

**ANEXO 3**

**DISEÑO DE UNA OVPN CON DIFFSERV SOPORTADA POR GMPLS**



**DIANA MARÍA PABÓN MENDOZA  
ALEXANDRA SÁNCHEZ DAZA**

**Director:  
Jose Giovanni López Perafán  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
GRUPO I +D NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES - GNTT  
POPAYÁN  
2005**

### **3. DISEÑO DE UNA OVPN CON DIFFSERV SOPORTADA POR GMPLS**

Cualquier conjunto de criterios para el diseño de redes deben ser validados mediante su utilización en el desarrollo de una red. Por lo tanto, se hará uso de los criterios de diseño para la creación de una OVPN con DiffServ soportada por GMPLS (que se formularon en el capítulo 4) en el desarrollo de una red óptica basada en esta tecnología para una empresa de Telecomunicaciones, con el fin de validar su utilidad para los diseñadores y desarrolladores de redes.

#### **3.1 PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO**

El objetivo del diseño es establecer un backbone de red mediante la utilización del plano de control GMPLS y la tecnología DWDM para el transporte de información, que puede ofrecer el servicio OVPN para empresas que desean comunicar sus oficinas que se encuentran distribuidas, por medio de una infraestructura de fibra óptica, permitiendo de esta forma implementar diversos tipos de servicios de gran ancho de banda con QoS garantizado. La red debe ser capaz de dar soporte a las necesidades de servicio actuales y futuras, haciendo posible su fácil expansión e incremento de capacidad sin incurrir en elevados costos de actualización o reconfiguraciones críticas para la prestación de servicios.

Entre los servicios que se pretenden ofrecer con esta red se tienen:

- Transmisiones de video en tiempo real: videoconferencias, sistemas de televigilancia, broadcasting de video, etc.,
- Transmisiones de datos en tiempo real: aplicaciones críticas en el tiempo, redes privadas virtuales, información de gestión y rendimiento de red, sistemas de almacenamiento remoto de información, etc.
- Transmisiones de voz: interconexión entre centralitas y centrales de telefonía IP, conferencias múltiples de voz, call y contac centers, sistemas de administración de mensajería unificada, etc.
- Transmisiones de información no crítica en el tiempo.

Cada uno de los servicios tiene un ancho de banda definido por las necesidades de los clientes.

A nivel de cable de fibra, la interconexión se hará con cables de fibra que cumplan con las características técnicas necesarias para dar soporte a la red planteada.

Los equipos utilizados al interior de la red deben permitir la migración de estos hacia velocidades más altas para cada tributario o canal óptico.

### **3.2 DESARROLLO DEL DISEÑO**

A partir de la información presentada en el punto anterior, se inicia el análisis de los requerimientos de red planteados para encontrar la mejor solución.

Se decide implementar el backbone GMPLS por las grandes ventajas que brinda al proveedor de una red las cuales fueron descritas en el capítulo 4.

#### **3.2.1 Planeación de Capacidad**

Teniendo en cuenta los tipos de servicio que se pretenden implementar en la red, se realiza la asignación del ancho de banda promedio requerido por cada servicio para garantizar su QoS y obtener, el ancho de banda total requerido en la red.

Para el desarrollo de esta red, se tendrá en cuenta la división general presentada en el planteamiento del diseño, obteniendo entonces la siguiente clasificación:

- Transmisiones de video en tiempo real: Las conexiones de este tipo requieren en promedio 1.5 Mbps. para cada una.
- Transmisiones de datos en tiempo real: Los enlaces utilizados para el transporte de este tipo de tráfico utilizan un promedio de 3 Mbps. por conexión.
- Transmisiones de voz: Conexiones de tráfico de voz utilizan en promedio una velocidad de 2 Mbps.
- Transmisiones de información no crítica: Todas las conexiones de este tipo no superan 1 Mbps, pero se generan en gran cantidad. En promedio utilizan velocidades de 0.5 Mbps.,

Se debe buscar con esto que las conexiones del mismo tipo de tráfico se agrupen para completar una capacidad de longitud de onda base escogida por el diseñador; para este caso se utilizará como capacidad base 2.5 Gbps. Además, esta agrupación permitirá reducir la cantidad de canales ópticos (longitudes de onda) necesarios para el sistema.

