

**Universidad de las Ciencias Informáticas**  
**Facultad 1**



**“Propuesta del Protocolo MPLS para la red de la  
Universidad de las Ciencias Informáticas”**

Trabajo de Diploma para optar por el título de  
Ingeniero en Ciencias Informáticas.

**Autores:**

Mario Romero González.

Ianabel Irañeta Duménigo.

**Tutor:** Ing. Orestes Rodríguez Morales.

**Consultante:** Félix Alberto Suárez Planché.

Ciudad de La Habana, 20 de junio de 2007.

“Año 49 de la Revolución”

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos que somos los únicos dos autores de este trabajo y autorizamos a la Facultad 1 de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los 20 días del mes de junio del año 2007.

Mario Romero González

---

Ianabel Irañeta Duménigo

---

Ing. Orestes Rodríguez Morales

---

## OPINIÓN DEL TUTOR

Título: "Propuesta del Protocolo MPLS para la red de la Universidad de las Ciencias Informáticas"

Autores: Mario Romero González.

Ianabel Irañeta Duménigo.

El tutor del presente Trabajo de Diploma considera que durante su ejecución los estudiantes mostraron las cualidades que a continuación se detallan.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Por todo lo anteriormente expresado considero que los estudiantes están aptos para ejercer como Ingeniero en Ciencias Informáticas; y propongo que se le otorgue al Trabajo de Diploma la calificación de \_\_\_\_\_.

Ing. Orestes Rodríguez Morales.

---

Firma

20 de junio de 2007.

## FRASE

*“El Santo Grial de las redes de computadores es diseñar una red que tenga la flexibilidad y el bajo costo de Internet, pero que ofrezca las garantías de calidad de servicio extremo a extremo de la red telefónica.”*

*S. Keshav: 'An Engineering Approach to Computer Networking', 1997*

## DEDICATORIA

*A mi mamá y a toda mi familia.*

*Mario*

*A mis padres y a Ena, nada de esto hubiese sido posible sin su apoyo.*

*Gracias por ser la luz en mi camino.*

*Ianabel*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradecemos a todas las personas que nos han guiado y apoyado en la realización de nuestra tesis de diploma.*

*A nuestro tutor, por habernos propuesto un tema de investigación de tanta actualidad e importancia y por todo el apoyo que nos brindó pese a encontrarse de misión en Venezuela en la última etapa.*

*A Félix, por su apoyo incondicional.*

*A Cortado, Yaniel, Roberto y Raydel.*

*Y a todos nuestros profesores, que nos educaron a lo largo de nuestras vidas.*

## **RESUMEN**

La red de la Universidad de las Ciencias Informáticas actualmente cuenta con un gran volumen de usuarios y una amplia gama de servicios que se prevé en el futuro continúe creciendo. La convergencia de voz, video y dato sobre la ya existente infraestructura de telecomunicaciones es uno de los planes de crecimiento que además requiere de un gran ancho de banda. Con el objetivo de lograr un mejor aprovechamiento de este último se hace necesario implementar calidad de servicio, garantizando así un comportamiento adecuado de la red. Para ello se realiza un estudio detallado de los protocolos existentes dedicados a brindar calidad de servicio como son RSVP, Diffserv y MPLS, destacándose este último por sus importantes aplicaciones. Seguidamente se analizan las características de la red UCI y su equipamiento para finalmente hacer una propuesta de implementación de calidad de servicio en la misma. Después de realizada la investigación se llega a la conclusión de que la mejor opción es implementar el protocolo MPLS integrado a Diffserv debido a que en conjunto dotan a la red de un gran potencial. Esto se llevaría a cabo en el núcleo de la red en primera instancia, y posteriormente se puede llevar hasta el nivel 2 o de distribución. MPLS es una novedosa alternativa con gran aceptación a nivel mundial que complementa al protocolo IP y le da nueva vida. Sin dudas la red universitaria obtendrá grandes beneficios de ello.

## **PALABRAS CLAVE**

Calidad de Servicio, MPLS, DiffServ, Red UCI.

## ÍNDICE

INTRODUCCION.....	1
Capítulo 1: Fundamentación Teórica. Calidad de Servicio .....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Calidad de Servicio (QoS).....	5
1.3 Protocolos de calidad de servicio.....	8
1.3.1 Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP).....	9
Características fundamentales de RSVP:.....	10
Limitaciones de RSVP:.....	10
1.3.2 Servicios Diferenciados (Diffserv).....	11
Características fundamentales de Diffserv: .....	12
Limitaciones de Diffserv:.....	14
1.3.3 MPLS (Multiprotocol Label Switching) .....	15
1.4 Estado de MPLS en el mundo.....	16
1.4.1 Evolución de MPLS. ....	18
1.5 Conclusiones del capítulo .....	19
Capítulo 2: Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS) .....	21
2.1 Introducción.....	21
2.2 Antecedentes de MPLS.....	22
2.3 MPLS como solución real.....	23
2.4 Descripción funcional de MPLS .....	25
2.4.1 Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS .....	26
2.4.2 Control de la información en MPLS .....	29
2.4.3 Funcionamiento global MPLS .....	30
2.5 Aplicaciones de MPLS .....	31
2.5.1 Ingeniería de tráfico .....	31
2.5.2 Clases de servicio (CoS) .....	33

2.5.3 Redes Privadas Virtuales (VPN).....	34
2.6 Conclusiones del capítulo .....	37
Capítulo 3: Características y servicios de la red de la UCI .....	38
3.1 Introducción.....	38
3.2 Descripción general de la red.....	38
3.3 Servicios que brinda la red.....	39
3.4 Servicios futuros.....	41
3.4.1 Telefonía IP o Voz sobre IP (VoIP).....	41
Parámetros de la VoIP.....	44
3.4.2 IPTV.....	47
3.4.3 Videoconferencia.....	49
3.5 Equipamiento de la red .....	51
3.6 Propuesta de calidad de servicio para la red UCI .....	55
3.7 Alternativas de calidad de servicio. ....	57
3.7.1 Alternativa del Backbone Actual .....	58
3.7.2 Alternativa del Backbone Futuro.....	59
3.7.3 Alternativa del Nivel 2 Futuro.....	60
3.8 Conclusiones del capítulo .....	61
CONCLUSIONES .....	62
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS.....	69
Anexo 1 .....	69
Anexo 2.....	70
Anexo 3.....	71
Anexo 4.....	72
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de la Calidad de Servicio.....	6
Tabla 2: Requerimientos de Calidad de Servicio.....	6
Tabla 3: Tipos de Servicio del protocolo DiffServ.....	13
Tabla 4: Significado de las clases del campo DSCP.....	14
Tabla 5: Códecs utilizados en la compresión de VoIP.....	46
Tabla 6: División por niveles de acceso de la red UCI.....	52
Tabla 7: Modelos de switch capa 2 de la red UCI.....	52
Tabla 8: Modelos de switch capa 3 de la red UCI.....	53
Tabla 9: Clasificación de los servicios de la UCI según el protocolo DiffServ.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Campo DS de DiffServ.....	12
Figura 2.1: Esquema funcional de MPLS.....	26
Figura 2.2: Estructura de la cabecera genérica MPLS.....	28
Figura 2.3: Funcionamiento de una red MPLS.....	30
Figura 2.4: Comparación entre camino más corto IGP con ingeniería de tráfico.....	32
Figura 3.3: Alternativa del Backbone Actual para la red UCI.....	58
Figura 3.4: Alternativa del Backbone Futuro para la red UCI.....	59
Figura 3.5: Alternativa del Nivel 2 Futuro para la red UCI.....	60
Figura 1.2: Red MPLS de la empresa BT a nivel mundial.....	69
Figura 2.5: Modelo "superpuesto" (túneles/PVC) vs. Modelo "acoplado" (MPLS).....	70
Figura 3.1: Conexiones por fibra óptica entre los distintos switch capa 3 de la red de la UCI.....	71
Figura 3.2: Conexiones futuras entre los distintos switch capa 3 de la red de la UCI.....	72

## INTRODUCCION

Las Red de Área Local (LAN) juegan un papel importante tanto en empresas como en centros de estudio e investigación. Existe una definición de LAN del Comité IEEE 802, quien la define de la siguiente manera: Una Red local es un sistema de comunicaciones que permite que un número de dispositivos independientes se comuniquen entre sí. Una definición más completa y actual de Red Local sería: Un sistema de comunicaciones capaz de facilitar el intercambio de datos informáticos, voz, vídeo conferencias, difusión de vídeo, telemetría y cualquier otra forma de comunicación electrónica. El término de red local incluye tanto el software con el hardware necesario para la conexión, gestión y mantenimiento de los dispositivos y para el tratamiento de la información.

La implantación y utilización de una LAN tiene numerosas ventajas. Por ejemplo, la capacidad de compartir periféricos costosos como impresoras láser, módems, faxes, entre otros; además de información a través de distintos programas y bases de datos, de manera que sea más fácil su uso y actualización.

Todas estas posibilidades; a las que se unen servicios como correo electrónico, acceso a Internet, transmisión multimedia, telefonía, entre otros; genera un gran tráfico en la red. Por lo que se necesita optimizar al máximo el ancho de banda de que se dispone para un correcto funcionamiento de la red.

Es en este aspecto que desempeña un papel importante la Calidad de Servicio (QoS por sus siglas en inglés Quality of Service) en las redes informáticas. Esta se refiere a la capacidad de una red para proporcionar un mejor servicio al tráfico seleccionado sobre varias tecnologías, incluyendo redes Frame Relay, de modo de transferencia asíncrona (ATM, Asynchronous Transfer Mode), Ethernet, SONET, redes que enrutan paquetes IP ó redes que pueden usar cualquiera o todas estas tecnologías subyacentes. Una red debe garantizar que pueda ofrecer un cierto nivel de calidad de servicio para un nivel de tráfico que sigue un conjunto especificado de

parámetros, entre lo cuales se encuentran: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes.

