figura 2.3. Arquitectura VPN-MPLS*

Fuente: (<https://www.cisco.com/>)

### 2.3.2 VRF (Virtual routing and forwarding)

Para mantener la red de los clientes aislados y que su tráfico no se mezcle en cada PE se crea una VPN Routing and Forwarding Table (VRF) que crea en el router PE un router virtual que tiene los recursos necesarios para operar como si fuera un router independiente, de esta forma se pueden compartir los PE y no hace falta montar PE por cada cliente lo que generaría un coste de materiales y de gestión elevados.

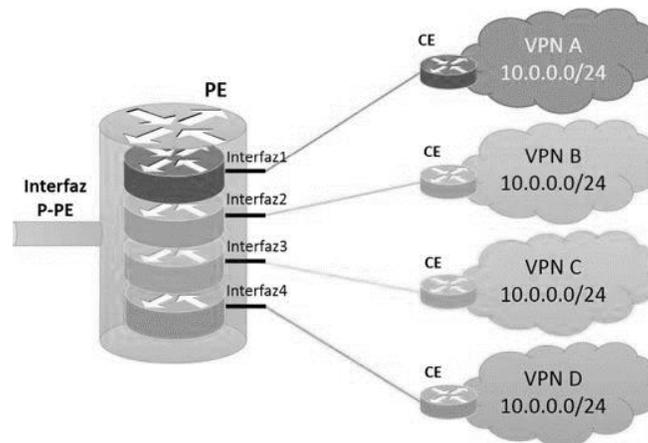
<sup>9</sup> E. Rosen, Y. Rekhter. Febrero 2006. BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs). s.l. : IETF RFC 4364, Febrero 2006.

<sup>10</sup> T. Bates, R. Chandra, D. Katz, Y. Rekhter. Enero 2007. Multiprotocol Extensions for BGP-4. s.l. : IETF RFC 4760, Enero 2007.

Este tipo de tecnología de enrutamiento virtual y reenvío (VRF), al ingresar a la empresa en la que laboré, fue uno de los temas que me parecieron sumamente interesantes y con mayor aprendizaje. Teniendo en cuenta que en anteriores proyectos en los que estuve participando no me involucré con un diseño de red de tal magnitud, además de tener la posibilidad de manipular y revisar las configuraciones para cada servicio.

Usando esta tecnología se puede reutilizar el direccionamiento privado. La asociación con el VRF establece a nivel de puerto, de forma que si el PE tiene varios enlaces en distintos puertos con la misma localización todas ellas se pueden asociar con el mismo VRF. Cuando al PE le llega un paquete IP de un CE sabe a qué VRF pertenece y busca la dirección IP destino en su tabla de ruteo para determinar el destino y saber la etiqueta que tienen insertar y lo encamina al siguiente Provider Router por la interfaz indicada. (Figura 2.4.)

Este modelo es altamente escalable porque si se da de alta una sede nueva solo hay que configurar uno o dos PE para que reciba las rutas que el CE anuncia al PE, de esta forma se facilitan las tareas para dar de alta sedes nuevas a la vez que simplifica su gestión y mantenimiento.



*Figura 2.4. Descripción VRFs*

*Fuente: Diseño de una Red Privada Virtual usando una Red MPLS, Unai López González. Septiembre 2017.*

El enrutamiento a nivel de la red MPLS puede separarse en dos tramos. Este sería entre el CE y el PE en el que se usa nivel 3 y puede usarse cualquier protocolo de enrutamiento (rutas estáticas, RIP, BGP, OSPF); para encaminar el tráfico entre PE y P se utiliza BGP como protocolo de enrutamiento.

Al recibir lo PE todas las rutas de los CE de los diversos clientes, se tuvo que ampliar el concepto de dirección IP añadiéndole un campo de 8 bytes llamado Router Distinguisher (RD), esto con la finalidad de que BGP diferencie las rutas. La VPN-IPv4 está formada por 12 bytes de los cuales los

8 primeros son el RD y los 4 bytes finales son IP. Así cuando BGP recibe el anuncio de una nueva red sabe a qué VRF pertenece y la incluye en su tabla de ruteo.

Además del RD hay otro parámetro el Route Target (RT) que se usa para modificar el RD cuando se propagan los anuncios a otros PE.

- RT Export
- RT Import

Para encaminar el tráfico la red VPN-MPLS necesita la información contenida en la tabla de ruteo de los PE, así sabe por cuál de las interfaces tiene que enviar el paquete que ha recibido del CE de cliente, pero como los P no almacenan la información de cada VPN ni tienen forma de diferenciar el tráfico una vez que llega al primer P, se ha utilizado un doble nivel de etiquetas. Así los PE son capaces de diferenciar a que VRF pertenece cada paquete cuando le llega desde la red MPLS.

### ***2.3.3 Ventajas VPN-MPLS***

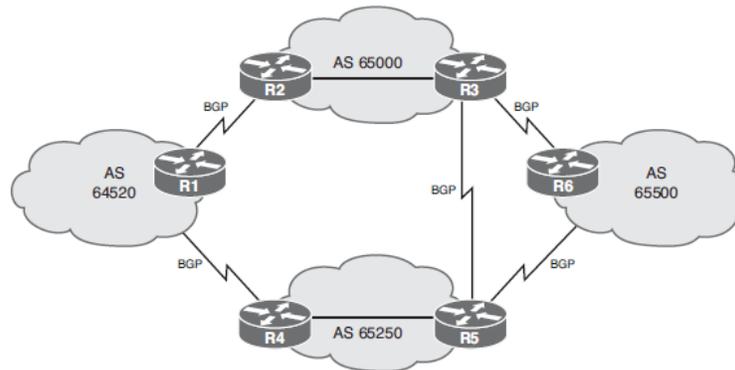
Las redes VPN-MPLS presentan numerosas ventajas tanto desde el punto de vista del operador como del cliente:

- Flexibilidad de la tecnología de acceso.
- Flexibilidad de direccionamiento.
- Escalabilidad.
- QoS. Calidades de Servicio.
- Administración de la red.
- Disponibilidad.
- Costes económicos.

### ***2.4. BGP (Border Gateway Protocol)***

BGP es el protocolo de enrutamiento de Internet, el objetivo principal de BGP es proporcionar un sistema de enrutamiento inter-dominio que garantice el intercambio sin loops de información de enrutamiento entre sistemas autónomos. Está diseñado para intercambiar rutas entre los routers que componen un sistema autónomo (AS) o entre routers de sistemas autónomos diferentes. Las rutas de BGP contienen la red de destino, el router del siguiente salto, y la ruta utilizada para alcanzar el destino. Cuando los clientes se conectan a internet los ISP utilizan BGP para intercambiar rutas entre los clientes y el ISP.

Hay dos tipos de BGP, el primero es cuando se utiliza entre sistemas autónomos de clientes y a este se le conoce como BGP externo (eBGP). Y el segundo se utiliza cuando un proveedor de servicios utiliza BGP para intercambiar rutas dentro de un sistema autónomo, a este escenario se le conoce como BGP interior (iBGP).



*Figura 2.5. BGP Sistemas autónomos interconectados.*

Fuente: (<https://www.cisco.com/>)

Los equipos configurados con BGP normalmente pueden recibir varias rutas al mismo destino, de diferentes sistemas autónomos. El algoritmo de BGP determina cual es el mejor camino para instalar esta red en su propia tabla de enrutamiento IP, utiliza políticas de red definidas para generar una tabla de rutas y propagarla al resto de routers. Para poder definir esta política se usan diferentes atributos.

- as-path: Añade una cadena de AS para el atributo AS-PATH.
- community: Atributo de comunidad.
- local-preference: Atributo de preferencia local de BGP.
- metric: Valor de la métrica para el protocolo de encaminamiento.
- origin: Código de origen BGP.
- weight: Peso BGP para la tabla de encaminamiento.
- ip next-hop {A.B.C.D | peer-address}: Salto siguiente para llegar al destino

El protocolo tiene unas prioridades para elegir el camino óptimo hacia una red. De esta forma elimina el resto de las rutas que le llegan por otros caminos hacia la misma red de destino.

1. Elige la que tenga la Local-preference más alta.
2. En el caso de que dos rutas y tengan Local-preference iguales lo siguiente que mira es el AS-Path más corto. Por cuantos menos AS pase el paquete que tienen que enviar mejor.
3. El siguiente parámetro que mira es el MED, y prefiere el de menor valor.

4. Prefiere las rutas aprendidas por eBGP a las aprendidas por iBGP.
5. En el caso de que nos lleguen dos rutas con todos los parámetros anteriores iguales se prioriza el que cuente con un ID más bajo o lleve más tiempo en su tabla de rutas.

## **2.5. Route Reflector**

### **2.5.1. Explicación y funcionamiento.**

Una vez explicada la infraestructura de transmisión y el diseño del servicio, es importante definir y conocer el tema de los route reflectors, lo que nos lleva al full routing de internet. Con la finalidad de entender cómo es que los proveedores dan salida de internet al cliente.

Los route reflectors son una técnica que surgió, como solución al inconveniente que se tiene por la regla número uno de iBGP, la cual establecía lo siguiente: *Las rutas aprendidas desde un vecino iBGP no puede ser reenviada a otro vecino iBGP.*

Esto es un gran inconveniente, en base a esta regla el número de routers BGP en el dominio MPLS del Proveedor quedara limitado a un número pequeño de no más de 2 routers BGP, o en su defecto, si tuviéramos muchos enrutadores en el dominio, la convergencia de la red se verá imposibilitada, ya que las rutas no serían distribuidas a todos los nodos; en este caso, sería necesario que todos los routers estuvieran interconectados entre sí, en una topología full mesh, para que todos pudieran enviar sus actualizaciones a sus vecinos y así obtener convergencia en la red.

Ashish Shirkar, define los RR, de una manera más concisa: Un Route Reflector es un router al que le está permitido romper la regla 1, es decir, son routers designados que pueden advertir rutas recibidas desde un vecino iBGP hacia otros vecinos iBGP bajo condiciones específicas.

El uso de Route Reflectors en BGP está contenido en la RFC 4456<sup>11</sup>. Un Route Reflector es un router configurado para reenviar actualizaciones a sus vecinos o peers a través del mismo AS. Estos peers iBGP necesitan identificarse como clientes en la configuración. Cuando un cliente envía una actualización al Route Reflector, este la reenvía a sus otros clientes. Un Route Reflector y sus clientes forman un Cluster.

Cuando un Route Reflector reenvía actualizaciones se activa el atributo Originator-ID. Si el Route Reflector vuelve a recibir una actualización con su Originator-ID, la descartará, así evitará bucles.