#### **3.2.2 Migración de la red**

El diseñador no debe preocuparse por los criterios que se relacionan con la migración ya que la red base que se considera para este desarrollo, se asume, es totalmente nueva para dar el soporte a los servicios que la empresa pretende ofrecer.

### 3.2.3 Definición de la topología física de la red

La topología física para la red que se está desarrollando debe tener en cuenta diversos factores que afectan de una u otra forma su definición. Entre ellos se tienen: las distancias entre los nodos; los costos administrativos en que se incurre al solicitar una licencia para instalación de fibra óptica son altos; y la complejidad de la selección de la ruta sobre la cual estará instalada la fibra. Cabe aclarar que todos estos elementos no son presentados en este documento, pues ya han sido tratados en otros semejantes.

Es necesario tener en cuenta que no solo se va a desarrollar un backbone de red, si no que además se pretende ofrecer el servicio OVPN por consiguiente a la hora de elegir la topología física de la red se debe pensar en esta integración y adecuar la mejor topología. En este caso se optó por una topología de malla completa u OVPN de usuario, la cual permite total conectividad entre todos los sitios en la OVPN, reduciendo en mayor cantidad los costos de implementación de red sin afectar la capacidad que esta debe ofrecer. De este modo, la topología seleccionada se presenta a continuación en la figura 1.

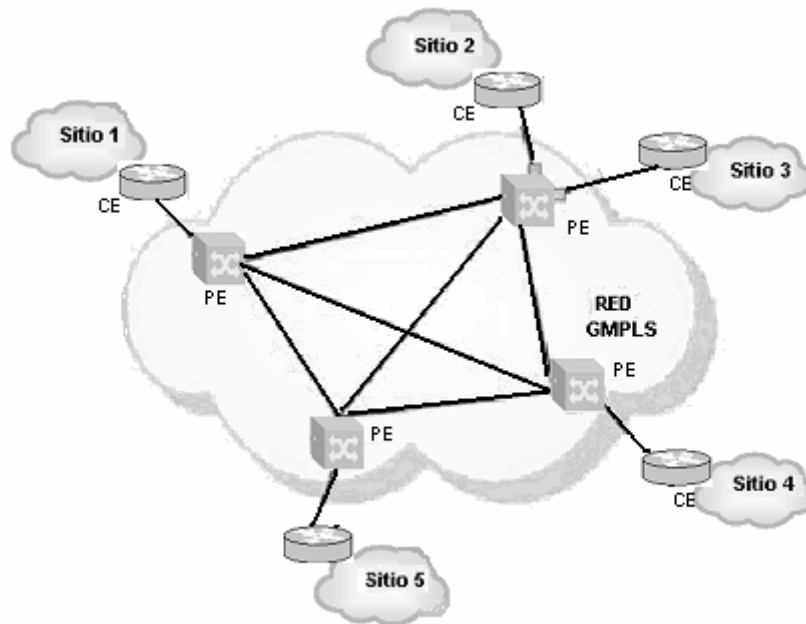


Figura 1. Topología Física de la red

### 3.2.4 Definición de la topología lógica de la red

La topología lógica de la red que soporta el servicio OVPN se debe definir teniendo en cuenta que el backbone consiste de nodos de borde de proveedor (PE) y nodos de proveedor (P) que permiten el envío de datos de usuario sin conversiones electrónicas-ópticas-electrónicas y que cada sitio de usuario tiene nodos de borde de cliente (CE) que se comunican directamente con los PEs.

Dentro del backbone como se mencionó en los criterios se efectúa el establecimiento de lighpaths u O-LSPs que permiten la interconexión de los sitios de usuario que pertenecen a una misma OVPN a través de los PEs y los P. El conjunto de estos nodos y O-LSPs conforman la topología lógica (Ver figura 2).