La red de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) es una red LAN que brinda servicios a los más de 13 00 usuarios que posee. Debido a este elevado y creciente número de usuarios, y a la necesidad de incrementar los servicios que esta presta actualmente, se hace necesario buscar métodos para aprovechar de una manera óptima el ancho de banda de la red. Servicios tales como videoconferencias, telefonía sobre IP, video bajo demanda, entre otros requieren de un amplio consumo del mismo; lo que hace necesario aplicar calidad de servicio en el transporte de datos de la red.

En un futuro se aspira a tener en la UCI una red ofreciendo servicios convergentes de video, voz y datos a través de una misma infraestructura de telecomunicaciones. Esta triada de servicios se conoce como "Triple Play".

Dicho esto, el marco de la **situación problemática** de este trabajo está dado en que no se utilizan protocolos para brindar calidad de servicio y no se garantiza el ancho de banda requerido para cada tipo de servicio. Además la infraestructura tecnológica de la universidad debe estar preparada para afrontar nuevos servicios de transmisión de voz y video. Los mismos pudieran ocasionar lo que se llama "cuello de botella", al almacenarse en los enrutadores las peticiones que se le dan respuesta de inmediato. Esto afectaría los servicios más sensibles, tales como las transmisiones de las teleclases y otros servicios que brinda el sitio "Inter-nos". Para constatar los requerimientos de calidad y un correcto funcionamiento de la red se realizaron entrevistas a administradores de red de la UCI. Sobre los servicios que brinda la red actualmente y los que se aspira brindar en el futuro se entrevistó además al director de la Dirección de redes y Seguridad Informática de la UCI. Además se realizaron búsquedas científicas en el "Catálogo en Línea" y en "Bases de Datos Bibliográficas" en el Sitio Web de la Biblioteca de la UCI, donde se consultaron materiales de revistas especializadas y artículos sobre redes. Sin embargo la búsqueda no arrojó

ningún resultado sobre tesis elaboradas en nuestro país sobre el estudio del protocolo MPLS, que permite brindar calidad de servicio en redes informáticas.

Por tanto el **problema científico** de este trabajo está basado en ¿Cómo lograr un mejor aprovechamiento del ancho de banda en la red de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)?. El **objeto de estudio**, se enmarca en la calidad de servicio de la red de la Universidad de las Ciencias Informáticas, teniendo como **campo de acción** los protocolos que puedan brindar calidad de servicio en los nodos de comunicaciones de red de la UCI.

Una vez analizado el problema se requieren las siguientes **preguntas científicas**:

- ¿Cuáles son las tendencias internacionales en la utilización de protocolos para brindar calidad de servicio en redes LAN?
- ¿Cuáles son los elementos que caracterizan la red de la UCI?
- ¿Qué elementos a tener en cuenta para seleccionar un protocolo que brinde calidad de servicio en la red de la UCI?
- ¿Cuál sería la propuesta de utilización de protocolos de calidad de servicio para la red de la UCI?

El **objetivo general** de este trabajo es elaborar una propuesta de protocolos que contribuyan a la calidad de servicio en la red de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Para esto se hace necesario abordar **objetivos específicos**, tales como:

- Identificar los protocolos más utilizados para brindar calidad de servicio en redes LAN.
- Analizar la estructura y funcionamiento del protocolo MPLS.
- Describir los protocolos Diffserv y RSVP como complemento del protocolo MPLS.
- Caracterizar los servicios actuales y futuros de la UCI, así como sus exigencias a la red.

- Elaborar propuesta de utilización de protocolos de calidad de servicio para la red de la UCI.

Teniendo en cuenta estos objetivos se hace imprescindible definir cuales serán las **tareas de investigación** propuestas en este trabajo:

- Estudio de los Protocolos de calidad de servicio que existen en el mundo actualmente, con énfasis en MPLS, DiffServ y RSVP.
- Indagar sobre el término calidad de servicio y las ventajas que proporciona los protocolos para alcanzarla.
- Realizar un estudio del estado de los servicios que brinda la red de la UCI en los momentos actuales.
- Realizar un estudio de las necesidades futuras que requieran los usuarios de la UCI.

La tesis está estructurada en tres capítulos. En el Capítulo 1 se aborda la introducción del concepto de calidad de servicio en redes informáticas, la descripción de distintos protocolos que existen que permiten brindar calidad de servicio y la situación existente actualmente en el mundo en cuanto a la utilización del protocolo MPLS.

En el Capítulo 2 se describe la estructura y funcionamiento del protocolo MPLS, así como sus principales aplicaciones.

En el Capítulo 3 se realiza una caracterización de la red de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Se analizan los servicios que brinda actualmente y los servicios futuros que se desean añadir. Luego de realizado un análisis del equipamiento con que cuenta la red se realiza una propuesta de utilización de protocolos que permitan que la red cuente con calidad de servicio en un futuro.

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica. Calidad de Servicio

## 1.1 Introducción

En las eventuales congestiones de enlaces que son parte del recorrido del tráfico de paquetes entre dos equipos (host o terminal) de distintas redes, cada paquete de información compite por un poco de ancho de banda disponible para poder alcanzar su destino. Típicamente, las redes operan en la base de entrega del mejor esfuerzo (irónicamente llamado WWW: World Wide Wait), donde todo el tráfico tiene igual prioridad de ser entregado a tiempo. Cuando ocurre la congestión, todo este tráfico tiene la misma probabilidad de ser descartado.

En ciertos tipos de datos que circulan por las redes hoy en día, por ejemplo, tráficos con requerimientos de tiempo real (voz o video), se necesita que no ocurra pérdida de información, que exista un gran ancho de banda disponible, y que los retrasos en los envíos de estos paquetes de datos sean mínimos. Es por ello que surge la necesidad de aplicar Calidad de Servicio (QoS) en el nivel del transporte de datos, métodos de diferenciación de tráficos particulares con el fin de otorgar preferencia a estos datos sensibles.

## 1.2 Calidad de Servicio (QoS)

Se entiende por “Calidad de Servicio”, a la capacidad de una red para sostener un comportamiento adecuado del tráfico que transita por ella, garantizando un valor límite (máximo o mínimo) de alguno de los parámetros de QoS. Si el proveedor no se compromete en ningún parámetro se dice que lo que ofrece es un servicio de mejor esfuerzo ‘**best effort**’ [1].

El contrato que especifica los valores acordados entre el proveedor y el usuario (cliente) se denomina **SLA (Service Level Agreement)**, donde se establecen valores específicos para los parámetros que se muestran en la Tabla 1 [2].

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Significado</b>
Ancho de Banda (bandwidth)	Kbps	Indica el caudal máximo que se puede transmitir
Retardo (delay) o latencia (latency)	ms	El tiempo medio que tardan en llegar los paquetes
Jitter	ms	La fluctuación que se puede producir en el Retardo
Tasa de pérdidas (loss rate)	%	Proporción de paquetes perdidos respecto de los enviados

Tabla 1: Parámetros de la Calidad de Servicio.

Existen diferentes niveles de requerimientos de Calidad de Servicio para las distintas aplicaciones. En la Tabla 2 se muestran varios ejemplos [2].

<b>Tipo de aplicación</b>	<b>Ancho de Banda</b>	<b>Retardo</b>	<b>Jitter</b>	<b>Tasa de Pérdidas</b>
Interactivo (telnet, www)	Bajo	Bajo	Medio/alto	Media
Batch (e-mail, ftp)	Alto	Alto	Alto	Alta
Telefonía	Bajo	Bajo	Bajo	Baja
Vídeo interactivo	Alto	Bajo	Bajo	Baja
Vídeo unidireccional (streaming)	Alto	Medio/alto	Bajo	Baja
Frágil (ej.: emulación de circuitos)	Bajo	Bajo	Medio/alto	Nula

Tabla 2: Requerimientos de Calidad de Servicio.

Al contar con QoS, es posible asegurar una correcta entrega de la información necesaria o crítica, para ámbitos empresariales o institucionales, dando preferencia a aplicaciones de desempeño crítico, donde se comparten simultáneamente los recursos de red con otras aplicaciones no críticas. Esto se logra mediante un uso eficiente de los recursos ante una situación de congestión, seleccionando un tráfico específico de la red, priorizándolo según su importancia relativa, y utilizando métodos de control y evasión de congestión para darles un tratamiento preferencial. Implementando QoS en una red, hace al rendimiento de la red más predecible, y a la utilización de ancho de banda más eficiente.

Si bien es posible encontrarse con variadas técnicas de implementación de QoS, todas ellas tienen en común la clasificación o diferenciación de flujos de tráfico, en grupos llamados clases.

Existen variados métodos para establecer QoS en equipamientos de redes. Algoritmos avanzados de manejo de cola, modeladores de tráfico (traffic shaping), y mecanismos de filtrado mediante listas de acceso (access-list), han hecho que el proceso de elegir una estrategia de QoS sea más delicado.

Existen tres modelos en los que se divide el despliegue de calidad de servicio:

a) **Servicio de Mejor Esfuerzo:** Se le llama servicio de mejor esfuerzo al que la red provee cuando hace todo lo posible para intentar entregar el paquete a su destino, donde no hay garantía de que esto ocurra. Una aplicación enviará datos en cualquier cantidad, cuando lo necesite, sin pedir permiso o notificar a la red. Éste es el modelo utilizado por las aplicaciones de FTP y HTTP. Obviamente, este no es el modelo apropiado para aplicaciones sensibles al retardo o variaciones de ancho de banda, las cuales necesitan de un tratamiento especial. Por lo que este modelo no brinda calidad de servicio.

b) **Servicios Integrados:** El modelo de Servicios Integrados (IntServ: Integrated Services) provee a las aplicaciones de un nivel garantizado de servicio, negociando parámetros de red, de extremo a extremo. La aplicación solicita el nivel de servicio necesario para ella con el fin de operar apropiadamente, y se basa en la QoS para que se reserven los recursos de red necesarios antes de que la aplicación comience a operar. Estas reservaciones se mantienen en pie hasta que la aplicación termina o hasta que el ancho de banda requerido por ésta sobrepase el límite reservado para dicha aplicación. El modelo IntServ se basa en el Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP) para señalar y reservar la QoS deseada para cada flujo en la red. Debido a que la información de estados para cada reserva necesita ser mantenida por cada enrutador a lo largo de la ruta, la escalabilidad para cientos de miles de flujos a través de una red central, típicos de una red óptica, se convierte en un problema.

c) **Servicios Diferenciados.** Este modelo de Servicio Diferenciados (DiffServ) incluye un conjunto de herramientas de clasificación y mecanismos de cola que proveen a ciertas aplicaciones o protocolos con determinadas prioridades sobre el resto del tráfico en la red. Para ello cuenta con los enrutadores que se encuentran en los extremos de la red que realizan la clasificación de los distintos tipos de paquetes. El tráfico de red puede ser clasificado por dirección de red, protocolo, puertos, interfaz de ingreso o cualquier tipo de clasificación que pueda ser alcanzada mediante el uso de listas de acceso del modelo DiffServ. Esta arquitectura permite un mayor rendimiento en ambientes de bajo ancho de banda, y provee de un mayor potencial que una arquitectura IntServ.