---

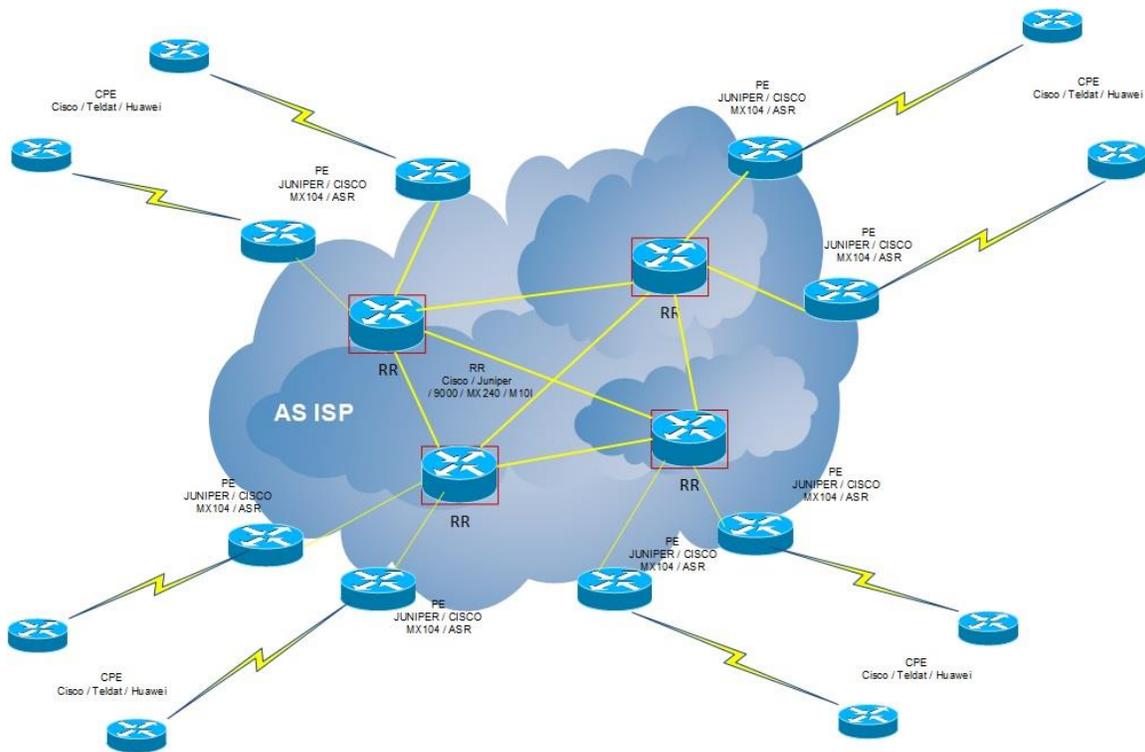
<sup>11</sup> E. Rosen, Callon y Viswanathan, BGP Route Reflection: An Alternative to Full Mesh Internal BGP (iBGP), IETF RFC 4456, Abril 2006.

Si existen múltiples Route Reflector se activará el atributo Cluster-ID, el cual también se utiliza para evitar bucles.

- Originator ID: esta es la ID del enrutador del originador de la ruta. Cuando una actualización de ruta se envía de vuelta a su creador en función de la regla anterior, ignora la actualización.
- Cluster List: esta es la lista de cluster que atravesó una actualización. Cuando un RR envía una ruta que recibió de un par cliente (client peer) a un par no cliente (non-client peer), agrega su ID de clúster local a la Lista de Grupos. Si el RR recibe una actualización de ruta con su propia ID de Clúster en la Lista de Grupos, la actualización se ignora

Cuando se añaden RR, los PE solo requerirán definir como vecino a cada RR, cualquier actualización será enviada hacia el RR. Estos serán los responsables de propagar la información recibida de un PE hacia los demás PE. Cada vez que un PE es agregado a la topología, debe ser añadido como vecino al RR, para habilitar las actualizaciones de entrada y salida.

Para hacer más factible el uso de RR en redes de muchos dispositivos es necesario dividir el dominio BGP en clúster, y asignar ciertos routers a cada clúster, de esta manera los dividimos en grupos y cada clúster o grupo tendrá su RR encargado. Esto lo podemos hacer asociando los routers BGP a un BGP peer group y los peer group a su RR respectivo, según la designación del administrador de red. (*Ver Anexo A. Ejemplo Configuración de Route Reflector*).



*Figura 2.6. Route Reflectors Internet Service Provider.*

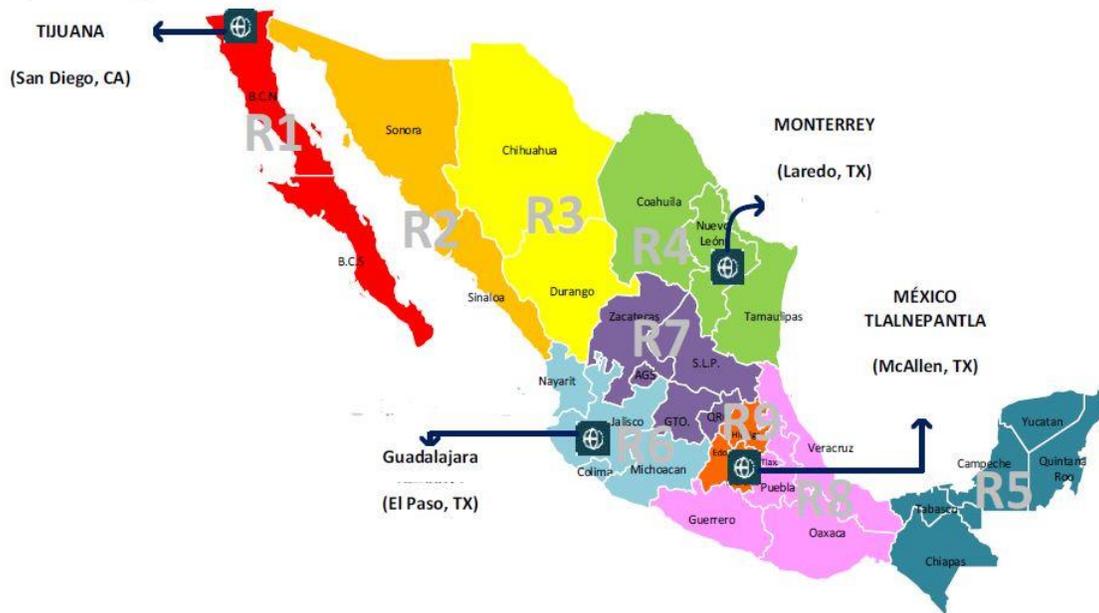
*Fuente: Creación Propia del Autor.*

### **2.5.2. Peer Groups (Grupos de Iguales)**

Es un conjunto de routers BGP que tienen las mismas políticas para sus actualizaciones de salida. En lugar de configurar las políticas en cada router individualmente, BGP Peer Groups le permite al administrador asignar las políticas que se van a aplicar a los routers a un peer group y luego solo agregar el router al Peer Group respectivo. Usar BGP Peers Groups, reduce la cantidad de procesamiento requerida en el router, usándolo para permitir a la tabla de enrutamiento ser revisada una sola vez y las actualizaciones ser transmitidas a todos los miembros del peer group en vez de hacerlo uno por uno, además que simplifica la configuración y se asocia al uso de route reflectors.

### **2.6. Desarrollo del proyecto Core IP**

Antes de iniciar con la implementación y provisión del servicio de alta capacidad (50 [Gbps]), para el operador de Telecomunicaciones en México, se tuvo que realizar un análisis de costos con respecto a cuál sería la mejor opción de las cuatro salidas internacionales de internet que se cuenta (Figura 2.6.), esto con la finalidad de que el proyecto fuera altamente rentable.



*Figura 2.7. Ubicación Salidas Internacionales de Internet.*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

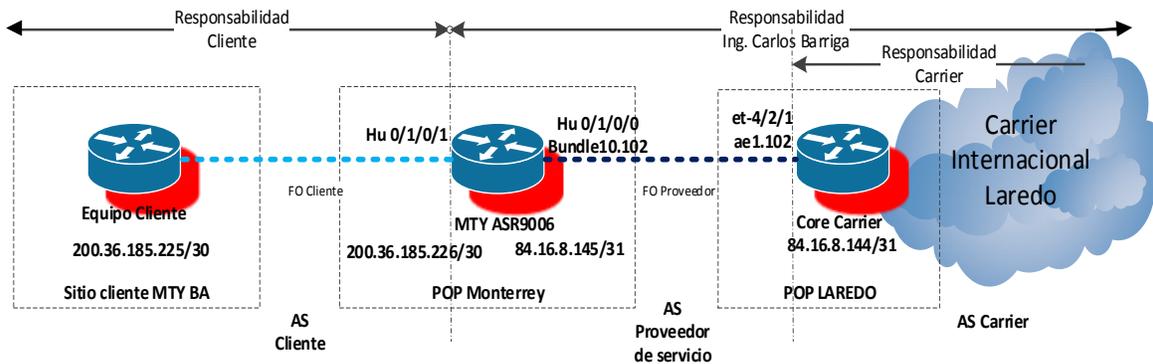
Para ejemplificar rápidamente, el análisis fue detallado con cuatro proveedores; se realizó un balance del costo, tomando en cuenta la capacidad contratada, el aumento de tráfico año con año, la disponibilidad para entrega el ancho de banda solicitado y por último los beneficios a largo plazo de reducir el precio de cada Megabits durante la vigencia del contrato. Sin embargo, el análisis de lo mencionado es confidencial por parte de la empresa y no es posible mostrarlo a nivel numérico.

Llegando así a la conclusión que la salida internacional de Internet sería por Laredo – Texas. Una vez definido lo anterior se procede con la realización de facilidades a nivel escritorio, en el cual se analiza y solicita al área de plata externa (área encargada dentro de la empresa de validar disponibilidad de infraestructura y capacidad en los enlaces de Fibra óptica), verificar si contamos con la infraestructura que soporte 50 [Gbps] y capacidad por Fibra óptica que de igual manera soporte el ancho de banda solicitado por el cliente, para entregar el servicio en donde el cliente va a co-ubicarse. A su vez se realiza la ingeniería a nivel red de datos, para tener el PE con las condiciones necesarias y entregar el servicio de internet de 50 [Gbps].

### **2.6.1. Diseño de red CORE IP**

Después de realizar el análisis de capacidad y scouting en los POP por donde se entregará el servicio, podemos dividir el proyecto en dos ramas; el primero sería el diseño CORE IP, el segundo sería el diseño y construcción de la transmisión por Fibra óptica.

En la Figura 2.7. se muestra la topología de red de datos, que describe a grandes rasgos la interconexión del POP con el Carrier Internacional en la sede de Laredo y la interconexión con el DWDM del cliente co-ubicado en Monterrey en nuestro POP, llevando el servicio por su Fibra óptica a su sitio Monterrey 1.



*Figura 2.8. Topología Core IP*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

### 2.6.2. Configuración IP detallada.

Como se ha mencionado anteriormente, la configuración para entregar el servicio de internet de 50 [Gbps], se adecuó a la homologación que se tiene en la red; de esta manera ejemplificaremos de manera concreta el script de configuración del equipo PE CISCO ASR9K, para levantar la vecindad de BGP con el Carrier y con el cliente.

En la Tabla 2.1. se muestra la configuración tipo del CORE IP para realizar la conectividad con el Carrier internacional en el puerto asignado por nuestra área administrativa de Red; es importante seguir la homologación y es por esa razón se configuró la VRF de Internet, para esto se nos asignó el route target y route distinguisher. El direccionamiento público tanto ipv4 como ipv6 que se configura en la interfaz y así como la vlan de servicio fue proporcionado por el Carrier.

Una vez configurada la interfaz, es necesario levantar la vecindad de BGP para compartir las rutas de nuestra salida de internet; se utiliza la IP del otro extremo del 306lice30 y se asocia con el sistema autónomo (AS), es necesario configurar un password en el protocolo en ambos extremos para que establezca la sesión. En este caso, se configuró ruteo estático que en este caso fue una ruta por default la cual nos permite enrutar el tráfico local hacia una red de destino que no concuerda con las direcciones de la tabla de enrutamiento.