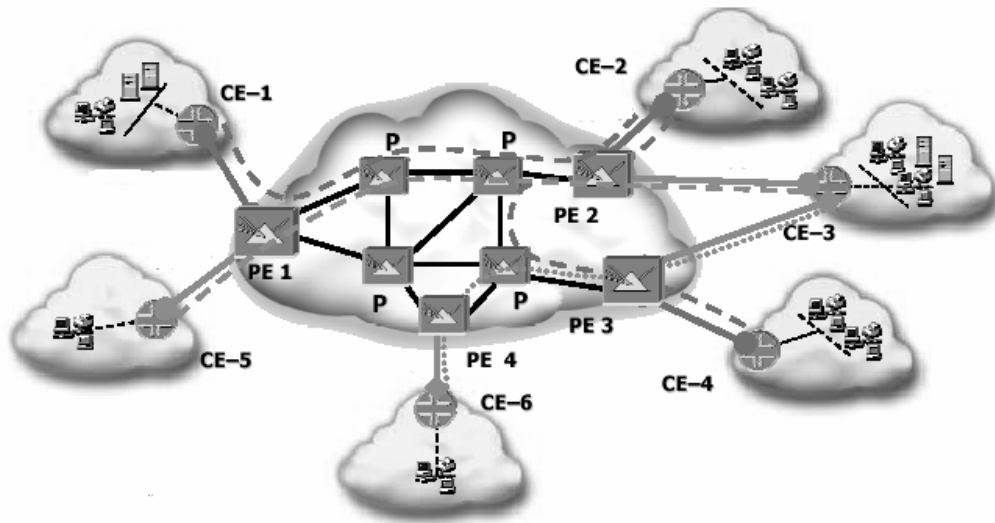


Figura 2. Topología lógica de la red

### 3.2.5 Determinación del modelo de control

El siguiente paso en el diseño de la red, como se mencionó en el capítulo anterior, es definir el modelo utilizado sobre el plano de control GMPLS, el cual puede ser implementado con cualquiera de los tres modelos presentados: modelo Peer, o de pares; modelo Overlay o de Superposición; ó el modelo Aumentado.

Teniendo en cuenta que se considera una red desde su etapa inicial, puede plantearse la no existencia de limitantes en cuanto a integración del plano de control de las redes IP y ópticas, ni en cuanto a la utilización de un esquema de direccionamiento común para ambos dominios. Por lo tanto, el modelo de control a implementar en la red será el Peer ó de pares, por todos los beneficios que este plantea para el funcionamiento de la red y los servicios que esta soporta.

De esta forma, los dominios IP y óptico de la red tendrán un plano de control integrado, que les permitirá la utilización de un esquema de direccionamiento unificado y facilitarán las labores de establecimiento de conexiones a lo largo de la red.

### **3.2.6 Selección del Esquema de Direccionamiento**

El esquema de direccionamiento propuesto para la red en diseño utiliza la identificación de los elementos de red (OXCs, OADMs, enrutadores, etc.) con direcciones Ipv6, debido a las ventajas que esta versión del protocolo ofrece respecto al número de elementos direccionables. Pero a pesar de que se eligió las direcciones Ipv6 para el esquema de direccionamiento es necesario tener presente que GMPLS no solo soporta direcciones IP si no también identificadores locales que brindan un aumento de escalabilidad introduciendo los conceptos de enlaces no numerados y agrupación de enlaces.

Al haber considerado como topología física una red en malla donde los OXCs adyacentes están conectados por cientos de longitudes de onda paralelas es importante el concepto de agrupación de enlaces pues evita anunciar por separado cada longitud de onda que pueda ser utilizada.

### **3.2.7 Selección del Protocolo de Enrutamiento**

La selección entre OSPF o ISIS (ambos con sus respectivas extensiones), como protocolo de enrutamiento para una red óptica es una decisión muy subjetiva que casi no depende de aspectos técnicos de los protocolos en sí, pues estos ofrecen casi las mismas funcionalidades.

En el caso de la red tratada en este documento, y teniendo en cuenta la utilización de un esquema de direccionamiento basado en direcciones Ipv6, resulta conveniente el uso de OSPF para Ipv6 (con sus respectivas extensiones de Ingeniería de Tráfico) como protocolo de enrutamiento.