A continuación se profundizará en las características de los protocolos orientados a brindar calidad de servicios en la red, así como su funcionamiento.

### ***1.3 Protocolos de calidad de servicio***

Los protocolos surgen como resultado del establecimiento de normas. En las redes de comunicación intervienen en el transporte de paquetes de información que viajan por la misma.

Como resultado del vertiginoso desarrollo de las redes en estos tiempos y de sus variadas prestaciones, existe un gran número de protocolos que se agrupan según su funcionamiento. Entre ellos se encuentran los protocolos orientados a brindar calidad de servicio en una red. Estos se utilizan principalmente para aplicaciones que requieren de un gran ancho de banda y en las cuales es importante que no exista pérdida de paquetes o retardo en la llegada de los mismos. Si para cumplir con estas demandas se sobredimensionara adecuadamente la red de transporte, lo que implica aumentar cuando resulte necesario los equipos de conmutación así como el ancho de banda disponible en los canales, habría que abaratar los sistemas de conmutación y transporte lo cual provoca una gestión ineficiente por definición de los recursos disponibles. Es por ello que se han implementado los protocolos de QoS como solución al problema del requerimiento de un elevado ancho de banda.

Entre estos protocolos podemos encontrar el Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP), Servicios Diferenciados (Diffserv) y MPLS (Multiprotocol Label Switching). De ellos se hace necesario profundizar en sus características para tener elementos a la hora de seleccionar su uso en una red determinada.

### ***1.3.1 Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP)***

El Protocolo de Reserva de Recursos es un protocolo de señalización que proporciona un control para la reserva, orientado fundamentalmente a redes IP. Surgió en 1990 por el grupo de trabajo de ingenieros de Internet (Internet Engineering Task Force, IETF) como el método definitivo para alcanzar calidad de servicio (QoS) hasta ese momento. Es un componente clave de la arquitectura de los Servicios Integrados en Internet IETF (IntServ) en la que se define el funcionamiento y la forma de petición e intercambio de información entre y para cada elemento de la red y así realizar un control de la calidad de servicio.

### Características fundamentales de RSVP:

- La reserva garantiza la QoS solicitada. Si no quedan recursos suficientes se rechaza la petición, es decir se ejerce control de admisión o CAC (Connection Admission Control).
- Cada router ha de mantener el detalle de todas las conexiones activas que pasan por él, y los recursos que cada una ha reservado. El router mantiene información de estado sobre cada flujo que pasa por él.
- Merging: En los diferentes nodos que se van atravesando en la red por el camino de datos, se va realizando un proceso de concentración de los diferentes mensajes de petición de reservas.
- Aunque se utilice en IP es un servicio orientado a conexión.
- Estado de reserva en cada nodo: El estado soft RSVP se crea y refresca periódicamente por mensajes Path y Resv.
- Estilos de reserva: Una petición de reserva incluye un conjunto de opciones que se conocen como el estilo de reserva. Las distintas combinaciones de estas opciones conforman los tres estilos de reserva en uso, Wildcar-Filter (WF), Fixed-Filter (FF) y Shared-Explicit (SE).

### Limitaciones de RSVP:

Hay tres problemas fundamentales que afectan al funcionamiento del protocolo RSVP, la escalabilidad, el routing y el no poder trabajar sobre redes no RSVP.

- El problema de la escalabilidad existe, dada la gran cantidad de señalización que aparecerá conforme la red vaya aumentando de tamaño, tanto en cuanto a rutas como en cuanto a usuarios. Esto se debe a que el router mantiene información de estado.
- El routing conlleva un problema, dado que el proceso de encaminamiento se realiza en el instante de establecer la sesión y enviar el mensaje Path. En este punto, los algoritmos de encaminamiento utilizados no tienen en cuenta cuales van a ser las características de

reserva solicitadas por el receptor, con lo cual puede que la decisión adoptada para establecer la ruta, no sea la más adecuada teniendo en cuenta sólo los parámetros de caracterización del tipo de QoS elegido.

- La certeza de que la ruta establecida podrá contener dispositivos intermedios que no implementen el protocolo RSVP, hará que la reserva extremo a extremo esté condicionada por dichos sistemas.
- Además de los mencionados anteriormente se puede agregar que los fabricantes de routers no han desarrollado implementaciones eficientes de RSVP, debido al elevado costo que tiene implementar en hardware los algoritmos necesarios para mantener gran cantidad de información de estado. Sin embargo se han desarrollado mejoras en RSVP que resuelven algunos de estos inconvenientes y ha resurgido el interés por RSVP para aplicarlo en MPLS (Multi Protocol Label Switching). En estos casos el número de flujos no suele ser muy grande.

### **1.3.2 Servicios Diferenciados (*Diffserv*)**

DiffServ es un protocolo de capa de red, que a diferencia de IntServ agrupa los requerimientos de QoS de una manera relativamente simple utilizando mecanismos de calidad de servicio para reducir la carga en dispositivos de la red a través de un mapeo entre flujos de tráfico y niveles de servicio. Los paquetes que pertenecen a una determinada clase se marcan con un código específico (DSCP – DiffServ CodePoint). Este código es todo lo que se necesita para identificar una clase de tráfico. La diferenciación de servicios se logra mediante la definición de comportamientos específicos para cada clase de tráfico entre dispositivos de interconexión, hecho conocido como PHB (Per Hop Behavior).

De esta manera a través de DiffServ se plantea asignar prioridades a los diferentes paquetes que son enviados a la red. Los nodos intermedios (routers) tendrán que analizar estos paquetes y tratarlos según sus necesidades. Dentro del grupo de trabajo de DiffServ de la IETF, se define en

el campo DS (Differentiated Services) donde se especificarán las prioridades de los paquetes. En el subcampo DSCP (Differentiated Service CodePoint) se especifica la prioridad de cada paquete. Estos campos son válidos tanto para IPv4 como IPv6.

### Características fundamentales de Diffserv:

- Intenta evitar los problemas de escalabilidad que plantea IntServ/RSVP.
- Se basa en el marcado de paquetes únicamente. No hay reserva de recursos por flujo, no hay protocolo de señalización, no hay información de estado en los routers.
- Los routers solo han de saber que tratamiento deben dar a cada clase. Esto lo saben por configuración y no es información de estado.
- Las garantías de calidad de servicio no son tan severas como en IntServ pero en muchos casos se consideran suficientes.
- En vez de distinguir flujos individuales clasifica los paquetes en categorías (según el tipo de servicio solicitado). A cada categoría le corresponde un SLA (Service Level Agreement).
- Los routers tratan cada paquete según su categoría (que viene marcada en la cabecera del paquete).

La información de QoS cabalga 'montada' en los datagramas en el campo DS. El mismo está formado por el DSCP y el CU, como se muestra en la Figura 1.1. El DSCP: Differentiated Services CodePoint, son seis bits que indican el tratamiento que debe recibir este paquete en los routers y el CU: Currently Unused (reservado) es un campo de dos bits que se utiliza para control de congestión.

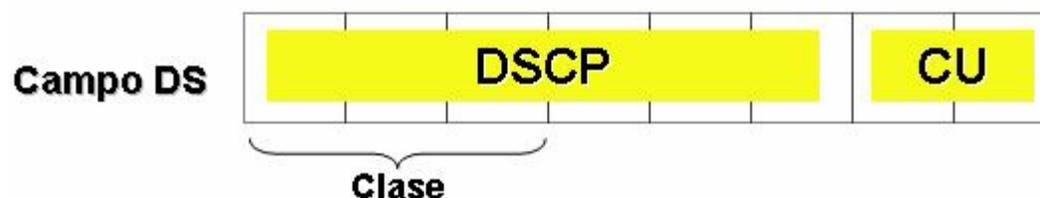


Figura 1.1: Campo DS de DiffServ.

DiffServ permite tres tipos de servicios. Los mismos permiten dar tratamientos diferentes a los distintos servicios que son enviados a través de una red, la descripción de los mismos se observa en la Tabla 3.

<b>Servicio</b>	<b>Características</b>
Envío acelerado o Premium	<ul style="list-style-type: none"><li>• Es el que da más garantías: El SLA establece un ancho de banda mínimo, tasa máxima de pérdida de paquetes, retardo máximo y jitter máximo.</li><li>• Es el que da mayor seguridad.</li></ul>
Envío Asegurado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Asegura un trato preferente, pero sin fijar garantías (no hay SLA)</li><li>• Se definen cuatro clases y en cada una tres niveles de descarte de paquetes (alta, media y baja).</li></ul>
Mejor Esfuerzo	<ul style="list-style-type: none"><li>• No ofrece garantía de calidad de servicio.</li></ul>

Tabla 3: Tipos de Servicio del protocolo DiffServ.

Diffserv al contar con 6 bits en el DSCP, le permite brindar 64 categorías de tráficos posibles. Las mismas son se agrupan en los tres tipos de servicios mencionados anteriormente y tienen una precedencia determinada de 0-7, que se corresponde con el tratamiento que reciben los paquetes al pasar por un router. En la Tabla 4 se muestra el significado de las clases del campo DSCP del protocolo DiffServ y su correspondencia con los tipos de servicio.