*Tabla 2.1. Configuración conectividad Carrier Internacional*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

## Configuración conectividad Carrier Internacional

```

i
vrf INTERNET
address-family ipv4 unicast
import route-target
  1111:2222
i
export route-target
  1111:2222
i
i
address-family ipv6 unicast
import route-target
  1111:2222
i
export route-target
  1111:2222

j - - - Se crea la vrf llamada INTERNET
j - - - route-target 1111:2222
j - - - se importa y exporta tabla de ruteo de vrf INTERNET con los "rt"

i
interface HundredGigE0/1/0/0
description INTERNET|MTY|CARRIER_INTERNACIONAL
bundle id 10 mode active
i
i
interface Bundle-Ether10.102
bandwidth 100000000
mtu 9100
vrf INTERNET
ipv4 address 84.16.8.145 255.255.255.254
ipv6 address 2001:1498:1:ac0::2/64
encapsulation dot1q 102
i

j - - - Configuración de interfaz y sub interfaz asociada a bundle
j - - - Se debe asociar a la vrf INTERNET
j - - - Configuración de ipv4 e ipv6

i
router static
vrf INTERNET
address-family ipv4 unicast
  0.0.0.0/0 Bundle-Ether10.102 84.16.8.144
i
address-family ipv6 unicast
  ::/0 Bundle-Ether10.102 2001:1498:1:ac0::1
i

```

```
i
i
router bgp 1111
  bgp log neighbor changes detail
  address-family ipv4 unicast
```

```
i
vrf INTERNET
  rd 1111:2222
  default-information originate
  address-family ipv4 unicast
    label mode per-vrf
  redistribute connected
  redistribute static
```

```
i
address-family ipv6 unicast
  label mode per-vrf
  redistribute connected
  redistribute static
```

```
i
```

*¡ - - - Configuración BGP con AS 1111*

```
i
neighbor 84.16.8.144
remote-as "AS-CARRIER"
```

*¡ - - - Sistema Autónomo del Carrier internacional*

*¡ - - - Se establece el peering con el router "core CARRIER"*

```
password encrypted "xxxxxxx"
```

*¡ - - - Contraseña propuesta por el 32óllice32, autenticación con BGP ipv4*

```
address-family ipv4 unicast
  32óllice32-prefix 850000 85
  remove-private-AS
  soft-reconfiguration inbound
```

```
i
```

```
i
```

```
neighbor 2001:1498:1:ac0::1
remote-as "AS-CARRIER"
```

*¡ - - - Sistema Autónomo del Carrier internacional*

*¡ - - - Se establece el peering con el router "core CARRIER"*

```
password encrypted "zyxzyzyx"
```

*¡ - - - Contraseña propuesta por el 32óllice32, autenticación con BGP ipv4*

```
address-family ipv6 unicast
  soft-reconfiguration inbound
```

```
i
```

```
i
```

```
i
i
```

En la Tabla 2.2. se muestra la configuración tipo del CORE IP para realizar la conectividad con el Cliente en el puerto asignado por nuestra área administrativa de Red; es importante seguir la homologación y es por esa razón se configuró la VRF de Internet, para esto se nos asignó el route target y route distinguisher. El direccionamiento público ipv4 que se configura en la interfaz fue asignado de igual manera por nuestra área de Red, el servicio con el cliente no lleva vlan para practicidad de configuración en la transmisión y el cliente nos lo solicitó de esa manera.

Una vez configurada la interfaz, es necesario levantar la vecindad de BGP para compartir las rutas de internet al cliente; se utiliza la IP del otro extremo del cliente y se asocia con el sistema autónomo que ellos proporcionan, es necesario configurar un password en el protocolo en ambos extremos para que establezca la sesión.

*Tabla 2.2. Configuración conectividad cliente*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

#### Configuración conectividad Operador de Telecomunicaciones (cliente)

```
i
vrf INTERNET
address-family ipv4 unicast
import route-target
  1111:2222
i
export route-target
  1111:2222
i
i
address-family ipv6 unicast
import route-target
  1111:2222
i
export route-target
  1111:2222

j --- Se crea la vrf llamada INTERNET
j --- route-target 1111:2222
j --- se importa y exporta tabla de ruteo de vrf INTERNET con los "rt"
```

```
i
```

```
policy-map 50GB
```

```
class class-default
```

```
  police rate 51200000 kbps
```

```
  conform-action transmit
```

```
  exceed-action drop
```

```
!
```

```
!
```

```
end-policy-map
```

```
!
```

*;- - - Política de ancho de banda contratada por el cliente*

```
!
```

```
interface HundredGigE0/1/0/1
```

```
  description INTERNET|MTY|PROVEEDOR_TELCO
```

```
  bandwidth 50000000
```

```
  mtu 9100
```

```
  service-policy input 50GB
```

```
  service-policy output 50GB
```

*;- - - Se asocia policy de ancho de banda en input y output*

```
vrf INTERNET
```

```
  ipv4 address 200.36.185.226 255.255.255.252
```

```
!
```

*;- - - Configuración de interfaz*

*;- - - Se debe asociar a la vrf INTERNET*

```
!
```

```
router bgp 1111
```

```
  bgp log neighbor changes detail
```

```
  address-family ipv4 unicast
```

```
!
```

```
vrf INTERNET
```

```
  rd 1111:2222
```

```
  default-information originate
```

```
  address-family ipv4 unicast
```

```
    label mode per-vrf
```

```
  redistribute connected
```

```
  redistribute static
```

```
!
```

*;- - - Configuración BGP con AS 1111*

```
!
```

```
  neighbor 200.36.185.225
```

```
    remote-as "AS -CLIENTE" <-
```

*;- - - Sistema autónomo Cliente (operador telecomunicaciones)*

*;- - - Se establece el peering con el router "core CARRIER"*

```
  password encrypted xyxyxyxyxy <- Contraseña propuesta por el cliente, autenticación con BGP
```

```
address-family ipv4 unicast
default-originate
remove-private-AS
soft-reconfiguration inbound
```

```
i
```

```
i
```

```
i
```

## CAPÍTULO III

### DWDM COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN

---

Una vez hecho el análisis teórico para realizar la interconexión de proveedor local con el operador de Telecomunicaciones y el Carrier internacional a nivel Core IP, en este capítulo se describe cómo es que se logra la comunicación entre las sedes; es decir, el despliegue de infraestructura por el medio de transmisión que soporta la capacidad contratada por el cliente y la distancia entre los POP en los cuales se recibe el servicio.

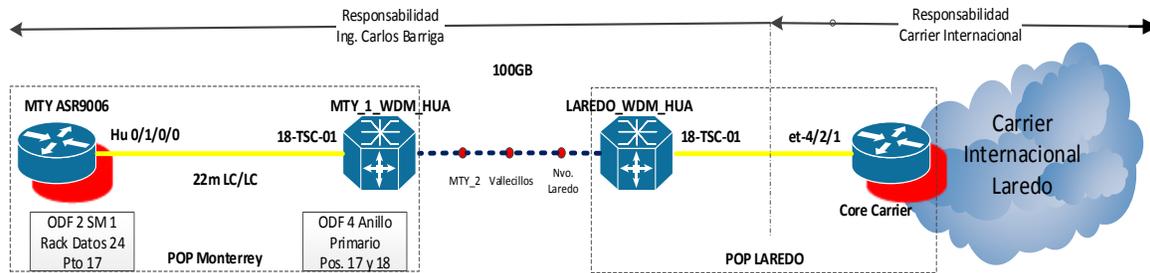
Además, se muestra la importancia de los conceptos que se adquieren en la Facultad de Ingeniería, para poder entender el funcionamiento de los medios de transmisión, ya sea por microondas, satélite o como fue en este proyecto por medio óptico.

### ***3.1. Desarrollo***

Una vez que se ha realizado el análisis de los POP en donde se va a entregar el servicio y la trayectoria a seguir, para realizar la conexión de las tres sedes mencionadas en el capítulo anterior; se solicitó la asignación de pares de fibra y posiciones en los equipos WDM con los que se cuenta en el anillo de fibra.

Para esto el área indicada nos comparte la información requerida para realizar las configuraciones desde el gestor de los equipos de tecnología óptica, pero antes de comenzar con ello, se envía a personal de la región para que valide los equipos y las tarjetas. Con la finalidad de tener en orden las posiciones asignadas y hacer levantamiento en el POP con el proveedor de los jumpers.

A continuación, se muestra el diagrama de las posiciones asignadas por parte de Core Acceso de la empresa, y la trayectoria que se debe seguir para interconectar Core Monterrey que es en donde se interconectará el cliente y Core Laredo que es en donde se tiene la interconexión con el Carrier internacional. (Figura 3.1.)



*Figura 3.1. Diagrama Tx Fibra Óptica (MTY-LAREDO)*  
 Fuente: Creación Propia del Autor.

En la figura 3.1. se puede observar una línea punteada con tres sitios diferentes (MTY 2, Vallecillos y Nuevo Laredo), que son los puntos intermedios que se asignaron para realizar la conexión de los POP ya mencionados; en el siguiente diagrama los explicaré con más detalle; se mostrarán los equipos y las tarjetas por las cuales se va a crear el circuito. (Figura 3.2.)

### **3.1.1 Asignación de equipamiento y trayectoria Tx (MTY\_1 – Laredo)**

El sistema de transporte óptico al estar basado en la plataforma OSN 8800 enhanced para la parte eléctrica o de servicios y en los OSN 6800 que hacen la parte de DWDM, se concluyó que es requerida una expansión de 100 [Gigas] con tarjetas NS4 (Decodificación Coherente) de Laredo a MTY\_1.

Por lo tanto, en los sitios de MTY\_1 y Laredo se realizará la instalación de repisas OSN (Intelligent Optical Transport) 8800 enhanced para proveer lambdas de 100 [Gbps] con sus respectivas interconexiones hacia la red DWDM existente.

Durante la etapa de asignación, el área de Core Acceso nos informa que las primeras frecuencias se encuentran ocupadas, con lambdas de 40 [Gigas] y las ultimas con lambdas de 10 [Gigas]; por lo que será necesario configurar la siguiente lambda en las frecuencias centrales asignadas para lambdas de 100 [Gigas], en este caso le configuraremos la lambda 194.0 [THz].

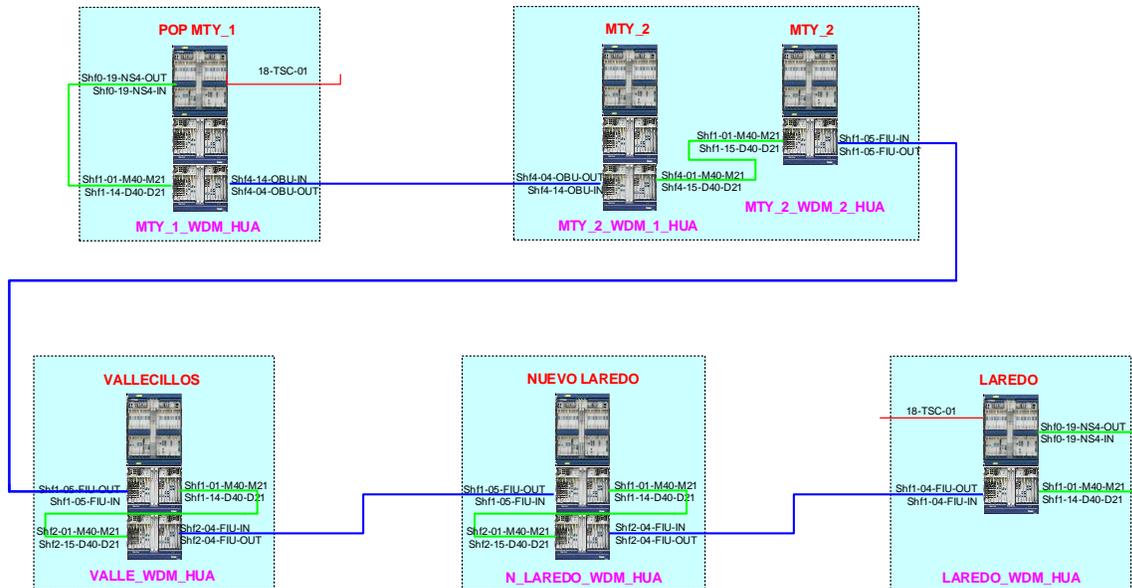


Figura 3.2. Topología F.O. MTY\_1 a Laredo.  
Fuente: Creación Propia del Autor.