### **3.2.8 Selección del protocolo de Señalización**

Los principales protocolos de señalización junto con sus respectivas extensiones para el plano de control en redes ópticas, son RSVP-TE y CR-LDP. Los dos proveen funcionalidad muy similar en el establecimiento de los trayectos ópticos. Cada uno tiene sus fortalezas y debilidades (las principales se indican en la tabla 1), aunque es seguro que mientras sigan evolucionando ofrecerán funcionalidades cada vez mas semejantes, terminando tal vez en la definición de una sola entidad que combine los mejores atributos de ambos protocolos.

**Tabla1. Comparación entre CR-LDP y RSVP-TE**

CARACTERISTICAS	CR-LDP	RSVP-TE	COMENTARIOS
Estado de desarrollo	Reciente	Antiguo con varias extensiones, soporte para redes legadas	Los objetos RSVP han sido modificados para ser usados en un entorno GMPLS
Transporte de señalización	UDP para descubrimiento, TCP para sesiones	Datagramas IP o encapsulación UDP para intercambio de mensajes	Detección de fallas no determinística con RSVP; fallas TCP pueden tener un impacto catastrófico en los LSPs con CR-LDP
Tipo de estado de conexión	Estado rígido	Estado suave	El estado suave se dice que no es escalable; RSVP soporta agregación de renovaciones (también conocida como reducción de renovaciones)
Confiabilidad	Fallas producen acciones proactivas de señalización	Dependiente de la respuesta del timer de estado suave para detectar fallas	Detección de fallas no determinística con RSVP-TE
Escalabilidad	Conexiones de estado rígido reducen el número de mensajes de señalización	Requiere reducción de renovaciones, agregación para minimizar el número de mensajes de señalización de estado suave	
Inicio de establecimiento	Mensaje de requerimiento de etiqueta (label request)	Mensaje PATH conteniendo el objeto LABEL-REQUEST	
Finalización de establecimiento	Mensaje de mapeo (mapping)	Mensaje RESV	
witches e de servicios diferenciados	TLV DIFF-SERV_PSC	Objeto DIFFSERV_PSC	Los dos contienen la información DSCP (Diffserv code point) y es incluida en el mensaje de requerimiento de establecimiento
Capacidad de ruta fuente	Esta es transportada en la lista TLV de EXPLICIT_ROUTE	Esta es transportada en el objeto EXPLICIT_ROUTE	Especifican la ruta utilizada para configurar el trayecto conmutado.

El protocolo de señalización escogido para ser implementado en esta red es RSVP-TE, debido a su mejor respuesta ante posibles problemas generados por

la interrupción del transporte de señalización (que pueden ser inherentes a la red o externos a ella), pues es de gran importancia para la red el mantener la integridad de las conexiones ópticas ya establecidas.

### 3.2.9 Selección del Modelo de Gestión de Enlace

Para este modelo el protocolo que se implementa es LMP, ya que es un protocolo especializado para proporcionar esta función en GMPLS, su descripción detallada se puede encontrar en el anexo 1.

### 3.2.10 Interconexión

Es posible encontrar soluciones alternativas y temporales al problema de interconexión, tal como la utilización de uno o varios enrutadores de gran rendimiento en la red de proveedor y en el sitio del cliente OVPN.

Los dispositivos de borde de cliente (CE): pueden ser enrutadores, switches Multiservicio (ATM/frame Relay), SONET/SDH o switches Ethernet.

Los elementos de red ópticos de borde del proveedor (PE): Cross-conectores ópticos (SONET/SDH)

Los elementos de red óptica del proveedor (P): Cross-conector ópticos (SONET/SDH)