<b>Rango (decimal)</b>	<b>Valor (binario)</b>	<b>Significado</b>	<b>Precedencia Equivalente</b>
56-63	111xxx	Control de la red	7
48-55	110xxx	Control de la red	6
40-47	101xxx	Premium	5
32-39	100xxx	Envío Asegurado clase 4	4
24-31	011xxx	Envío Asegurado clase 3	3
16-23	010xxx	Envío Asegurado clase 2	2
8-15	001xxx	Envío Asegurado clase 1	1
0-7	000xxx	Mejor Esfuerzo (por defecto)	0

Tabla 4: Significado de las clases del campo DSCP.

El DSCP (la clase) se asigna según alguna característica del paquete: IP origen/destino o puerto origen/destino. Se puede incluso identificar y clasificar paquetes que pertenecen a protocolos que utilizan puertos dinámicos por el patrón de tráfico que generan. El router de ingreso al dominio DiffServ se encarga de marcar el campo DSCP, de acuerdo con la política de QoS, y el resto solo han de realizar el tratamiento que corresponde según el DSCP.

### **Limitaciones de Diffserv:**

- Conseguir que el modelo Diffserv se ponga en funcionamiento requerirá un gran trabajo de ingeniería de red así como un dimensionamiento adecuado para alcanzar determinados parámetros QoS como puede ser un caudal o retardo asegurados.
- Si un paquete atraviesa diferentes ISP en Internet, el valor del byte DS puede ser modificado en cualquier equipo intermedio según las políticas de tráfico y diferentes contratos SLA tengan entre estos ISP. De esta forma, una calidad extremo a extremo sólo

será alcanzable cuando todos los elementos involucrados en la cadena (dominios Diffserv) actúen según las mismas políticas.

- El principal beneficiario de la reserva de QoS será el destino, siendo el origen el que debe pagar por conseguir ese trato diferenciado de su tráfico. De esta forma surgen conflictos por ejemplo en la descarga de audio-streaming, donde el que pagaría sería el servidor en lugar del usuario receptor.
- La reserva de QoS es unidireccional. En muchos casos esto no planteará ningún problema. Sin embargo en el establecimiento de una conexión TCP, si la reserva es unidireccional los paquetes ACK que viajen en sentido contrario tendrán el tratamiento normal (best-effort) de paquetes, lo que podría llevar a que la QoS final conseguida se limitase a la de los paquetes ACK (que limitan el manejo de la ventana de transmisión).

Como se aprecia las principales desventajas de Diffserv se presentan a la hora de realizar tráfico de paquetes por Internet. Si este tráfico ocurriese dentro de una red LAN, controlada por la empresa de esta red, muchos de estos aspectos no serían inconvenientes.

### **1.3.3 MPLS (Multiprotocol Label Switching)**

MPLS (Multiprotocol Label Switching) es una tecnología estándar para acelerar y facilitar el manejo del tráfico en la red. Involucra la construcción de rutas específicas para una secuencia de paquetes, identificando cada paquete con una etiqueta, ahorrando el tiempo que requiere un enrutador para buscar la dirección del siguiente nodo al que debe enviar el paquete. MPLS es multiprotocolo porque trabaja con protocolos de red IP, ATM, y Frame Relay [3].

MPLS permite el manejo de los paquetes en la capa 2 (switchero) en vez de la capa 3 (enrutamiento) del modelo OSI. Además de acelerar el tráfico, MPLS también facilita el manejo de la calidad de servicio, razón por la cual tiene una gran aplicación en redes LAN donde se brinden servicios que consuman un considerable ancho de banda.

MPLS es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.

No es posible hablar de QoS sin mencionar MPLS debido a que por sus prestaciones es considerada fundamental en la construcción de los nuevos cimientos para la Internet del siglo XXI.

### **1.4 Estado de MPLS en el mundo**

Varias empresas han jugado un papel fundamental en el desarrollo de MPLS a nivel global. Un ejemplo de ello es Cisco System, primera empresa en implementar MPLS en un ambiente productivo, los primeros en implementar ingeniería de tráfico y redes privadas virtuales (VPN) MPLS. También se puede mencionar a BT Global Services, que posee la mayor red MPLS del mundo con 28.000 puertos en más de 70 países, como se puede apreciar en la Figura 1.2 (Ver anexo 1). Es el segundo proveedor de servicios de datos más importante del mundo y fue el primero en ofrecer servicios de calidad PSTN (Red pública de telefonía conmutada) en una red de telefonía IP.

Sprint es una empresa global de comunicaciones que presta servicios a 26 millones de clientes corporativos y residenciales. Está reconocida por su capacidad para desarrollar e instalar tecnologías de redes de alta calidad, incluyendo la primera red digital de fibra óptica de Estados Unidos y la prestigiosa red medular Tier 1 de Internet. Esta empresa está extendiendo su oferta de MPLS VPN en más de 100 países en Europa, Asia y América Latina, suministrando una solución segura diseñada para soportar la convergencia de voz, video y datos en una única red basada en la plataforma IP VPN.

Además se pueden mencionar importantes proveedores de servicios basados en MPLS como AT&T, ADSL, Acens, Verizon Business; o a la importante compañía “Telefónica” con sedes en Europa, España y Latinoamérica.

En Europa es donde mayor desarrollo ha alcanzado MPLS destacándose en ello Alemania, país en el que tiene una amplia presencia la red MPLS de BT.

A continuación se detalla la experiencia de dos empresas, SITEL y Ascott, en la aplicación de MPLS en sus redes y los beneficios que les ha reportado.

SITEL es una de las mayores empresas especializadas en outsourcing de contact centres. La empresa está presente en 23 países y proporcionan servicios en más de 25 idiomas. Actualmente, gestiona cerca de dos millones diarios de contactos de clientes por teléfono, correo electrónico, Internet, correo tradicional y otros medios. SITEL buscaba una alternativa a su red Frame Relay en Europa. La red existente no sólo era incapaz de satisfacer los requisitos de crecimiento de la empresa, sino que tampoco era lo suficientemente flexible para soportar el entorno dinámico en el que actuaba la compañía. Desde la implantación de una plataforma BT MPLS, SITEL ha recibido un número creciente de solicitudes de servicios basados en Voz sobre IP (VoIP) de sus clientes en Europa. La flexibilidad de la solución MPLS ha permitido que SITEL creara la amplia red de conexiones con las que debe contactar a diario para ofrecer servicios en outsourcing.

Líder internacional de los aparthoteles con servicios hoteleros, el Grupo Ascott posee 13.800 establecimientos en pleno centro de las grandes ciudades de Europa y Asia distribuidos en más de 16 países. Easynet ha implementado una solución de red privada virtual (VPN IP) con tecnología MPLS que permite la gestión de las aplicaciones de Ascott Europe en Francia y en Europa. Se ha propuesto una configuración de arquitectura mallada "todos con todos", lo que facilita la adición o supresión de sedes cuando las necesidades del cliente evolucionan.

En América Latina y el Caribe también encontramos empresas que brindan soluciones MPLS. La red de AT&T está presente en más de 60 países de todo el mundo y en esta región en específico ofrece una gran variedad de servicios, incluyendo: AT&T Virtual Private Networks, AT&T Connectivity Services, AT&T Remote Access Services, AT&T Business Internet Services, AT&T Global Managed Internet Services y AT&T Virtual Tunneling Services.

BT Global Services tiene ya una presencia MPLS en esta región de 19 puntos, una vez que ha sumado recientemente dos nuevos nodos en Brasil y Argentina a través del proveedor de red ImpSat.

De igual forma Telmex, empresa líder de telecomunicaciones en América Latina, tiene una alianza comercial con Kentucky Fried Chicken (KFC) desde el año 2004, para proveer servicios de telecomunicaciones y así conectar todas sus sucursales en Chile. La plataforma Multiservicios IP Data MPLS entregada a KFC consiste en una solución orientada a la interconexión de redes LAN con protocolo IP. Petróleos Mexicanos (Pemex), desde el año 2001, decidió implementar la tecnología MPLS en sus redes, que se encontraba sustentada en nodos ATM. Para ello fueron seleccionadas las empresas Cisco e Intersys por su vasta experiencia en soluciones IP.

En Cuba, MPLS ha sido tema novedoso de discusión en varios eventos informáticos por parte de ponentes extranjeros. ETECSA estudia implementar MPLS en su backbone nacional desde el año 2004. Actualmente estos planes están en negocio con el apoyo de China.

### **1.4.1 Evolución de MPLS.**

MPLS ha ido evolucionando y aparecen nuevas propuestas específicamente para redes ópticas. Así surge GMPLS (Generalized MultiProtocol Label Switching), también conocido como MPLS (MultiProtocol Lambda Switching). Se trata asimismo de un avance evolutivo lógico de MPLS que

soporta no sólo la conmutación de paquetes, sino también la conmutación en el tiempo, en longitud de onda y de fibras ópticas. Es decir, GMPLS abarca, además de los routers IP y los switches ATM, dispositivos de conmutación tales como conmutadores digitales de señales multiplexadas en el tiempo o DXC, conmutadores de longitudes de onda con conversión electro óptica o OXC y conmutadores de longitudes de onda totalmente ópticos o PXC.

Para ello, GMPLS extiende ciertas funciones base del tradicional MPLS y, en algunos casos, añade nueva funcionalidad. Estas adaptaciones han supuesto la extensión de los mecanismos de etiqueta y de LSP para crear etiquetas generalizadas y G-LSP (Generalized LSP); afectan también a los protocolos de encaminamiento y señalización para actividades tales como la distribución de etiquetas, la ingeniería del tráfico y la protección y restauración de enlaces.