Con respecto a cada POP, se dieron instrucciones específicas para realizar las cross-conexiones de las fibras en las tarjetas de cada equipo que se muestran en la figura 3.2. Es importante seguir las instrucciones que se dieron, ya que se realizan tanto conexiones físicas como configuraciones lógicas y si no se siguen las asignaciones en cada equipo se puede ver afectado cualquier otro servicio y por ende no entregar el servicio al cliente final.

Para este tipo de actividades se crean órdenes de trabajo controladas que se efectúan durante la madrugada, para evitar afectaciones en horas de alto flujo y poder actuar al instante. En cada tarea se asocia el equipo asignado con su nombre, la tarjeta y slot; es de suma importancia ser específicos con los trabajos, porque no se deja intervenir equipos que no estén englobados en estas tareas.

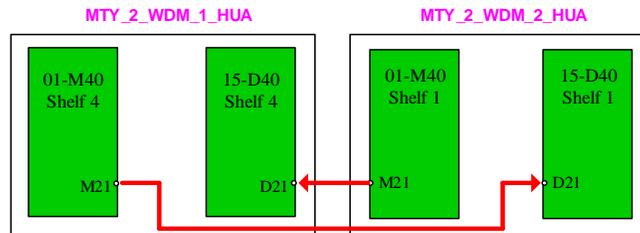
A continuación, se explican las interconexiones que se realizan en cada PoP.

**MTY\_1:** Interconexión de la nueva tarjeta NS4 del slot 19 repisa *MTY\_1\_WDM\_HUA*

Se instalarán un par de fibras ópticas de la tarjeta NS4 del slot 19 repisa *MTY\_1\_WDM\_HUA* hacia la tarjeta M40 y D40 del shelf 1 de OSN 6800 respectivamente.

OSN 8800 Shelf_0	OSN 6800 Shelf_2
19- NS4 Pto. OUT	01-M40 Pto.M21
19- NS4 Pto. IN	14-D40 Pto.D21

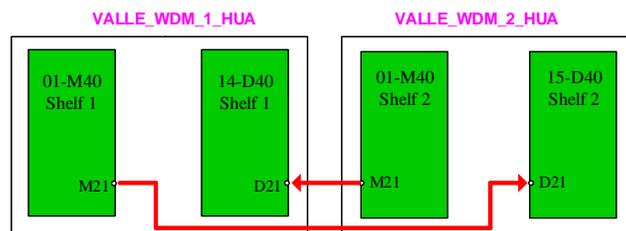
**MTY 2:** Conexión de fibras de las tarjetas D40 y M40 en el sitio de MTY\_2. (Figura 3.3.)



*Figura 3.3. Conexión fibras POP MTY\_2*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

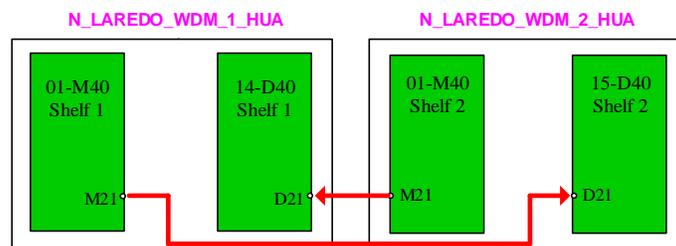
**Vallecillo:** Conexión de fibras de las tarjetas M40 y D40 en el sitio de Vallecillo. (Figura 3.4.)



*Figura 3.4. Conexión fibras sitio Vallecillo*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

**Nuevo Laredo:** Conexión de fibras de las tarjetas D40 y M40 en el sitio de Nuevo Laredo. (Figura 3.5.)



*Figura 3.5. Conexión fibras sitio Nuevo Laredo*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

**Laredo:** Interconexión de la nueva tarjeta NS4 del slot 19 repisa *LAREDO\_WDM\_HUA*

Se instalarán un par de fibras ópticas de la tarjeta NS4 del slot 19 repisa *LAREDO\_WDM\_HUA* hacia la tarjeta M40 y D40 del shelf 1 de la repisa OSN 6800.

OSN 8800 Shelf_0	OSN 6800 Shelf_1
<b>19- NS4</b> Pto. OUT	<b>01-M40</b> Pto.M21
<b>19- NS4</b> Pto. IN	<b>14-D40</b> Pto.D21

Al tener diseñada la trayectoria de la lambda de 100 [Gbps] desde nuestro POP al sitio en donde nos cross-conectamos con el Carrier internacional, se le solicita a este último realizar la conexión de la fibra óptica de su equipo Core, del puerto 4/2/1 con nuestra tarjeta 18-TSC-01 del equipo WDM de Laredo; siendo esta actividad responsabilidad del Carrier.

En nuestro sitio de MTY\_1 se realizó levantamiento de la trayectoria para conectar el equipo de Core de Datos (ASR9006) con el equipo de transmisión óptica (WDM), para ello se solicitó a proveedor de fibra realizar el análisis conforme a los estándares del POP, es decir, seguir las canaletas correctas, así como la bajada en ambos racks, el tipo de fibra y los conectores necesarios.

Para esta interconexión se dieron los siguientes comentarios; se requiere la instalación de un Jumper de F.O. Single Mode de 22 metros, dúplex. Del Rack de Datos #24 hacia la sala de transmisión ODF DWDM (Anillo primario), con conectores LC-FC donde en toda su trayectoria existe canaleta de F.O., así como bajada en ambos bastidores y/o racks.

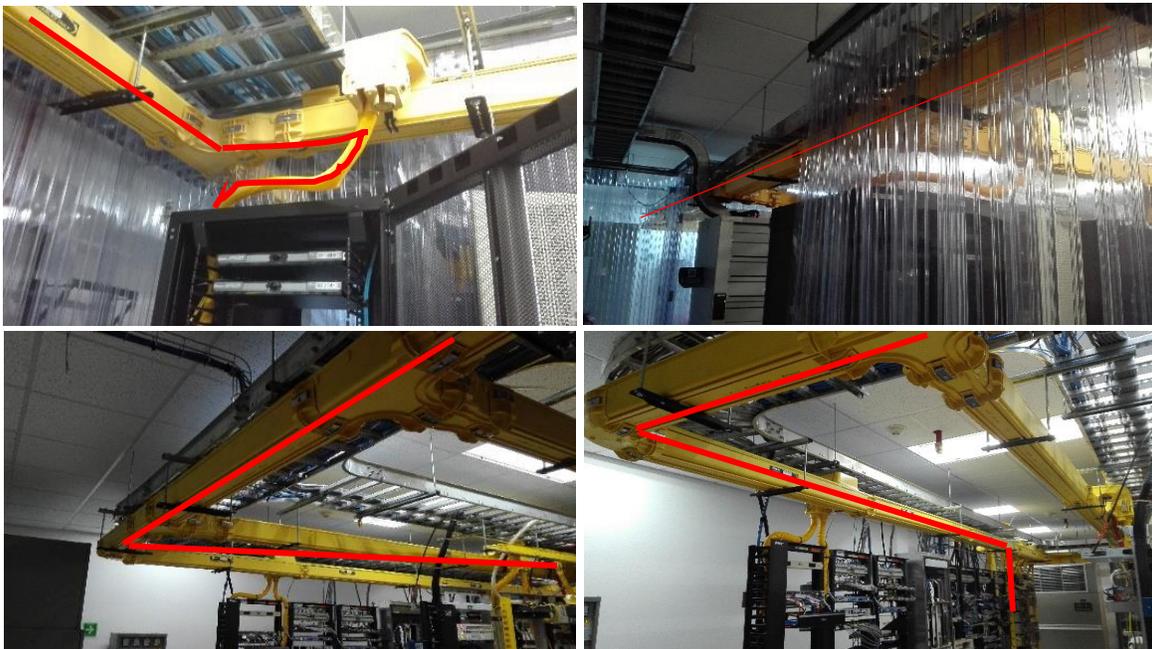
Los comentarios que nos da el proveedor que realizó el site survey deben seguirse, porque están basados en los estándares que la central marca y que el encargado del site quien hace el acompañamiento revisa. Se utiliza F.O. de color amarillo por estándar y los metros específicamente es la distancia por canaleta de fibra, los conectores que se mencionan deben ser los mismos al momento de la instalación pues sin ellos es imposible realizar la cross-conexión. Al existir bajada de la canaleta, ya no es necesario instalarla e incluirla en el material de instalación.



*Figura 3.6. Levantamiento Rack de Datos MTY ASR9006*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

En la figura 3.6. se muestra el rack de datos en el cual se encuentra instalado el CORE MTY ASR9006 en el cual llegarán las dos conexiones, tanto del Carrier como del cliente. Así mismo se muestra el tubo corrugado por donde salen los jumpers a la canaleta.



*Figura 3.7. Trayectoria F.O. Rack de Datos – Sala de Transmisión WDM.*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

En la figura 3.7. se observa la trayectoria que debe seguir el jumper desde la sala de Datos a la Sala de Transmisión por la canaleta, así como se muestra en la imagen.



*Figura 3.8. Sala de Transmisión MTY\_1\_WDM\_HUA.  
Fuente: Creación Propia del Autor.*

En la figura 3.8. se muestra el rack en donde se encuentra el WDM que nos interconecta con el Carrier en Laredo y se observa la bajada por la cual nuestro jumper llegará al bastidor.

### ***3.1.2. Equipamiento y co-ubicación de cliente en POP MTY\_1***

Nosotros como proveedores de servicios le ofrecemos al cliente un abanico basto de servicios, entre ellos se encuentra la co-ubicación; el cual consta de brindar las condiciones necesarias para la instalación de equipos y la conexión entre sus redes, en los edificios en donde alberga elementos de red, o en parcelas e inmuebles contiguos de su propiedad. Este servicio puede incluir la provisión de espacio y de recursos técnicos, acceso al punto de energía y climatización, así como ciertas condiciones de seguridad, de acondicionamiento y de operación.

En el caso del proyecto, el cliente se vio beneficiado con esta modalidad que ofrecemos, pues de esta manera no tuvo que realizar un gasto adicional al tener que construir un site con las condiciones especiales para el tipo de equipamiento que debe instalar para recibir la capacidad contratada, el equipo que adquirió fue un DWDM de la Marca CIENA, modelo Optical Multiservice Edge 6500, con 7 slots. (Figura 3.9.)