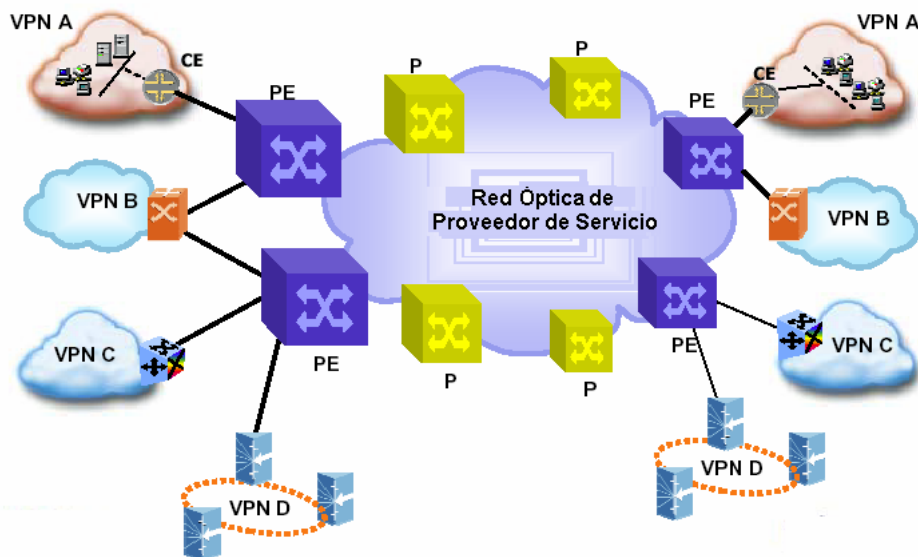


Figura 3. Interconexión de la red

Sin embargo, esta solución tiene una serie de inconvenientes que no permiten realizar el intercambio de información de forma eficiente, como por ejemplo el gran cuello de botella creado debido a la alta carga de tráfico que debe ser



procesada, y la necesidad de generar un esquema de intercambio de información que cumpla con las características técnicas y políticas de los administradores de red.

El diseñador y el operador deben, por lo tanto, estar pendientes de los posibles adelantos que en torno a esta interfaz para complementar la estructura de la red y alcanzar el óptimo funcionamiento de esta.

### 3.2.11 Selección del Esquema de Calidad de Servicio

Cuando ya se ha establecido el backbone de red GMPLS y la OVPN, es preciso establecer el esquema de QoS basado en la diferenciación de servicios ya que es uno de los objetivos planteados en este trabajo de grado, además de que proporciona múltiples ventajas a usuarios, administradores y proveedores de red. El procedimiento del establecimiento de DiffServ se detalla en el capítulo 3.

Una vez elegido el esquema de QoS que va a ser aplicado a la red se deben tener en cuenta las aplicaciones que van a ser ejecutadas que pueden ser medidas de acuerdo al grado de fiabilidad, retardo, jitter y ancho de banda que posean. Esto se describe en la tabla 2.

**Tabla 2. Requerimientos de las aplicaciones**

<b>Aplicación</b>	<b>Fiabilidad</b>	<b>Retardo</b>	<b>Jitter</b>	<b>Ancho de Banda</b>
Correo electrónico	Alta (*)	Alto	Alto	Bajo
Transferencia de ficheros	Alta (*)	Alto	Alto	Medio
Acceso Web	Alta (*)	Medio	Alto	Medio
Login remoto	Alta (*)	Medio	Medio	Bajo
Audio bajo demanda	Media	Alto	Medio	Medio
Vídeo bajo demanda	Media	Alto	Medio	Alto
Telefonía	Media	Bajo	Bajo	Bajo
Vídeoconferencia	Media	Bajo	Bajo	Alto

(\*) La fiabilidad alta en estas aplicaciones se consigue automáticamente al utilizar el protocolo de transporte TCP

Es muy importante el establecimiento del SLA entre el proveedor y el usuario pues este indica los parámetros en los que se han puesto de acuerdo y su

respectiva medida, la tabla 3 muestra un ejemplo de los parámetros y su respectivo valor.