### **1.5 Conclusiones del capítulo**

Para lograr el adecuado funcionamiento de una red sin duda es de vital importancia la implementación de calidad de servicio que permite hacer un uso eficiente de los recursos en la misma. Varias son las alternativas con que se cuenta hoy en día para ello, comenzando por el protocolo RSVP y seguido por Diffserv, que a pesar de haber sido desarrollado con posterioridad a RSVP ha alcanzado una mayor extensión debido a su escalabilidad. Otro modelo muy estudiado es la tecnología MPLS cuya función es acelerar y facilitar el manejo del tráfico en la red. Si bien es cierto que no proporciona calidad de servicio por sí misma, es muy útil para realizar ingeniería de tráfico. Integrado con Diffserv es una buena línea para mejorar las redes IP, puesto que MPLS actúa al nivel de enlace-red proporcionando un método de envío rápido por su conmutación de etiquetas y sus caminos LSP (*Label Switched Path*); y DiffServ realiza la diferenciación y priorización del tráfico necesaria para dotar a IP de QoS.

MPLS ha tenido gran aceptación en el mundo entero, y cada vez son más las empresas que lo implementan en sus redes. Esta novedosa alternativa con múltiples aplicaciones dentro del área

de las telecomunicaciones y las redes de datos no es un protocolo que venga a reemplazar a IP, sino una tecnología que lo complementa. Es el protocolo que dará nueva vida al ampliamente utilizado Protocolo de Internet.

### Capítulo 2: Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS)

#### 2.1 Introducción

MPLS, cuyas siglas en inglés se refieren a la Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (Multiprotocol Label Switching), es un estándar emergente del IETF2. Surgió para consensuar diferentes soluciones de conmutación multinivel, propuestas por distintos fabricantes a mitad de los 90. Como concepto, MPLS es un poco complejo de explicar, como protocolo es bastante sencillo. Su implementación puede ser un tanto compleja, pero debido a las aplicaciones que posee bien vale la pena el esfuerzo que requiere su implementación. Según el énfasis que se ponga a la hora de explicar sus características y utilidad, MPLS se puede presentar como un sustituto de la conocida arquitectura IP sobre ATM; también como un protocolo para hacer túneles (sustituyendo a las técnicas habituales de "tunneling"); o bien, como una técnica para acelerar el encaminamiento de paquetes. En realidad, MPLS hace un poco de todo eso, ya que integra sin discontinuidades los niveles 2 (enlace) y 3 (red) del modelo OSI, combinando eficazmente las funciones de control del routing con la simplicidad y rapidez de la conmutación de nivel 2.

Pero, ante todo se debe considerar MPLS como el avance más reciente en la evolución de las tecnologías de control y envío en las redes IP, lo que implica una evolución en la manera de construir y gestionar estas redes. Los problemas que presentan las soluciones actuales de IP sobre ATM, tales como la expansión sobre una topología virtual superpuesta, así como la complejidad de gestión de dos redes separadas y tecnológicamente diferentes, quedan resueltos con MPLS. Al combinar en uno solo lo mejor de cada nivel (la inteligencia del routing con la rapidez del switching), MPLS ofrece nuevas posibilidades en la gestión de backbones, así como en la provisión de nuevos servicios de valor añadido.

### **2.2 Antecedentes de MPLS**

A mediados de los 90 el crecimiento explosivo de la Internet había generado un déficit de ancho de banda en aquel esquema de enlaces individuales. La respuesta fue por una parte el incremento del número de enlaces y de la capacidad de los mismos, y por otro aprovechar mejor los recursos de red existentes, sobre todo la utilización eficaz del ancho de banda de todos los enlaces. Se impulsaron los esfuerzos para poder aumentar el rendimiento de los routers tradicionales. Estos esfuerzos trataban de combinar, de diversas maneras, la eficacia y la rentabilidad de los conmutadores ATM con las capacidades de control de los routers IP. A favor de integrar los niveles 2 y 3 estaba el hecho de las infraestructuras de redes ATM que estaban desplegando los operadores de telecomunicación. Estas redes ofrecían entonces (1995-97) una buena solución a los problemas de crecimiento.

**El modelo de red "IP sobre ATM" (IP/ATM)** facilitó la entrada de los operadores telefónicos en la provisión de servicios IP y de conexión a la Internet al por mayor. El funcionamiento IP/ATM supone la superposición de una topología virtual de routers IP sobre una topología real de conmutadores ATM. El backbone ATM se presenta como una nube central (el núcleo) rodeada por los routers de la periferia. Cada router comunica con el resto mediante los circuitos virtuales permanentes (PVC) que se establecen sobre la topología física de la red ATM. Los PVC actúan como circuitos lógicos y proporcionan la conectividad necesaria entre los routers de la periferia. Estos, sin embargo, desconocen la topología real de la infraestructura ATM que sustenta los PVC. Los routers ven los PVC como enlaces punto a punto entre cada par.

La solución de superponer IP sobre ATM permite aprovechar la infraestructura ATM existente. Las ventajas inmediatas son el ancho de banda disponible y la rapidez de transporte de datos que proporcionan los conmutadores. Sin embargo, el modelo IP/ATM tiene también sus inconvenientes: hay que gestionar dos redes diferentes, una infraestructura ATM y una red lógica

IP superpuesta, lo que supone a los proveedores de servicio unos mayores costes de gestión global de sus redes.

La convergencia continuada hacia IP de todas las aplicaciones existentes, junto a los problemas de rendimiento derivados de la solución IP/ATM, llevaron posteriormente (1997-98) a que varios fabricantes desarrollasen técnicas para realizar la integración de niveles de forma efectiva, sin las discontinuidades señaladas anteriormente.

Esas técnicas se conocieron como "**conmutación IP**" (**IP switching**) o "conmutación multinivel" (multilayer switching). Una serie de tecnologías privadas, entre las que puede mencionarse: IP Switching de Ipsilon Networks, Tag Switching de Cisco, Aggregate Route-Base IP Switching (ARIS) de IBM, IP Navigator de Cascade/Ascend/Lucent y Cell Switching Router (CSR) de Toshiba, condujeron finalmente a la adopción del actual estándar MPLS del IETF. El problema que presentaban tales soluciones era la falta de interoperatividad, ya que usaban diferentes tecnologías privadas para combinar la conmutación de nivel 2 con el encaminamiento IP (nivel 3). Estos problemas fueron solucionados con la aparición de MPLS.

### ***2.3 MPLS como solución real***

Anteriormente se mencionó que el problema principal que presentaban las diversas soluciones de conmutación multinivel era la falta de interoperatividad entre productos privados de diferentes fabricantes. Además de ello, la mayoría de esas soluciones necesitaban ATM como transporte, pues no podían operar sobre infraestructuras de transmisión mixtas (Frame Relay, PPP, SONET/SDH y LAN). Se quería obtener un estándar que pudiera funcionar sobre cualquier tecnología de transporte de datos en el nivel de enlace. De aquí que el Grupo de Trabajo de MPLS que se estableció en el IETF en 1997 se propuso como objetivo la adopción de un estándar unificado e interoperativo.

## Capítulo 2: Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS)

Los objetivos establecidos por ese grupo en la elaboración del estándar eran [4]:

- MPLS debía funcionar sobre cualquier tecnología de transporte, no sólo ATM.
- MPLS debía soportar el envío de paquetes tanto unicast como multicast.
- MPLS debía ser compatible con el Modelo de Servicios Integrados del IETF, incluyendo el protocolo RSVP8.
- MPLS debía permitir el crecimiento constante de la Internet.
- MPLS debía ser compatible con los procedimientos de operación, administración y mantenimiento de las actuales redes IP.

Todas las soluciones de conmutación multinivel (incluido MPLS) se basan en dos componentes básicos comunes:

- La separación entre las funciones de control (routing) y de envío (forwarding).
- El paradigma de intercambio de etiquetas para el envío de datos.

La componente de control utiliza los protocolos estándar de encaminamiento (RIP, OSPF, IS-IS y BGP-4) para el intercambio de información con los otros routers para la construcción y el mantenimiento de las tablas de encaminamiento. La componente de envío examina la información de la cabecera del paquete, busca en la tabla de envío la entrada correspondiente y dirige el paquete desde la interfaz de entrada al de salida a través del correspondiente hardware de conmutación.

Al separar la componente de control (encaminamiento) de la componente de envío, cada una de ella se puede implementar y modificar independientemente. El único requisito es que la componente de encaminamiento mantenga la comunicación con la de envío mediante la tabla de envío de paquetes y actualice la información. El mecanismo de envío se implementa mediante el intercambio de etiquetas, pero lo que se envía por la interfaz física de salida son paquetes "etiquetados". De este modo, se está integrando realmente en el mismo sistema las funciones de conmutación y de encaminamiento.

En cuanto a la etiqueta que marca cada paquete, es importante decir que es un campo de 20 bits, que se añade a la cabecera del mismo y que identifica una "clase equivalente de envío" (Forwarding Equivalence Class, FEC). Una FEC es un conjunto de paquetes que se envían sobre el mismo camino a través de una red, aún cuando sus destinos finales sean diferentes. Por ejemplo, en el encaminamiento convencional IP por prefijos de red (longest-match) una FEC serían todos los paquetes unicast cuyas direcciones de destino tengan el mismo prefijo. Una etiqueta, tiene solamente significado local y, por consiguiente, no modifica la información de la cabecera de los paquetes; tan sólo los encapsula, asignando el tráfico a los correspondientes FEC.

El algoritmo de intercambio de etiquetas permite así la creación de "caminos virtuales" conocidos como LSP (Label-Switched Paths), funcionalmente equivalentes a los PVC de ATM y Frame Relay. Estos permiten imponer una conectividad entre extremos a una red no conectiva por naturaleza, como son las redes IP, pero todo ello sin perder la visibilidad del nivel de red (de aquí los nombres de conmutación IP o conmutación multinivel). Esta es la diferencia básica con el modelo IP/ATM.

### ***2.4 Descripción funcional de MPLS***

La operación del MPLS se basa en las componentes funcionales de envío y control, abordadas anteriormente, y que actúan ligadas íntimamente entre sí. Esta es una de las principales características de MPLS, la que proporciona una gran ventaja a la hora de administrar una red donde se implemente MPLS. Sin embargo, existen otros aspectos de su funcionamiento que son necesarios explicar para un mejor entendimiento. A continuación se aborda cómo es manejado el **envío de paquetes, el control de la información y el funcionamiento global** en MPLS.