*Figura 3.9. DWDM Ciena 6500 7-Slots  
Fuente: (<https://www.ciena.com.mx/products/6500/>)*

### Características y Beneficios de CIENA OME 6500 7 Slots:

- Ofrece opciones de configuración de optimización de costos para el transporte eficiente de servicios flexibles en longitudes de onda de 2.5G a 200G a través de una amplia gama de paquetes de circuitos intercambiables. El cliente lo ve como un gran beneficio, hace su equipo muy escalable por si quiere aumentar su capacidad de ancho de banda y la compatibilidad de tecnología.
- Permite operaciones simplificadas y costos bajos de reposición a través de una flexibilidad de red integrada con la 6500 Family completa, con una carga de software, un sistema de gestión y tarjetas reutilizables a través de distintas repisas. Es importante siempre para el cliente tener la facilidad de actualizar su equipo y a bajo costo, además de diversificar su equipamiento con la misma gama.
- Aprovecha las opciones de alimentación de CA y CD para adaptarse perfectamente a distintos entornos de clientes. El cliente ve un gran beneficio de esto, debido a que hay sitios como las radio bases, en los cuales se tiene que instalar con corriente directa y este equipo le da la posibilidad de energizar en ambas.
- Es compatible tanto con la red de transporte óptica (OTN) como con las soluciones de conmutación de paquetes basadas en matriz central y muxponder, lo que permite configuraciones optimizadas en cuanto a costos para requisitos de conectividad de servicios específicos. La compatibilidad de tecnologías y además ofrece el uso más eficiente de los recursos de red al maximizar el relleno de cada longitud de onda con la capacidad de ajustar el ancho de banda requerido para cada servicio.
- Utiliza unidades de equipos comunes reemplazables en el campo, asegurando que no haya impacto en el servicio durante fallas para mejorar la disponibilidad de la red. El cliente buscaba una eficiencia en caso de falla de alguna tarjeta o hardware en general y este es un gran beneficio.

Es por esta razón que el cliente eligió este equipo para recibir el servicio de 50 [Gbps], por los múltiples beneficios y lo compatible con la solución entregada por nosotros.

La figura 3.10 muestra la topología con los equipos del cliente en conexión con nuestro core.

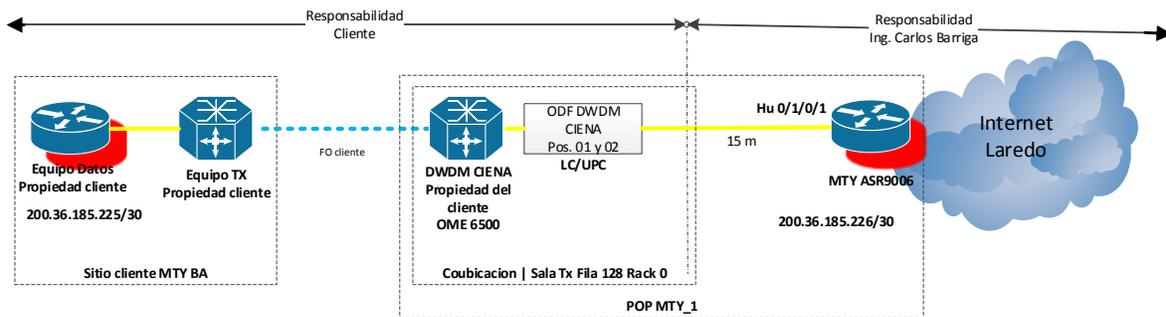


Figura 3.10. Diagrama Tx Fibra Óptica (MTY-CLIENTE).

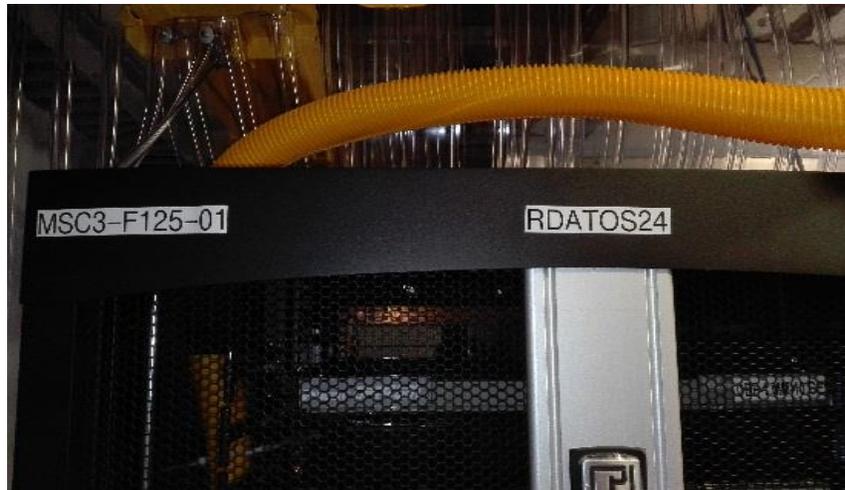
Fuente: Creación Propia del Autor.

Para conexión con el cliente, de la misma forma que en el otro puerto del router ASR9006 se realizó levantamiento de la trayectoria para conectar el equipo de Core de Datos, con la sala 4 de Transmisión en donde instalará su equipo el cliente (DWDM Ciena), para ello se solicitó a proveedor de fibra realizar el análisis conforme a los estándares del POP.

Los comentarios fueron los siguientes: se requiere la instalación de un jumper de F.O. single mode de 15 metros, dúplex. Del Rack de Datos #24 hacia Sala de Transmisión, Rack del cliente con conectores LC-LC donde en toda su trayectoria existe canaleta de F.O. También se requiere instalar una bajada express en posición Sala de Transmisión Rack del cliente, su spill-over con tapa, spillout cople 4x4 y su tubo corrugado 1.5 pulgadas.

Los comentarios que nos da el proveedor son mandatorios, porque están basados en los estándares que la central marca y que el encargado del Site quien realiza y valida el acompañamiento. Se utiliza F.O. de color amarillo por estándar y los metros específicamente es la distancia por canaleta de fibra, de una sala a otra. Los conectores que se mencionan deben ser los mismos al momento de la instalación pues sin ellos es imposible realizar la cross-conexión por los transceivers que se tienen en cada equipo.

En este caso como el rack del cliente se va a co-ubicar en la sala de transmisión, no existe la bajada de la canaleta hacia el bastidor; por lo tanto, se incluye en el material y es de suma importancia instalar esa guía para guiar los jumpers, evitando daños posteriores y tener un control en próximas instalaciones de fibras.



*Figura 3.11. Rack de Datos*  
*Fuente: Creación Propia del Autor.*

En la figura 3.11. se muestra el rack de datos en el cual se encuentra instalado el CORE MTY ASR9006 en el cual llegará el jumper que nos conectará con el DWDM Ciena del cliente. Así mismo, se muestra el tubo corrugado por donde saldrá el jumper a la canaleta.



*Figura 3.12. Trayectoria F.O. Rack de Datos – Sala de Transmisión Rack Cliente.*  
*Fuente: Creación Propia del Autor.*

En la figura 3.12. observa la trayectoria que debe seguir el jumper desde la sala de Datos a la Sala de Transmisión por la canaleta, así como se muestra el sitio donde será instalado el rack del cliente y donde estará montado el equipo DWDM, como nos comentó el proveedor no existe bajada para la fibra y con esto validamos que la información es correcta.

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO FINAL DE RED, PRUEBAS Y RESULTADOS**

---

En este capítulo se mostrará el diseño de la red final, incluyendo ambas conexiones (Carrier Internacional y con el Operador de Telecomunicaciones). Así como las pruebas de conectividad y los resultados que nos arrojaron, antes de entregar el servicio de internet de 50 [Gbps].

#### 4.1. Instalación de Jumpers y pruebas en POP MTY\_1

Al tener el reporte de levantamientos en el POP MTY\_1 se procedió con la instalación de las fibras de 22 [m] y 15 [m] respectivamente (Figura 4.1.), para realizar las cross-conexiones de los equipos mencionados en el capítulo III.



Figura 4.1. Fibras Ópticas 22 [m] FC-LC y 15 [m] LC-LC  
Fuente: Creación Propia del Autor.

Para realizar estas actividades es necesario crear ordenes de trabajo controladas por diferentes áreas encargadas de supervisar el tendido de fibra, de configurar tanto los equipos de red de datos, así como los equipos de red de transmisión. Además, se debe tener una planeación con el Carrier internacional para realizar pruebas de conectividad y lo mismo con el cliente; esto con la finalidad de tener un panorama de ambos lados, ya que los equipos no son administrados por nosotros.



Figura 4.2. Instalación de Dos Fibras ópticas en Rack de Datos 24.  
Fuente: Creación Propia del Autor.

Se realiza el tendido de las fibras a la sala de transmisión, el primer jumper se conecta a las posiciones ODF Anillo Primario puertos 17 y 18. (Figura 4.3.) (Figura 4.4.). La cross-conexión de la fibra se realiza a las posiciones asignadas por el área de red y se tiene que validar que se haya seguido la trayectoria adecuada, Así como ser conectada en el puerto adecuado del CORE y del equipo WDM, para validar que enciendan y reciban niveles de potencia de lado del Carrier.



*Figura 4.3. Tendido de jumper por canaleta asignada.*  
Fuente: Creación Propia del Autor.



*Figura 4.4. Bajada de Fibra en ODF Anillo Primario Puerto 17 y 18 (WDM).*  
Fuente: Creación Propia del Autor.

El segundo jumper de 15 [m] se instala en el rack del cliente, que será conectado por ellos en el equipo Ciena OME 6500 – 7 Slots. El cliente tiene que realizar su cross-conexión del jumper, ya que el equipo DWDM le pertenece y de nuestro lado se deja conectado en el equipo ASR9006 para que se reciban niveles una vez que el cliente conecte el jumper a su puerto. (Figura 4.5)



*Figura 4.5. Instalación de Fibra Óptica en Rack del Cliente.*  
Fuente: Creación Propia del Autor.

El cliente, instalo el rack con las condiciones necesarias para ahí montar su equipo DWDM y recibir el servicio de internet de 50 [Gbps]. (Figura 4.6)



*Figura 4.6. Sala Transmisión, Rack de Cliente.*  
Fuente: Creación Propia del Autor.

El jumper se deja en la parte superior del rack, ya que el equipo es montado por el cliente y será cross-conectado por ellos. (Figura 4.7.)



*Figura 4.7. Fibra Óptica en Rack del Cliente.*  
Fuente: Creación Propia del Autor.

Al realizar las cross-conexiones ya mencionadas, se revisa que los puertos del equipo MTY ASR9006 no se encuentre alarmado y que esté en los niveles de potencia adecuados, en el proyecto no fue necesario utilizar atenuadores en la fibra, la potencia fue dentro del rango de funcionamiento.

Tanto en la Figura 4.8. y la Figura 4.9. se muestra los comandos de CORE ASR9006 para ver los niveles de potencia óptica en ambos puertos, tanto conexión con Carrier como con Cliente, se encuentren entre los -4 [dBm] y los -10 [dBm] y no se generen alarmas de alta potencia.

Con el siguiente comando por medio de Consola del equipo ASR9006, se muestra el nivel de potencia óptica en [dBm] la conexión con el Carrier Internacional. (Figura 4.8.)

- **MTY ASR9006# sh controllers hundredGigE0/1/0/0 phy | i dBm**

```

Transmit Power: 5.62000 mw (7.49736 dBm) 2.81000 mw (4.48706 dBm) 0.37000 mw (-4.31798 dBm)
Receive Power: 2.80000 mw (4.47158 dBm) 2.00000 mw (3.01030 dBm) 0.10000 mw (-10.00000 dBm)
0 +45.632 C 69.910 mAmps 0.75180 mw (-1.23898 dBm) 0.84380 mw (-0.73760 dBm)
1 +45.632 C 62.552 mAmps 0.74440 mw (-1.28194 dBm) 0.77240 mw (-1.12158 dBm)
2 +45.632 C 62.300 mAmps 0.66660 mw (-1.76135 dBm) 0.63310 mw (-1.98528 dBm)
3 +45.632 C 65.072 mAmps 0.73730 mw (-1.32356 dBm) 0.79800 mw (-0.97997 dBm)

```

*Figura 4.8. Potencia de operación en [dBm], conexión Carrier Internacional.*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

Con el siguiente comando por medio de Consola del equipo ASR9006, se muestra el nivel de potencia óptica en [dBm] la conexión con el DWDM del cliente. (Figura 4.9.)