**Tabla 3. Parámetros típicos de los SLAs**

<b>Parámetro</b>	<b>Significado</b>	<b>Ejemplo</b>
Disponibilidad	Tiempo mínimo que el operador asegura que la red estará en funcionamiento	99,9%
Ancho de Banda	Indica el ancho de banda mínimo que el operador garantiza al usuario dentro de su red	2.5 Mb/s
Pérdida de paquetes	Máximo de paquetes perdidos (siempre y cuando el usuario no exceda el caudal garantizado)	0,1%
Round Trip Delay	El retardo de ida y vuelta medio de los paquetes	80 mseg
Jitter	La fluctuación que se puede producir en el retardo de ida y vuelta medio	± 20 mseg

### **3.2.12 Esquema de Seguridad de la Red**

El esquema de seguridad de la red debe ser capaz de realizar los procesos de autenticación y confidencialidad para los usuarios de esta, sobre todo en los puntos donde es necesario el intercambio de información con otras redes. La selección de este esquema de seguridad, y de los métodos utilizados para poder asegurarla deben estar de acuerdo con las políticas de seguridad del operador de red. No se define un esquema determinado para su implementación en la red, puesto que cualquiera de ellos cumpliría con todas las expectativas y lo haría de forma eficiente.

### **3.12.13 Selección del medio de transmisión de red**

La fibra óptica seleccionada para esta red es aquella que cumple con la recomendación G.655 de la ITU-T, pues ha sido optimizada para las aplicaciones basadas en multiplexación de longitudes de onda.

Existen gran variedad de proveedores alrededor del mundo para este tipo de fibra, pues el auge generado por su capacidad de transporte la han convertido en un tipo de fibra casi tan económica como la G.652, ó fibra estándar. Las fibras más reconocidas actualmente son: Alcatel TeraLight Metro Fiber, OFS TrueWave fiber y Corning LEAF fiber.

En el capítulo 4 se explicaron los factores que afectan las fibras, ahora se especifican algunos valores que se deben tener en cuenta:

### 3.12.13.1 Atenuación

La figura 4 muestra el espectro de la curva de atenuación de una típica fibra óptica hecha de silicio. La curva tiene tres características principales. Una gran tendencia de atenuarse conforme se incrementa la longitud de onda (Dispersión Rayleigh), Atenuación en los picos de absorción asociados con el ión hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ), y una tendencia por la atenuación para incrementar las longitudes de onda por arriba de los 1.6  $\mu\text{m}$ , debidas a las pérdidas inducidas por la absorción del silicio.

Los nuevos sistemas de transmisión usan fibras multimodo, operadas en la primera ventana de longitud de onda cercana a las 0.85  $\mu\text{m}$ , mostrado en la figura 4, y después en la segunda ventana cerca de 1.3  $\mu\text{m}$ . Una fibra de modo simple primero opera en la segunda ventana, donde la atenuación de la fibra es típicamente menor que 0.35 dB/Km. Sin embargo la región de menos pérdida (típicamente pérdidas cercanas a las 0.20 dB/Km) permanece en una longitud de onda amplia y los laceres y receptores operan en esa ventana cercanos a 1.55  $\mu\text{m}$ .

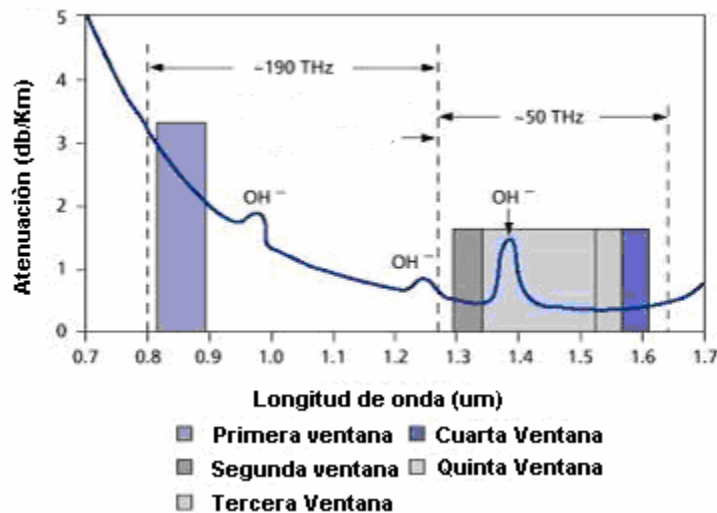


Figura 4. Atenuación de una típica fibra óptica hecha de silicio

### 3.12.13.2 Dispersión Cromática

La dispersión cromática describe la tendencia para diferentes longitudes de onda que viajan a diferentes velocidades en una fibra. En longitudes de onda donde la dispersión cromática es alta, los pulsos ópticos tienden a expandirse en el tiempo y provocar interferencia, lo cual puede producir una inaceptable velocidad del bit, la figura 5 muestra como la dispersión cromática cambia con