### 2.4.1 Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS

La base del MPLS está en la asignación e intercambio de etiquetas ya expuesto, que permiten el establecimiento de los caminos LSP por la red. Los LSP son simplex por naturaleza (se establecen para un sentido del tráfico en cada punto de entrada a la red); para el tráfico dúplex requiere dos LSP, uno en cada sentido. Cada LSP se crea a base de concatenar uno o más saltos (hops) en los que se intercambian las etiquetas, de modo que cada paquete se envía de un "conmutador de etiquetas" (Label-Switching Router) a otro, a través del dominio MPLS como se muestra en la Figura 2.1. Un LSR no es sino un router especializado en el envío de paquetes etiquetados por MPLS.

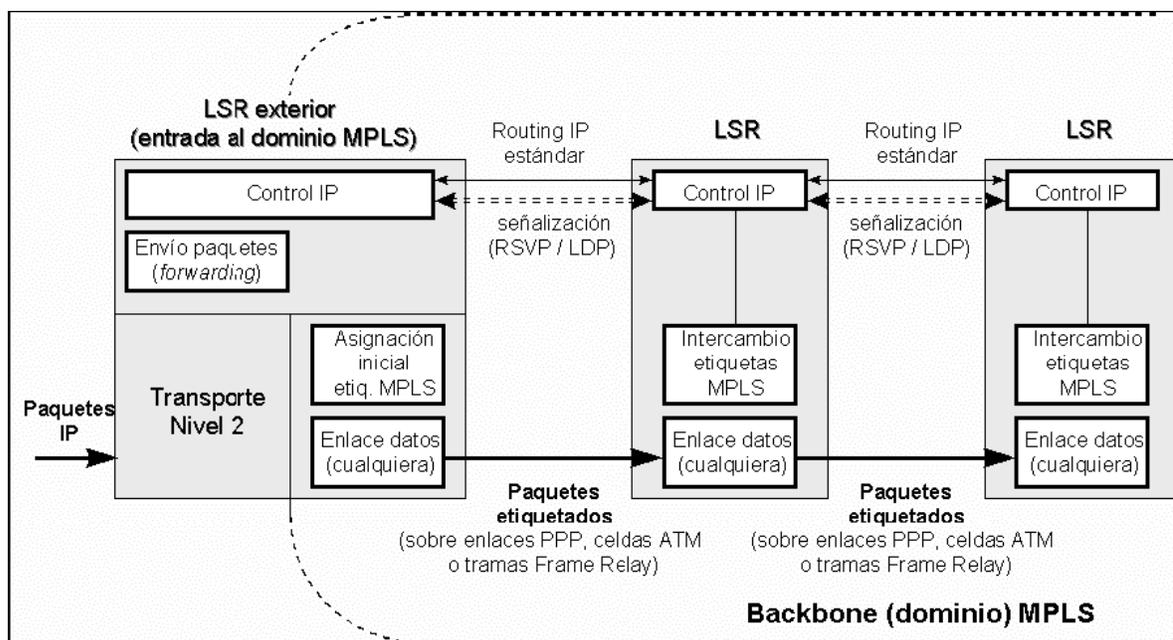


Figura 2.1: Esquema funcional de MPLS.

Al igual que en las soluciones de conmutación multinivel, MPLS separa las dos componentes funcionales de control (routing) y de envío (forwarding). Del mismo modo, el envío se implementa mediante el intercambio de etiquetas en los LSP.

## Capítulo 2: Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS)

---

Sin embargo, MPLS no utiliza ninguno de los protocolos de señalización ni de encaminamiento definidos por el ATM Forum; en lugar de ello, en MPLS o bien se utiliza el protocolo RSVP o bien un nuevo estándar de señalización (el Label Distribution Protocol, LDP). Pero, de acuerdo con los requisitos del IETF, el transporte de datos puede ser cualquiera. Si éste fuera ATM, una red IP habilitada para MPLS es ahora mucho más sencilla de gestionar que la solución clásica IP/ATM.

Ahora ya no hay que administrar dos arquitecturas diferentes a base de transformar las direcciones IP y las tablas de encaminamiento en las direcciones y el encaminamiento ATM: esto lo resuelve el procedimiento de intercambio de etiquetas MPLS. El papel de ATM queda restringido al mero transporte de datos basado en celdas. Para MPLS esto es indiferente, ya que puede utilizar otros transportes como Frame Relay, o directamente sobre líneas punto a punto.

Un camino LSP es el circuito virtual que siguen por la red todos los paquetes asignados a la misma FEC. Al primer LSR que interviene en un LSP se le denomina de entrada o de cabecera y al último se le denomina de salida o de cola. Los dos están en el exterior del dominio MPLS. El resto, entre ambos, son LSR interiores del dominio MPLS. Un LSR es como un router que funciona a base de intercambiar etiquetas según una tabla de envío. Esta tabla se construye a partir de la información de encaminamiento que proporciona la componente de control. El algoritmo de intercambio de etiquetas requiere la clasificación de los paquetes a la entrada del dominio MPLS para poder hacer la asignación por el LSR de cabecera.

Dentro del dominio MPLS los LSR ignoran la cabecera IP; solamente analizan la etiqueta de entrada, consultan la tabla correspondiente (tabla de conmutación de etiquetas) y la reemplazan por otra nueva, de acuerdo con el algoritmo de intercambio de etiquetas. Al llegar el paquete al LSR de cola (salida), ve que el siguiente salto lo saca de la red MPLS; al consultar ahora la tabla de conmutación de etiquetas quita ésta y envía el paquete por routing convencional. Por tanto, la identidad del paquete original IP queda enmascarada durante el transporte por la red MPLS, que

## Capítulo 2: Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS)

no "mira" sino las etiquetas que necesita para su envío por los diferentes saltos LSR que configuran los caminos LSP.

Las etiquetas se insertan en cabeceras MPLS, entre los niveles 2 y 3. Según las especificaciones del IETF, MPLS debía funcionar sobre cualquier tipo de transporte: PPP, LAN, ATM, Frame Relay, etc. Por ello, si el protocolo de transporte de datos contiene ya un campo para etiquetas (como ocurre con los campos VPI/VCI de ATM y DLCI de Frame Relay), se utilizan esos campos nativos para las etiquetas. Sin embargo, si la tecnología de nivel 2 empleada no soporta un campo para etiquetas, (por ejemplo enlaces PPP o LAN), entonces se emplea una cabecera genérica MPLS de 4 octetos, que contiene un campo específico para la etiqueta y que se inserta entre la cabecera del nivel 2 y la del paquete (nivel 3).

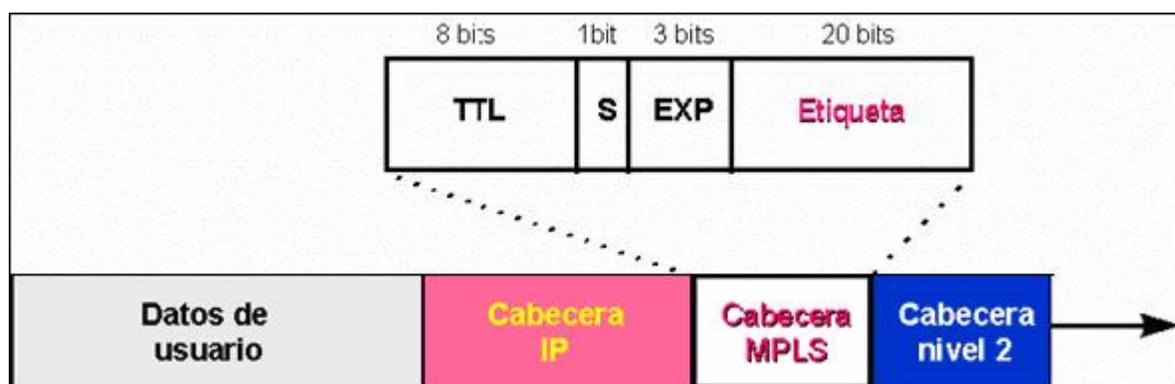


Figura 2.2: Estructura de la cabecera genérica MPLS.

En la Figura 2.2 se representa el esquema de los campos de la cabecera genérica MPLS y su relación con las cabeceras de los otros niveles. Según se muestra en la figura, los 32 bits de la cabecera MPLS se reparten en: 20 bits para la etiqueta MPLS, 3 bits para identificar la clase de servicio en el campo EXP (experimental, anteriormente llamado CoS), 1 bit de stack para poder apilar etiquetas de forma jerárquica (S) y 8 bits para indicar el TTL (time-to-live) que sustenta la

funcionalidad estándar TTL de las redes IP. De este modo, las cabeceras MPLS permiten cualquier tecnología o combinación de tecnologías de transporte, con la flexibilidad que esto supone para un proveedor IP a la hora de extender su red.

### **2.4.2 Control de la información en MPLS**

Hasta ahora se ha visto el mecanismo básico de envío de paquetes a través de los LSP mediante el procedimiento de intercambio de etiquetas según las tablas de los LSR. Pero queda por ver dos aspectos fundamentales:

1. Cómo se generan las tablas de envío que establecen los LSP.
2. Cómo se distribuye la información sobre las etiquetas a los LSR.

El primero de ellos está relacionado con la información que se tiene sobre la red: topología, patrón de tráfico, características de los enlaces, etc. MPLS necesita esta información de routing para establecer los caminos virtuales LSP. Para ello utiliza la propia información de encaminamiento que manejan los protocolos internos IGP (OSPF, IS-IS, RIP...) para construir las tablas de encaminamiento. De esta forma MPLS para cada "ruta IP" en la red crea un "camino de etiquetas" a base de concatenar las de entrada/salida en cada tabla de los LSR.