- **MTY ASR9006# sh controllers hundredGigE0/1/0/1 phy | i dBm**

```

Transmit Power: 5.62000 mw (7.49736 dBm) 2.81000 mw (4.48706 dBm) 0.37000 mw (-4.31798 dBm)
Receive Power: 2.80000 mw (4.47158 dBm) 2.00000 mw (3.01030 dBm) 0.10000 mw (-10.00000 dBm)
0 +57.519 C 74.428 mAmps 0.73100 mw (-1.36083 dBm) 1.57030 mw (1.95983 dBm)
1 +57.519 C 72.104 mAmps 0.71830 mw (-1.43694 dBm) 1.31430 mw (1.18695 dBm)
2 +57.519 C 73.752 mAmps 0.69990 mw (-1.54964 dBm) 1.93380 mw (2.86412 dBm)
3 +57.519 C 85.186 mAmps 0.71640 mw (-1.44844 dBm) 1.69760 mw (2.29835 dBm)

```

*Figura 4.9. Potencia de Operación [dBm], conexión con DWDM Ciena 6500.*

*Fuente: Creación Propia del Autor.*

En la tarjeta A9K-8X100GE-CM (Figura 4.10.), que es el módulo que se tuvo que insertar en el equipo ASR9006 para poder operar el servicio de 50 [Gbps], se instalaron dos transceivers del siguiente modelo CPAK 100GBASE-LR4 (Figura 4.10.). Y con respecto al datasheet de estos dispositivos, podemos corroborar que los niveles de potencia son los adecuados.



Figura 4.10. Módulo A9K-8X100GE-CM y Transceiver CPAK 100GBASE-LR4<sup>12</sup>

Fuente: (www.cisco.com)

En la Tabla 4.1. se proporcionan las especificaciones de cableado para los módulos Cisco CPAK y el transceiver que se utilizó para iluminar la fibra fue del modelo LR4. Es importante porque cumple con la longitud de onda, el tipo de fibra óptica y la distancia máxima del jumper.

Cisco CPAK Module	Wavelength (nm)	Cable Type	Core Size (Microns)	Modal Bandwidth (MHz·km)	Cable Distance
<b>CPAK 100GBASE-LR4</b>	1310	SMF	9-micron core SMF per G.652	-	10 km
<b>CPAK 100GBASE-SR10</b>	850	MMF	50.0 50.0	2000 (OM3) 4700 (OM4)	100m 150m

Tabla 4.1. Especificaciones del cableado del puerto CPAK<sup>13</sup>

Fuente: Datasheet Cisco CPAK 100GBASE Modules, www.cisco.com

En la Tabla 4.2 se muestra las características ópticas principales para los módulos Cisco CPAK 100GBASE, se utiliza el módulo LR4 que además de cumplir con las especificaciones del cableado, también cumple con potencia de transmisión y recepción que soporta el equipo DWDM y está dentro del rango de trabajo en decibeles. Lo cual se complementa con las figuras 4.8. y 4.9. en donde se observa que están trabajando dentro del rango mínimo y máximo.

Module	Type	Transmit Power (dBm)		Receive Power (dBm)		Transmit and Receive Center Wavelength Range (nm)
		Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	
<b>CPAK 100GBASE-LR4</b>	100GBASE-LR4 1310 nm SMF	4.5 per lane	-4.3 per lane	4.5 per lane	-10.6 per lane	Four lanes: 1294.53 to 1296.59 1299.02 to 1301.09 1303.54 to 1305.63 1308.09 to 1310.19
<b>CPAK 100GBASE-SR10</b>	100GBASE-SR10 850 nm MMF	-1.0 per lane	-7.6 per lane	2.4 per lane	-9.5 per lane	Ten lanes: 850 to 860 nm

Tabla 4.2. Especificaciones Optical Transmit and Receive<sup>14</sup>

Fuente: Datasheet Cisco CPAK 100GBASE Modules, www.cisco.com

<sup>12</sup> www.cisco.com

<sup>13</sup> Datasheet Cisco CPAK 100GBASE Modules, www.cisco.com

<sup>14</sup> Datasheet Cisco CPAK 100GBASE Modules, www.cisco.com

#### 4.2. BGP establecido con los Vecinos (Cliente y Carrier)

Como pruebas finales e integración del servicio de internet a nivel Core IP, se realizaron pruebas de conectividad tanto por ping, como verificar que la sesión de BGP estuviera establecida; sin ello no podríamos tener el esquema de ruteo completo con el cliente, no conocería nuestras redes y por ende tampoco las de Carrier Internacional como salida a Internet.

En la figura 4.11. se muestra el comando utilizado para obtener el detalle de la sesión BGP con el cliente, así mismo nos despliega el estado del protocolo BGP y el tiempo que lleva la sesión establecida con el cliente.

El comando siguiente se utilizó para obtener el detalle de la sesión BGP con el router del cliente.

- **MTY ASR9006#sh bgp vrf VPNINTERNET ipv4 unicast neighbors 200.36.185.225 detail**

```

Remote router IP: 200.36.185.225
BGP state: Established, up for 19:56:12
NSR State: NSR Ready
Last read 00:00:12, Last read before reset 1d00h
Hold time is 90, keepalive interval is 30 seconds
Configured hold time: 180, keepalive: 60, min acceptable hold time: 3
Last write 00:00:01, attempted 31, written 31
Second last write 00:00:02, attempted 87, written 87
Last write before reset 1d00h, attempted 59, written 59
Second last write before reset 1d00h, attempted 59, written 59
Last write pulse rcvd Sep 13 20:15:09.530 last full Sep 13 00:19:40.936 pulse count 2166745
Last write pulse rcvd before reset 1d00h
Socket not armed for io, armed for read, armed for write
Last write thread event before reset 1d00h, second last 1d00h
Last KA expiry before reset 00:00:00, second last 00:00:00
Last KA error before reset 00:00:00, KA not sent 00:00:00
Last KA start before reset 1d00h, second last 1d00h
Precedence: internet
Non-stop routing is enabled
Entered Neighbor NSR TCP mode:
  TCP Initial Sync : Sep 13 00:18:58.688
  TCP Initial Sync Phase Two : Sep 13 00:19:01.696
  TCP Initial Sync Done : Sep 13 00:19:02.700
Enforcing first AS is enabled
Multi-protocol capability received
Neighbor capabilities: Adv Rcvd
  Route refresh: Yes Yes
  4-byte AS: Yes Yes
  Address Family IPv4 Unicast: Yes Yes
Message stats:
  Inq depth: 0, outq depth: 0
  Last_Sent Sent Last_Rcvd Rcvd
  Open: Sep 13 00:18:58.687 3 Sep 13 00:18:58.687 3
  Notification: Sep 12 19:53:51.097 1 --- 0
  Update: Sep 13 20:15:09.528 4260103 Sep 13 00:19:31.074 4
  Keepalive: Sep 13 00:19:42.523 17 Sep 13 20:14:58.667 62156
  Route_Refresh: --- 0 --- 0
  Total: 4260124 62163
Minimum time between advertisement runs is 0 secs
Inbound message logging enabled, 3 messages buffered
Outbound message logging enabled, 3 messages buffered

```

Figura 4.11. Sesión de BGP establecida con el cliente.

Fuente: Creación Propia del Autor

En la figura 4.12. se muestra el comando utilizado para obtener el detalle de la sesión BGP con el Carrier, así mismo nos despliega el estado del protocolo BGP y el tiempo que lleva la sesión establecida con el cliente.

El comando siguiente se utilizó para obtener el detalle de la sesión BGP con el Carrier Internacional.

- **MTY ASR9006#sh bgp vrf VPNINTERNET ipv4 unicast neighbors 84.16.8.144 detail**

```

Remote router ID 213.140.23.222
BGP state - Established, up for 1w0d
NSR State: NSR Ready
Last read 00:00:00, Last read before reset 1w0d
Hold time is 90, keepalive interval is 30 seconds
Configured hold time: 180, keepalive: 60, min acceptable hold time: 3
Last write 00:00:14, attempted 19, written 19
Second last write 00:00:44, attempted 19, written 19
Last write before reset 1w0d, attempted 23, written 23
Second last write before reset 1w0d, attempted 1446, written 1446
Last write pulse rcvd Sep 13 20:29:18.630 last full not set pulse count 2210869
Last write pulse rcvd before reset 1w0d
Socket not armed for io, armed for read, armed for write
Last write thread event before reset 1w0d, second last 1w0d
Last KA expiry before reset 00:00:00, second last 00:00:00
Last KA error before reset 00:00:00, KA not sent 00:00:00
Last KA start before reset 1w0d, second last 00:00:00
Precedence: internet
Non-stop routing is enabled
Entered Neighbor NSR TCP mode:
  TCP Initial Sync : Sep 5 23:25:30.093
  TCP Initial Sync Phase Two : Sep 5 23:25:32.651
  TCP Initial Sync Done : Sep 5 23:25:32.957
Enforcing first AS is enabled
Multi-protocol capability received
Neighbor capabilities: Adv Rcvd
Route refresh: Yes Yes
4-byte AS: Yes Yes
Address family IPv4 Unicast: Yes Yes
Message stats:
Inq depth: 0, outq depth: 0
      Last_Sent      Sent      Last_Rcvd      Rcvd
Open: Sep 5 23:25:30.046 11 Sep 5 23:25:30.046 11
Notification: --- 0 --- 0
Update: Sep 13 00:19:31.089 324 Sep 13 20:29:18.630 4470037
Keepalive: Sep 13 20:29:04.485 62692 Sep 13 20:29:09.313 66394
Route_Refresh: --- 0 --- 0
Total: 63027 4536442
Minimum time between advertisement runs is 0 secs
Inbound message logging enabled, 3 messages buffered
Outbound message logging enabled, 3 messages buffered

```

Figura 4.12. Sesión de BGP establecida con Carrier Internacional.

Fuente: Creación Propia del Autor

### 4.3. Prueba de Tx Óptica y Diseño Final de Red

Para finalizar, se tiene que realizar una prueba de RFC 2544 en el medio óptico; se utiliza para verificar que los Acuerdos de Nivel de Servicio se están cumpliendo, nosotros como proveedor de servicios ejecutamos pruebas estándar, conocidas como RFC 2544, se encuentra en el SmartClass Ethernet como una prueba automática de fácil uso. El JDSU SmartClass Ethernet viene de fábrica con una conexión eléctrica RJ-45, con una tasa de línea que llega hasta velocidades de 1 Gigabit. Opcionalmente, la unidad cuenta con un puerto SFP totalmente funcional capaz de generar tráfico

Ethernet a la velocidad de la interfase óptica; con esto el SmartClass Ethernet puede soportar interfaces SX, LX, ZX a 1000 [Mbit/s], que son compatibles con los diferentes módulos ópticos.