la longitud de onda para tres diferentes tipos de fibra. La dispersión cromática de una fibra consiste de dos componentes el Material y la Guía de Onda como se muestra en la figura 6, el componente material depende de las características de dispersión de los dopantes y del silicio de construcción. Estos materiales no ofrecen mucha flexibilidad a ajustes significantes en la dispersión de la fibra, así que ese esfuerzo se ha enfocado en alterar la dispersión de guías de ondas de las fibras ópticas.

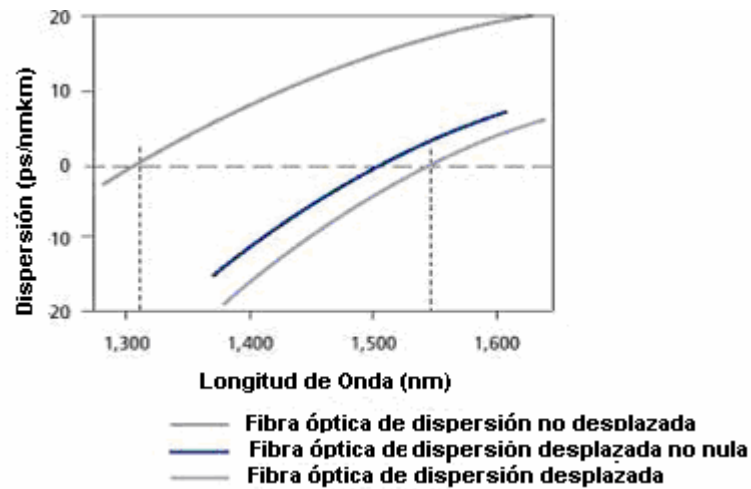


Figura 5. Gráfica de Dispersión Cromática contra Longitud de Onda

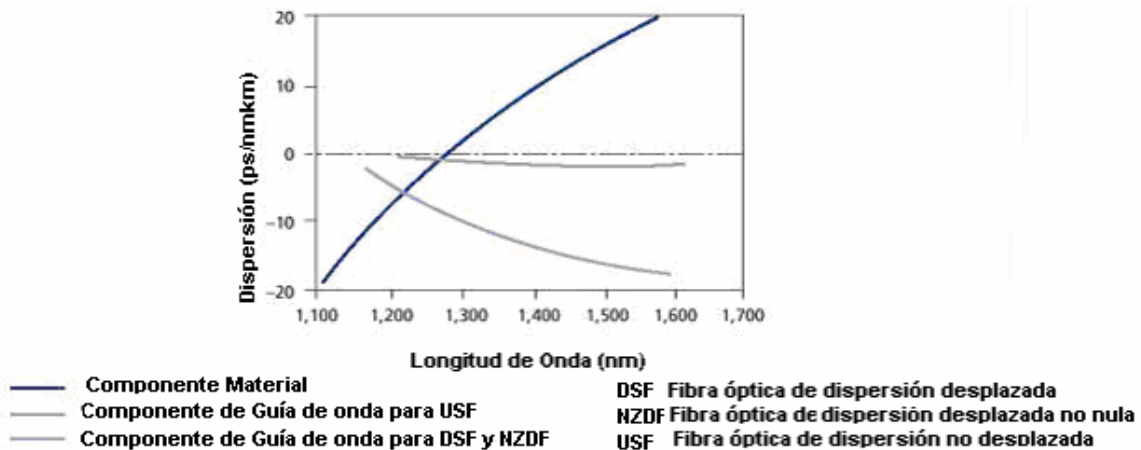


Figura 6. Componentes de Dispersión de los Materiales y Guías de Onda

### **3.12.14 Selección de equipos de red**

Tal como se mencionó en el capítulo anterior, en este momento la fabricación y comercialización de equipos para la implementación de soluciones basadas en tecnología GMPLS/DWDM es bastante limitada.