El segundo aspecto se refiere a la información de "señalización", necesaria para marcar el camino en un circuito virtual. Sin embargo, la arquitectura MPLS no asume un único protocolo de distribución de etiquetas. Para ello han sido implementados protocolos que permiten que el manejo de etiquetas y servicios asociados puedan funcionar en mejores condiciones. Este es el caso de LDP (Label Distribution Protocol) o Protocolo de Distribución de Etiquetas, que permite que los conmutadores puedan localizar y conectar con sus vecinos para intercambiar información sobre rutas de conmutación de etiquetas. Además se puede utilizar RSVP (Resource Reservation Protocol), Protocolo de Reservación de Recursos, del Modelo de Servicios Integrados del IETF.

### 2.4.3 Funcionamiento global MPLS

Una vez vistos todos los componentes funcionales, el esquema global de funcionamiento es el que se muestra en la Figura 2.3, donde quedan reflejadas las diversas funciones en cada uno de los elementos que integran la red MPLS. Es importante destacar que en el borde de la nube MPLS tenemos una red convencional de routers IP. El núcleo MPLS proporciona una arquitectura de transporte que hace aparecer a cada par de routers a una distancia de un sólo salto. Funcionalmente es como si estuvieran unidos todos en una topología mallada (directamente o por PVC ATM). Ahora, esa unión a un solo salto se realiza por MPLS mediante los correspondientes LSP (puede haber más de uno para cada par de routers).

La diferencia con topologías conectivas reales es que en MPLS la construcción de caminos virtuales es mucho más flexible y que no se pierde la visibilidad sobre los paquetes IP. Todo ello abre enormes posibilidades a la hora de mejorar el rendimiento de las redes y de soportar nuevas aplicaciones de usuario.

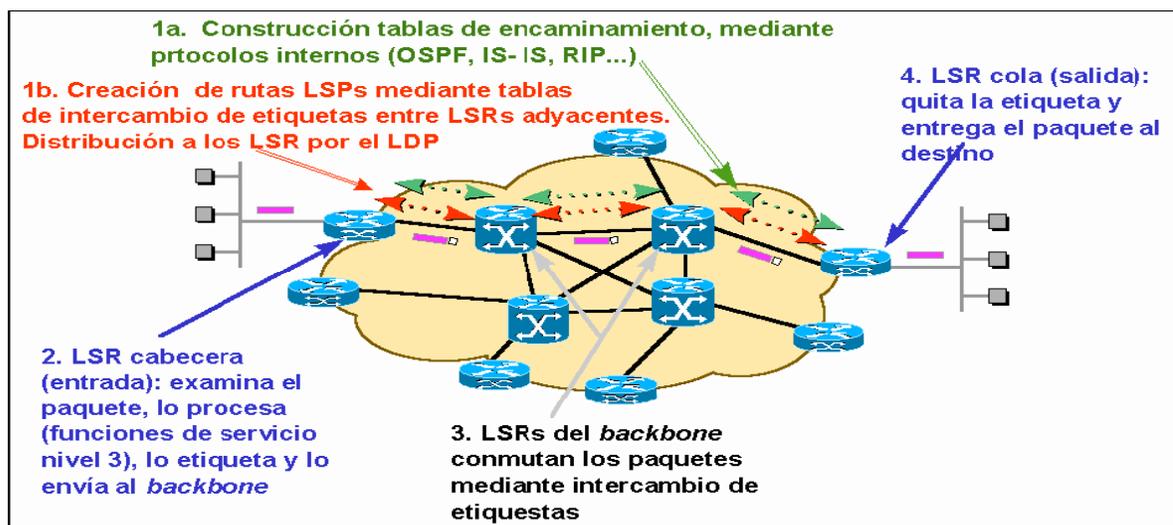


Figura 2.3: Funcionamiento de una red MPLS.

### **2.5 Aplicaciones de MPLS**

Las principales aplicaciones que hoy en día tiene MPLS son: la ingeniería de tráfico, la diferenciación de servicio mediante clases (CoS) y el servicio de redes privadas virtuales (VPN). Veamos brevemente las características de estas aplicaciones y las ventajas que MPLS supone para ello frente a otras soluciones tradicionales.

#### **2.5.1 Ingeniería de tráfico**

El objetivo básico de la ingeniería de tráfico es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red. La idea es equilibrar de forma óptima la utilización de esos recursos, de manera que no haya algunos que estén sobre utilizados, con posibles puntos calientes y cuellos de botella, mientras otros puedan estar poco utilizados. Los flujos de tráfico siguen el camino más corto calculado por el algoritmo IGP correspondiente.

En casos de congestión de algunos enlaces, el problema se resolvía a base de añadir más capacidad a los enlaces. La ingeniería de tráfico consiste en trasladar determinados flujos seleccionados por el algoritmo IGP sobre enlaces más congestionados, a otros enlaces más descargados, aunque estén fuera de la ruta más corta (con menos saltos).

En el esquema de la Figura 2.4 se comparan estos dos tipos de rutas para el mismo par de nodos origen-destino. El camino más corto entre A y B según la métrica normal IGP es el que tiene sólo dos saltos, pero puede que el exceso de tráfico sobre esos enlaces o el esfuerzo de los routers correspondientes haga aconsejable la utilización del camino alternativo indicado con un salto más.

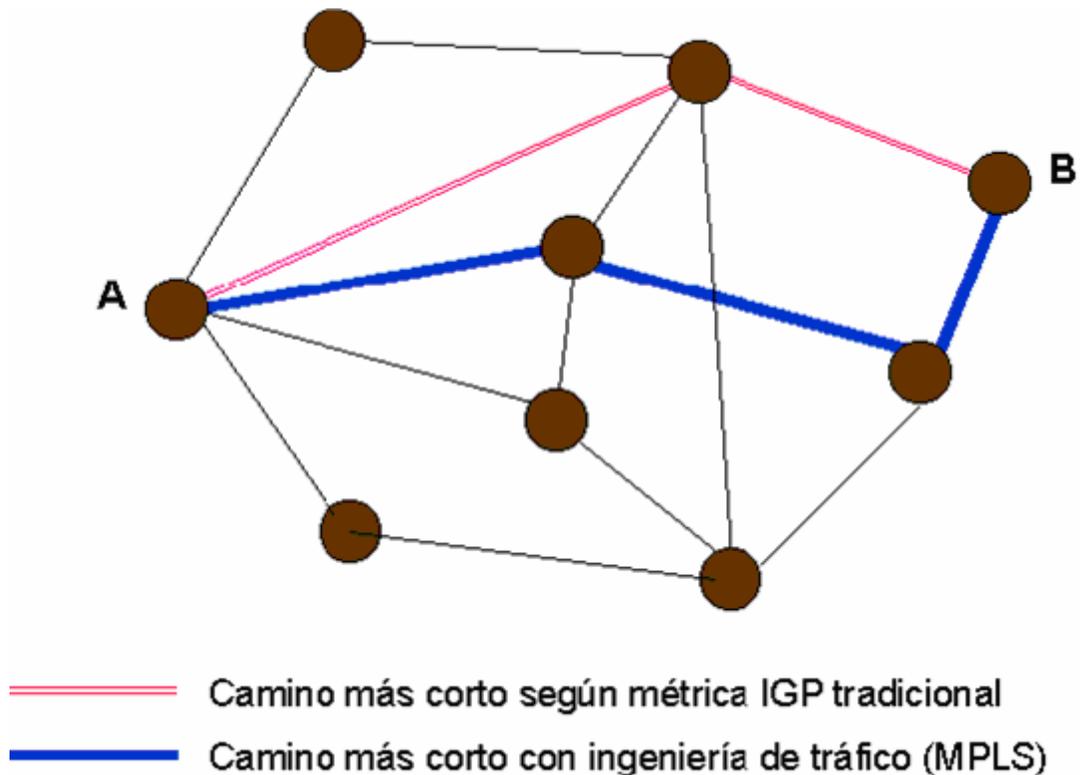


Figura 2.4: Comparación entre camino más corto IGP con ingeniería de tráfico.

MPLS es una herramienta efectiva para esta aplicación en grandes backbones, ya que:

- Permite al administrador de la red el establecimiento de rutas explícitas, especificando el camino físico exacto de un LSP.
- Permite obtener estadísticas de uso LSP, que se pueden utilizar en la planificación de la red y como herramientas de análisis de cuellos de botella y carga de los enlaces, lo que resulta bastante útil para planes de expansión futura.
- Permite hacer "encaminamiento restringido" (Constraint-based Routing, CBR), de modo que el administrador de la red pueda seleccionar determinadas rutas para servicios especiales (distintos niveles de calidad). Por ejemplo, con garantías explícitas de retardo, ancho de banda, fluctuación, pérdida de paquetes, etc.

La ventaja de la ingeniería de tráfico MPLS es que se puede hacer directamente sobre una red IP, al margen de que haya o no una infraestructura ATM por debajo, todo ello de manera más flexible y con menores costes de planificación y gestión para el administrador, y con mayor calidad de servicio para los clientes.

### **2.5.2 Clases de servicio (CoS)**

MPLS está diseñado para poder cursar servicios diferenciados, según el Modelo DiffServ del IETF. Este modelo define una variedad de mecanismos para poder clasificar el tráfico en un reducido número de clases de servicio, con diferentes prioridades. Según los requisitos de los usuarios, DiffServ permite diferenciar servicios tradicionales tales como el WWW, el correo electrónico o la transferencia de ficheros (para los que el retardo no es crítico), de otras aplicaciones mucho más dependientes del retardo y de la variación del mismo, como son las de video y voz interactiva. Para ello se emplea el campo ToS (Type of Service), rebautizado en DiffServ como el octeto DS. Esta es la técnica QoS de marcar los paquetes que se envían a la red.

MPLS se adapta perfectamente a ese modelo, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la clase de servicio CoS en el correspondiente LSP. De este modo, una red MPLS puede transportar distintas clases de tráfico, ya que:

- El tráfico que fluye a través de un determinado LSP se puede asignar a diferentes colas de salida en los diferentes saltos LSR, de acuerdo con la información contenida en los bits del campo EXP.
- Entre cada par de LSR exteriores se pueden crear múltiples LSP, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda.