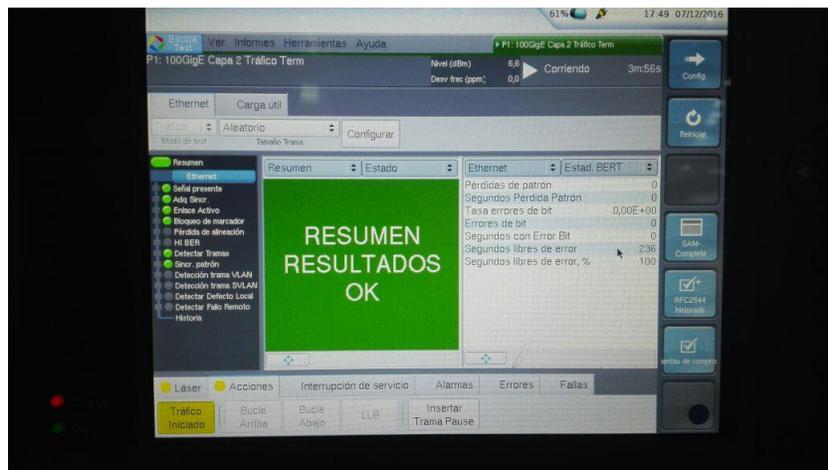
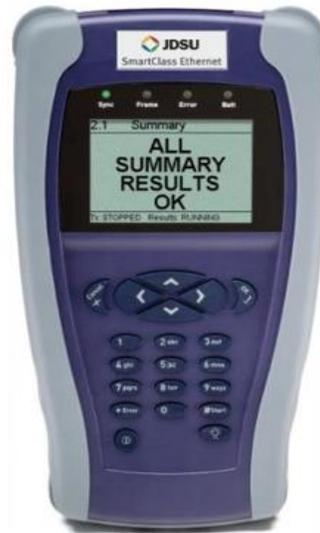
En la Tabla 4.3. se ejemplifican las características de las diferentes interfaces ethernet que soporta el equipo JDSU y porque es de gran utilidad para realizar las pruebas de medio, sin importar con que tipo de fibra o cable se trabaje.

Ethernet Type	Medio de Transmisión	Distancia de Transmisión
<b>1000BASE-SX</b> (850 nm laser)	MMF	275 [m]
	SMF	550 [m]
<b>1000BASE-LX</b> (1310 nm laser)	MMF	550 [m]
	SMF	10 [km] (5 [km] de distancia por estándar)
<b>1000BASE-ZX</b> (1550 nm laser)	SMF	70 [km]

*Tabla 4.3. Estándares comunes de la capa física de Ethernet.*

*Fuente: Creación Propia del Autor*

Se realiza la prueba con dos equipos JDSU, uno en cada extremo del circuito óptico y se prueba configurando los equipos con las IPs del servicio. En la Figura 4.13. se ilustra primero el equipo JDSU de forma física utilizado para la prueba de saturación del medio y comprobar que el ancho de banda contratado por el cliente se está cumpliendo, Así mismo, se muestra la pantalla en donde la prueba ha sido finalizada y nos arroja el resumen de resultados de manera correcta, cumpliendo con los 50 Gbps contratados por el operador de telecomunicaciones en México.



*Figura 4.13. JDSU SmartClass y prueba RFC Exitosa.  
Fuente: Creación Propia del Autor*

Para finalizar, en la figura 4.14. se plasma el diagrama completo de la topología de red desde el equipo del cliente en el Core de Monterrey, hasta la salida a internet con el Carrier Internacional en el Core de Laredo; el diagrama integra tanto la Red de Transporte Óptico y la Red de Datos, que ha sido lo que se ha desarrollado a través de los cuatro capítulos del informe de actividad profesional. En la empresa es importante tener el diagrama de red, ya que el área de soporte tendrá una idea general de cómo está la conectividad de este servicio y en caso de incidencia saber cómo atacarlo y resolverlo lo antes posible.



### Operador de Telecomunicaciones | 50 [Gbps] Internet MTY (interfaz 100G) | Salida Laredo

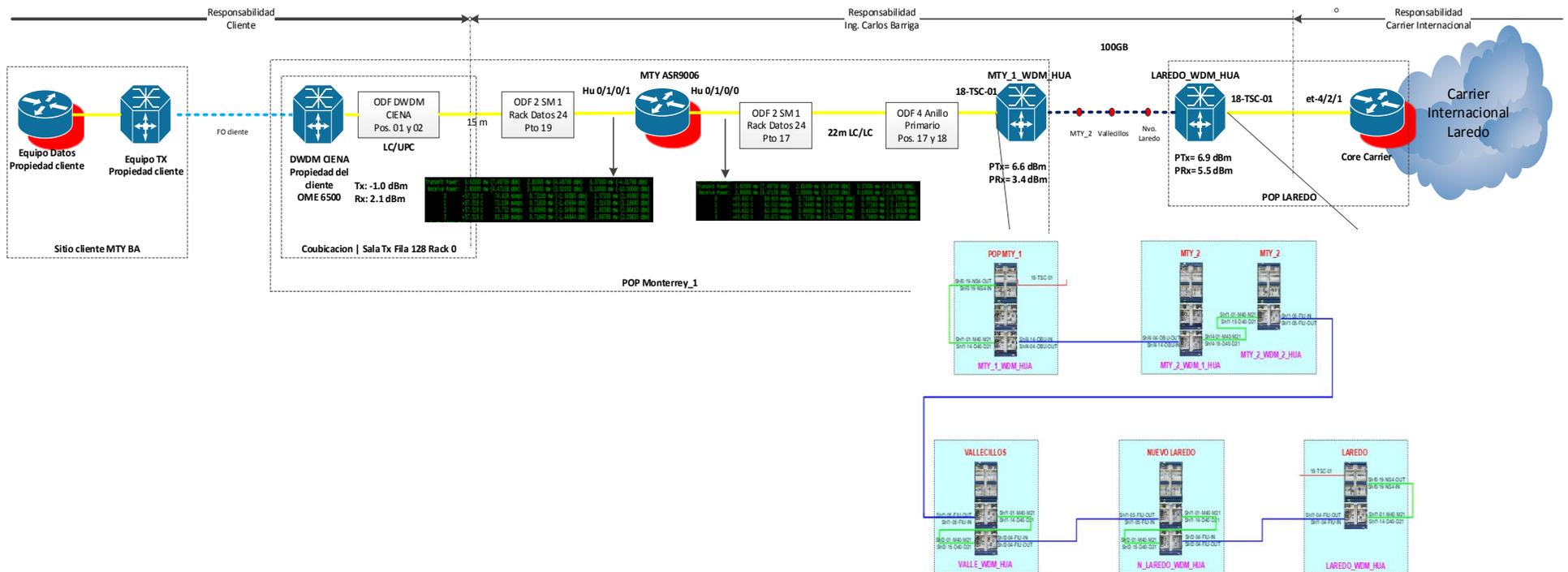


Figura 4.14. Diseño de Red Final.  
Fuente: Creación Propia del Au

---

## CONCLUSIONES

La integración del servicio de Alta Capacidad de Internet se completó en el tiempo estipulado por contrato con la Telco, los trabajos tuvieron dos grandes vertientes; una la conexión que se tuvo con el Carrier Internacional y otra con el cliente final.

- Se realiza el tendido de las fibras en el sitio donde se encuentran los equipos de transmisión y de Core, así como el equipo del cliente en donde recibirá el servicio de alta capacidad.
- Se realiza la configuración de los equipos de medio de transmisión (DWDM) y la configuración de los equipos de Core IP, tanto para la interconexión con el Carrier internacional y con el operador de telecomunicaciones.
- La coordinación fue fundamental durante el desarrollo e implementación del proyecto, debido a que nuestra tarea era la interconexión con ambas partes (Cliente y Carrier Internacional); es de suma importancia tener todo el diseño claro y una excelente comunicación con el personal de cada extremo.

Los conocimientos que se adquieren durante la carrera han sido de suma importancia para el desarrollo del proyecto y de todos los proyectos que tengan que ver con el sector de telecomunicaciones.

- Al realizar el diseño de la red de transmisión óptica, los conocimientos de la carrera se convierten en una parte fundamental para entender la elección de la tecnología y los métodos de transmisión que soportan la cantidad de ancho de banda.
- Mis conocimientos obtenidos durante la carrera en el módulo de salida de redes, me dio una ventaja para obtener la certificación en ese sector; de esta manera poder diseñar y entender los protocolos que ayudarían a la solución de core IP.

Como ingeniero uno siempre debe tener claro el alcance del proyecto y el alcance de cada persona que participa dentro de la empresa, esto con la finalidad de realizar un trabajo sin contra tiempos y de la manera más fluida posible; ya que se trabaja en entornos de red productivos y esto puede traer problemas a la misma empresa.

- La formación como ingeniero me ha enseñado que se deben dar soluciones siempre fundamentadas en el conocimiento adquirido, que sean de gran ayuda para los clientes y que estas sean sumamente innovadoras.
- Este proyecto me ha dejado un aprendizaje enorme, tanto a nivel profesional, como a nivel persona. He podido conocer a colaboradores de otras áreas, poder trabajar con proveedores

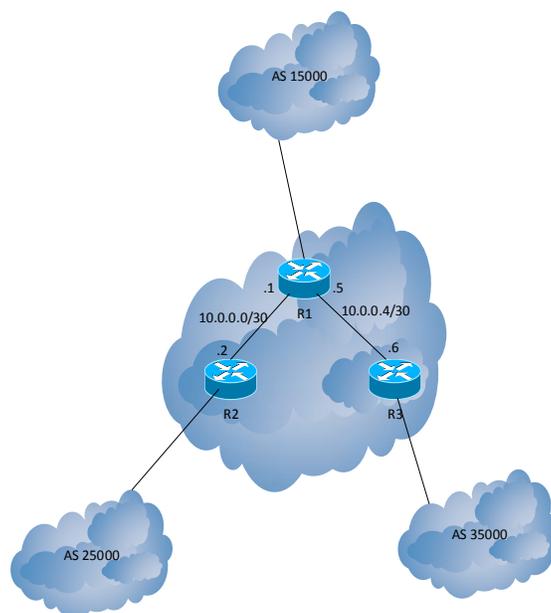
externos, entender más de los aspectos técnicos de la red de la empresa y por ende posicionarme dentro del área.

A lo largo de estos casi tres años en la empresa estuve encargado de diferentes tareas, las cuales me permitieron relacionarme con áreas de TI, Marketing, Infraestructura de Red e inmobiliario, áreas de seguridad y sistemas; esto me ayudó en gran medida para entender más del negocio de las telecomunicaciones, a incrementar mis conocimientos adquiridos durante la carrera, la relación con trabajos de equipos grandes y fortaleciendo mi desarrollo como líder de proyecto en redes de datos.

## ANEXO

### Anexo A. Ejemplo configuración Route Reflector.

En el siguiente ejemplo vemos que R1, R2 y R3 están usando iBGP para comunicarse, pero entre R2 y R3 no hay conexión directa, luego las rutas que aprenda o publique R3 nunca llegarán a R2 y viceversa.