#### **3.12.14.1 Multiplexores y Demultiplexores**

- Alcatel 1686 WM: Multiplexor de 32 longitudes de onda por fibra que puede funcionar como multiplexor terminal o como OADM. Tiene incluido un amplificador EDFA de ganancia plana y soporte de FEC fuera de banda.
- Siemens SURPASS hiT 7540: Multiplexor óptico genérico que da soporte para extensión de distancias (como transponder y regenerador), de agrupamiento de tráfico (como multiplexor) y de protección para redes DWDM. Puede trabajar con velocidades de hasta 40 Gbps.
- Cisco ONS 15454: Multiplexor genérico que soporta la tecnología del plano de control óptico (OCP) mediante el Cisco UCP (Unified Control Plane), el cual es una implementación basada en el estándar OIF UNI 1.0 utilizando los protocolos RSVP-TE, GMPLS y LMP.

#### **3.12.14.2 Multiplexores de Extracción e Inserción (OADM – Optical Add/Dropp Multiplexer)**

- Huawei OptiX BWS 320G: Multiplexor OADM para 32 longitudes de onda, que permite una capacidad máxima de 320 Gbps. Soporta la inserción/extracción de hasta 12 longitudes de onda. Implementa también amplificación EDFA para la banda C.
- Siemens SURPASS hiT 7550: Multiplexor óptico DWDM con funcionalidad Add/Drop, de crecimiento modular, que permite manejar 1.6 Tbps (160 \* 10 Gbps) y puede crecer hasta 3.2 Tbps (80 \* 40 Gbps, para futuras actualizaciones). Transparente al formato de transmisión, velocidad y modulación, que además incluye compensación por dispersión.
- Sycamore SN 16000: Conmutador óptico inteligente, con funcionalidad de agregación de tráfico, soporte a diversos esquemas de protección y cumplimiento de los nuevos estándares de interoperabilidad como GMPLS y OIF UNI/NNI.

#### **3.12.14.3 Crossconectores Ópticos (OXC)**

- Alcatel 1674 lambda gate Cross-connect: Cross conector óptico multiservicio, soporta GMPLS, ofrece capacidades únicas de protección y restauración en redes distribuidas y logra una disponibilidad máxima de la red, con escalabilidad de hasta 2.5 Tbit/seg.

- Alcatel 1660 Cross Light Photonic Cross-Connect: Crossconector óptico que elimina la conversión OEO mediante tecnología de matriz fotónica desde 64 a 4000 puertos. Realiza conmutación de longitud de onda, de banda de longitudes y de fibra. Implementa un plano de control GMPLS.
- Calient Network DiamondWave Photonic Switch: Crossconector con soporte desde 8 hasta 4096 puertos, capacidad de conmutación por longitud de onda de 40 Gbps., capacidad total de 164000 longitudes de onda, con soporte transparente de formato y velocidad, que opera sobre una ventana que va de 1200 a 1620 nm. Incluye soporte para los protocolos de enrutamiento y señalización GMPLS.
- Movaz Networks RAYstar: Plataforma de conmutación óptica con funcionalidades de OADM, que pueden ser totalmente ópticas o con conversión OEO. Tiene un plano de control GMPLS para configuración de longitudes de onda independientes. Incluye varios esquemas de protección configurables con definición de Clase de Servicio (Class of Service, CoS) por canal.

#### **3.12.14.4 Amplificadores ópticos (AO)**

- Cisco ONS 15501: Amplificador EDFA de bajo ruido y ganancia plana en la banda C.
- Alcatel 1901 OAE: Amplificador digital ultrarápido de dos etapas con ganancia muy plana en la ventana de 1529.1 a 1563 nm. Puede ser configurado y monitoreado mediante un PC utilizando un software para tal propósito.

#### **3.12.14.5 Enrutadores para nodos de cliente de borde**

- Hitachi GR 2000 Router Gigabit: Enrutador de alto desempeño de QoS con diffserv basado en hardware, soporte para Diffserv.