Después de configurar todas las IP's de todas las interfaces tenemos que configurar un IGP que no sea iBGP porque si una ruta por iBGP no están respaldadas por un IGP no serán marcadas como válidas

```
R1#
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 10.0.0.0 0.0.0.3 area 0
network 10.0.0.4 0.0.0.3 area 0
network 10.0.0.8 0.0.0.3 area 0
```

```
R2#
router ospf 1
network 10.0.0.0 0.0.0.3 area 0
network 10.0.0.12 0.0.0.3 area 0
```

```
R3#
router ospf 1
network 10.0.0.4 0.0.0.3 area 0
network 10.0.0.16 0.0.0.3 area 0
```

*!---- Una vez tenemos ospf funcionando y comprobado establecemos las relaciones eBGP e iBGP*

```
R1#show ip ospf neighbor
Neighbor ID  Pri  State      Dead Time  Address    Interface
10.0.0.17   1  FULL/DR    00:00:36  10.0.0.6   FastEthernet1/0
10.0.0.13   1  FULL/DR    00:00:30  10.0.0.2   FastEthernet0/0
```

```
R1#
router bgp 65000
no synchronization !----- me ahorro el problema de la sincronización
bgp log-neighbor-changes
neighbor 10.0.0.2 remote-as 65000 !----- iBGP
neighbor 10.0.0.6 remote-as 65000 !----- iBGP
neighbor 10.0.0.10 remote-as 15000 !----- eBGP
no auto-summary
```

```
R2#
router bgp 65000
no synchronization
bgp log-neighbor-changes
neighbor 10.0.0.1 remote-as 65000 !----- iBGP
neighbor 10.0.0.14 remote-as 25000 !----- eBGP
no auto-summary
```

```
R3#
router bgp 65000
no synchronization
bgp log-neighbor-changes
neighbor 10.0.0.5 remote-as 65000 !----- iBGP
neighbor 10.0.0.18 remote-as 35000 !----- eBGP
no auto-summary
```

*!---- Vemos que los peers están conectados y recibiendo actualizaciones*

```
R1#show ip bgp summary
Neighbor    V  AS  MsgRcvd  MsgSent  TblVer  InQ  OutQ  Up/Down  State/PfxRcd
10.0.0.2    4 65000    19      23    19  0  0 00:02:51    2
10.0.0.6    4 65000    19      23    19  0  0 00:02:39    2
10.0.0.10   4 15000    12      18    19  0  0 00:02:30    2
```

*!---- Ahora bien, R2 tendrá los updates de su peer eBGP, de R1 y del peer eBGP de R1.*

*!---- R3 tendrá los updates de su peer eBGP, de R1 y del peer eBGP de R1.*

*!---- Pero entre R2 y R3 no habrá intercambio de rutas*

```
R1#show ip bgp
Network      Next Hop      Metric LocPrf Weight Path
*> 172.16.0.0  10.0.0.10      0      0 15000 i
*> 172.17.0.0  10.0.0.10      0      0 15000 i
*>i172.18.0.0  10.0.0.14      0 100   0 25000 i
*>i172.19.0.0  10.0.0.14      0 100   0 25000 i
*>i172.20.0.0  10.0.0.18      0 100   0 35000 i
*>i172.21.0.0  10.0.0.18      0 100   0 35000 i
```

```
R2#show ip bgp
Network      Next Hop      Metric LocPrf Weight Path
*>i172.16.0.0  10.0.0.10      0 100   0 15000 i
```

```
*>i172.17.0.0 10.0.0.10 0 100 0 15000 i
*> 172.18.0.0 10.0.0.14 0 0 25000 i
*> 172.19.0.0 10.0.0.14 0 0 25000 i
```

Aquí faltan 2 rutas aprendidas por iBGP

R3#show ip bgp summary

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>i172.16.0.0	10.0.0.10	0	100	0	15000 i
*>i172.17.0.0	10.0.0.10	0	100	0	15000 i
*> 172.20.0.0	10.0.0.18	0		0	35000 i
*> 172.21.0.0	10.0.0.18	0		0	35000 i

Aquí lo mismo que con R2

*!---- Para que haya comunicación iBGP entre R2 y R3 hay que configurarlos como clientes route reflectors. Para ello nos vamos al router que conecta a ellos dos.*

R1#

```
router bgp 65000
 neighbor 10.0.0.2 route-reflector-client
 neighbor 10.0.0.6 route-reflector-client
```

*!---- Ahora en R2 y R3 deberíamos ver todas las rutas.*

R2#show ip bgp

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>i172.16.0.0	10.0.0.10	0	100	0	15000 i
*>i172.17.0.0	10.0.0.10	0	100	0	15000 i
*> 172.18.0.0	10.0.0.14	0		0	25000 i
*> 172.19.0.0	10.0.0.14	0		0	25000 i
*>i172.20.0.0	10.0.0.18	0	100	0	35000 i
*>i172.21.0.0	10.0.0.18	0	100	0	35000 i

R3#show ip bgp

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>i172.16.0.0	10.0.0.10	0	100	0	15000 i
*>i172.17.0.0	10.0.0.10	0	100	0	15000 i
*>i172.18.0.0	10.0.0.14	0	100	0	25000 i
*>i172.19.0.0	10.0.0.14	0	100	0	25000 i
*> 172.20.0.0	10.0.0.18	0		0	35000 i
*> 172.21.0.0	10.0.0.18	0		0	35000 i

## Anexo B. Acrónimos

Acrónimo	Definición
<b>AC</b>	Alternating Current
<b>AS</b>	Autonomous System
<b>ATM</b>	Modo de Transferencia Asíncrona
<b>BGP</b>	Border Gateway Protocol
<b>CD</b>	Chromatic Dispersion
<b>CDWDM</b>	Coarse Wavelength Division Multiplexing
<b>CORE</b>	Núcleo de red
<b>CPE</b>	Customer Premises Equipment
<b>DC</b>	Direct Current
<b>DWDM</b>	Dense Wavelength Division Multiplexing
<b>EIGRP</b>	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
<b>eBGP</b>	External Border Gateway Protocol
<b>iBGP</b>	Internal Border Gateway Protocol
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>ISP</b>	Internet Service Provider
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union
<b>L2L</b>	LAN to LAN
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>MED</b>	Multi Exit Discriminator
<b>MMF</b>	Multimode Fiber
<b>MPLS</b>	Multiprotocol Label Switching
<b>MP-BGP</b>	Multiprotocol Extensions for BGP
<b>ODF</b>	Optical Distribution Frames
<b>OSPF</b>	Open Shortest Path First
<b>OSN</b>	Optical Service Network
<b>OSI</b>	Open System Interconnection
<b>OTN</b>	Optical Transport Network
<b>P</b>	Provider Router
<b>PDH</b>	Plesiochronous Digital Hierarchy
<b>PE</b>	Provider Edge Router
<b>PMD</b>	Polarization Controller to Compensate
<b>PoP/POP</b>	Point of Presence
<b>QoS</b>	Quality of Services
<b>RD</b>	Router Distinguisher
<b>RIP</b>	Routing Information Protocol
<b>RR</b>	Route Reflector
<b>RT</b>	Route Target
<b>SDH</b>	Synchronous Digital Hierarchy
<b>SFP</b>	Small Form-factor Pluggable transceiver
<b>Silice</b>	Es un material muy duro que se encuentra en casi todas las rocas. La sílice es el componente principal de la arena, arenisca, cuarcita, granito, etc.
<b>SMF</b>	Single Mode Fiber
<b>SONET</b>	Synchronous Optical Network
<b>STM</b>	Synchronous Transport Module
<b>TDM</b>	Time-Division Multiplexing
<b>VPN</b>	Virtual Private Network
<b>VRF</b>	Virtual Routing and Forwarding
<b>WDM</b>	Wavelength Division Multiplexing

---

## **Anexo C. Lista de Figuras**

*Figura A.1. Modelo OSI.*

*Figura A.2. Modelo OSI,*

*Figura 1.1 Multiplexación por División de Tiempo*

*Figura 1.2. Jerarquía Digital Síncrona.*

*Figura 1.3. Multiplexación por División de Longitud de Onda*

*Figura 1.4. Sistema Físico DWDM.*

*Figura 1.5. Tipos de Fibras Ópticas*

*Figura 1.6. Ventanas Ópticas*

*Figura 2.1. Internet conjunto de redes Interconectadas.*

*Figura 2.2. Esquema red MPLS.*

*Figura 2.3. Arquitectura VPN-MPLS*

*Figura 2.4. Descripción VRFs*

*Figura 2.5. BGP Sistemas autónomos interconectados*

*Figura 2.6. Route Reflectors Internet Service Provider*

*Figura 2.7. Ubicación Salidas Internacionales de Internet*

*Figura 2.8. Topología Core IP*

*Figura 3.1. Diagrama Tx Fibra Óptica (MTY-LAREDO)*

*Figura 3.2. Topología F.O. MTY\_1 a Laredo*

*Figura 3.3. Conexión fibras POP MTY\_2*

*Figura 3.4. Conexión fibras sitio Vallecillo*

*Figura 3.5. Conexión fibras sitio Nuevo Laredo*

*Figura 3.6. Levantamiento Rack de Datos MTY ASR9006*

*Figura 3.7. Trayectoria F.O. Rack de Datos – Sala de Transmisión WDM.*

*Figura 3.8. Sala de Transmisión MTY\_1\_WDM\_HUA*

*Figura 3.9. DWDM Ciena 6500 7-Slots*

*Figura 3.10. Diagrama Tx Fibra Óptica (MTY-CLIENTE)*

*Figura 3.11. Rack de Datos*

*Figura 3.12. Trayectoria F.O. Rack de Datos – Sala de Transmisión Rack Cliente*

*Figura 4.1. Fibras Ópticas 22 [m] FC-LC y 15 [m] LC-LC*

*Figura 4.2. Instalación de Dos Fibras ópticas en Rack de Datos 24*

*Figura 4.3. Tendido de jumper por canaleta asignada*

*Figura 4.4. Bajada de Fibra en ODF Anillo Primario Puerto 17 y 18 (WDM)*

*Figura 4.5. Instalación de Fibra Óptica en Rack del Cliente.*

*Figura 4.6. Sala Transmisión, Rack de Cliente.*

*Figura 4.7. Fibra Óptica en Rack del Cliente.*

*Figura 4.8. Potencia de operación en [dBm], conexión Carrier Internacional*

*Figura 4.9. Potencia de Operación [dBm], conexión con DWDM Ciena 6500*

*Figura 4.10. Modulo A9K-8X100GE-CM y Transceiver CPAK 100GBASE-LR4*

*Figura 4.11. Sesión de BGP establecida con el cliente.*

*Figura 4.12. Sesión de BGP establecida con Carrier Internacional.*

*Figura 4.13. JDSU SmartClass y prueba RFC Exitosa.*

*Figura 4.14. Diseño de Red Final*

---

## **Anexo D. Lista de Tablas**

*Tabla 1.1 Ventanas de Transmisión Óptica*

*Tabla 2.1. Configuración conectividad Carrier Internacional*

*Tabla 2.2. Configuración conectividad cliente*

*Tabla 4.1. Especificaciones del cableado del puerto CPAK*

*Tabla 4.2. Especificaciones Optical Transmit and Receive*

*Tabla 4.3. Estándares comunes de la capa física de Ethernet.*

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Gerd Keiser, Optical Fiber Communications, Ed. McGraw-Hill, Second Edition,
- ITU-T, Guide on the use of the ITU-T Recommendations related to optical technology, ITU-T Supplement 42 Serie G, February 2008.
- ITU-T Recommendation G.698.1, “Multichannel DWDM applications with single channel optical interfaces, ITU-T Recommendation G.695, December 2006.
- Cisco Systems, Introduction to DWDM for Metropolitan Networks”, Cisco Systems, Corporate Headquarters, 2000
- REDES ÓPTICAS DWDM: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN, Dulio Arnulfo Buevas Peñarredonda, Iván Darío Téllez Silva, Edgar Amado Mateus, Diciembre 2009, <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/article/view/272>
- Stamatios V. Kartalopoulos, DWDM Networks, Devices and Technology, IEEE Press, Ed. Wiley-Interscience 2003
- C. G. Omidyar and A. Aldridge. “Introduction to SDH/SONET”. IEEE Communications Magazine, vol. 31, no. 9, pp. 30-33, 1993.
- M. S. Borella, J. P. Jue, D. Banerjee, B. Ramamurthy and B. Mukherjee. “Optical components for WDM lightwave networks”. Proceedings of the IEEE, vol. 85, nº 8, p.1.274-1.307, 1997.
- Zhang, Mu; Tao, ZhongPing: Application research of MPLS VPN all-in-one campus card network based on IPSec. En: Proceedings - 4th International Conference on Computational and Information Sciences, ICCIS 2012 (2012), p. 872–875.