Existe una propuesta del IETF de usar un comando en RSVP denominado `Explicit_Route`, para predeterminar caminos que puedan ser usados por flujos de RSVP. Estos flujos usan trayectorias

virtuales establecidas a través de enrutadores MPLS. Incluso sin este comando, es posible para MPLS asignar etiquetas de acuerdo al campo flowsepc de RSVP. De igual manera se pueden integrar DiffServ y MPLS, pues al ser similares, asociar el tráfico DiffServ sobre trayectos MPLS es bastante sencillo. Para soportar el modelo de DiffServ, un operador de red MPLS necesita asignar una serie de recursos para cada clase Diffserv transmitida en cada enrutador MPLS y asignar, a su vez, etiquetas.

### **2.5.3 Redes Privadas Virtuales (VPN)**

Una red privada virtual (VPN) se construye basada en conexiones realizadas sobre una infraestructura compartida, con funcionalidades de red y de seguridad equivalentes a las que se obtienen con una red privada. El objetivo de las VPN es el soporte de aplicaciones intra/extranet, integrando aplicaciones multimedia de voz, datos y video sobre infraestructuras de comunicaciones eficaces y rentables. Las IP VPN son soluciones de comunicación VPN basada en el protocolo de red IP de la Internet.

La forma de utilizar las infraestructuras IP para servicio VPN (IP VPN) ha sido la de construir túneles IP de diversos modos. El objetivo de un túnel sobre IP es crear una asociación permanente entre dos extremos, de modo que funcionalmente aparezcan conectados. Lo que se hace es utilizar una estructura no conectiva como IP para simular esas conexiones: una especie de tuberías privadas por las que no puede entrar nadie que no sea miembro de esa IP VPN.

Los túneles IP en conexiones dedicadas se pueden establecer de dos maneras:

- En el nivel 3, mediante el protocolo IPSec10 del IETF.
- En el nivel 2, mediante el encapsulamiento de paquetes privados (IP u otros), sobre una red IP pública de un Proveedor de Servicios de Red (NSP).

## Capítulo 2: Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS)

En las VPN basadas en túneles IPsec, la seguridad requerida se garantiza mediante el cifrado de la información de los datos y de la cabecera de los paquetes IP, que se encapsulan con una nueva cabecera IP para su transporte por la red del proveedor. Es relativamente sencillo de implementar, bien sea en dispositivos especializados, tales como cortafuegos, como en los propios routers de acceso del NSP. Además, como es un estándar, IPsec permite crear VPN a través de redes de distintos NSP que sigan el estándar IPsec. Pero como el cifrado IPsec oculta las cabeceras de los paquetes originales, las opciones QoS son bastante limitadas, ya que la red no puede distinguir flujos por aplicaciones para asignarles diferentes niveles de servicio. Además, sólo vale para paquetes IP nativos, IPsec no admite otros protocolos.

En los túneles de nivel 2 se encapsulan paquetes multiprotocolo (no necesariamente IP), sobre los datagramas IP de la red del NSP. De este modo, la red del proveedor no pierde la visibilidad IP, por lo que hay mayores posibilidades de QoS para priorizar el tráfico por tipo de aplicación IP. Los clientes VPN pueden mantener su esquema privado de direcciones, estableciendo grupos cerrados de usuarios, si así lo desean. Además de encapsular los paquetes, se puede cifrar la información por mayor seguridad, pero en este caso limitando las opciones QoS. A diferencia de la opción anterior, la operación de túneles de nivel 2 está condicionada a un único proveedor.

A pesar de las ventajas de los túneles IP sobre los PVC, ambos enfoques son menos eficientes frente a la solución MPLS debido a que:

- Están basadas en conexiones punto a punto (PVC o túneles).
- La configuración es manual.
- La provisión y gestión son complicadas; una nueva conexión supone alterar todas las configuraciones.
- Plantean problemas de crecimiento al añadir nuevos túneles o circuitos virtuales.

## Capítulo 2: Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS)

- La gestión de QoS es posible en cierta medida, pero no se puede mantener extremo a extremo a lo largo de la red, ya que no existen mecanismos que sustenten los parámetros de calidad durante el transporte.

Realmente, el problema que plantean estas IP VPN es que están basadas en un modelo topológico superpuesto sobre la topología física existente, basados en túneles extremo a extremo (o circuitos virtuales) entre cada par de routers de cliente en cada VPN. De ahí las desventajas en cuanto a la poca flexibilidad en la provisión y gestión del servicio, así como en el crecimiento cuando se quieren añadir nuevos emplazamientos. Con una arquitectura MPLS se obvian estos inconvenientes ya que el modelo topológico no se superpone sino que se acopla a la red del proveedor. En el modelo acoplado MPLS, en lugar de conexiones extremo a extremo entre los distintos emplazamientos de una VPN, lo que hay son conexiones IP a una "nube común" en las que solamente pueden entrar los miembros de la misma VPN. Las "nubes" que representan las distintas VPN se implementan mediante los caminos LSP creados por el mecanismo de intercambio de etiquetas MPLS. Los LSP son similares a los túneles en cuanto a que la red transporta los paquetes del usuario (incluyendo las cabeceras) sin examinar el contenido, a base de encapsularlos sobre otro protocolo.

En la Figura 2.5 (Ver Anexo 2) se representa una comparación entre ambos modelos. La diferencia entre los túneles IP convencionales (o los circuitos virtuales) y los "túneles MPLS" (LSP) está en que éstos se crean dentro de la red, basados en LSP, y no de extremo a extremo a través de la red.

Como resumen, las ventajas que MPLS ofrece para IP VPN son:

- Proporcionan un modelo "acoplado" o "inteligente", ya que la red MPLS "sabe" de la existencia de VPN (lo que no ocurre con túneles ni PVC).
- Evita la complejidad de los túneles y PVC.

- La provisión de servicio es sencilla: una nueva conexión afecta a un solo router tiene mayores opciones de crecimiento modular.
- Permiten mantener garantías QoS extremo a extremo, pudiendo separar flujos de tráfico por aplicaciones en diferentes clases, gracias al vínculo que mantienen el campo EXP de las etiquetas MPLS con las clases definidas a la entrada.
- Permite aprovechar las posibilidades de ingeniería de tráfico para las poder garantizar los parámetros críticos y la respuesta global de la red (ancho banda, retardo, fluctuación), lo que es necesario para un servicio completo VPN.

### ***2.6 Conclusiones del capítulo***

Una vez analizadas las características de MPLS han quedado evidenciadas las ventajas que proporciona para brindar calidad de servicio en una red. MPLS reduce los gastos indirectos de proceso en los enrutadores IP, mejorando el funcionamiento del envío del paquete. Además que el mismo se puede hacer de una manera más eficiente mediante la ingeniería de tráfico.

Esta tecnología es perfectamente compatible con el protocolo DiffServ, por lo que permite realizar diferenciación de servicios. Esta característica es muy útil en una red donde se cuente con servicios que requieran de parámetros de calidad de servicio especiales con respecto al resto. De igual forma es la mejor manera para que los proveedores de servicio ofrezcan VPN (redes privadas virtuales) que permitan medir la calidad de servicio del cliente. MPLS representa el avance más reciente en la evolución de las tecnologías de control y envío en las redes IP, lo que implica una evolución en la manera de construir y gestionar redes.

### Capítulo 3: Características y servicios de la red de la UCI

#### **3.1 Introducción**

La red de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) es una red LAN que brinda servicios a un gran número de usuarios. La misma garantiza un buen desempeño en el proceso docente, investigativo y productivo de la universidad, que dependen en gran medida del uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Por esta razón resulta imprescindible un eficiente funcionamiento de la red, la cual se ve sometida a un crecimiento constante en función de satisfacer las crecientes demandas de la universidad. Es en este marco que se necesita introducir el concepto de calidad de servicio e implementarlo en la red informática.

La implementación del protocolo MPLS es capaz de garantizar un uso más eficiente y convierte las actuales redes IP en Redes de Nueva Generación, es decir, redes funcionales multiservicio con la capacidad de ofrecer servicios diferenciados acordes a la calidad de servicio (QoS) demandada por las distintas aplicaciones al cliente.

En este capítulo se abordan las características de la red de la UCI, los servicios actuales que brindan y los que se desean brindar en el futuro, así como las ventajas que el uso de MPLS aportaría a la red. Por último se hace una propuesta para brindar calidad de servicio en la red de la UCI.

#### **3.2 Descripción general de la red**

La red de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) cuenta actualmente con más de 6500 computadoras y más de 13000 usuarios entre estudiantes, profesores y trabajadores. Los switches capa 3 de los nodos y subnodos se conectan mediante fibra óptica a velocidades de 10 Gbps y 1 Gbps. Las conexiones entre máquinas de los distintos locales como edificios, laboratorios u oficinas se conectan a un switch capa 2 a 100 Mbps mediante cable UTP. A su vez

estos switches se conectan mediante fibra óptica a los distintos subnodos de la red a velocidades de 100 Mbps. Los usuarios de la red UCI tienen acceso a servicios de correo electrónico, navegación en Internet, mensajería instantánea e intranet, entre otros, que son soportados en una infraestructura de alrededor de 30 servidores que se encuentran ubicados en el nodo central de comunicaciones de la universidad.

La cantidad de usuarios ha aumentado desde la creación de la UCI en el año 2002, que era aproximadamente de 2500 usuarios, hasta la actualidad que cuenta con más de 13000. Esta cifra ha de seguir aumentando con la reciente inauguración de 3 facultades regionales de la UCI, en Artemisa, Ciego de Ávila y Manzanillo. Estas facultades en los momentos actuales cuentan con un total de 1000 estudiantes, los cuales recibirán gradualmente los mismos servicios con que cuenta la sede central de la UCI. Además se prevé la creación de una facultad de este tipo por provincia. Por lo que la UCI seguirá creciendo en los próximos años y pudiera alcanzar las cifras de 20000 usuarios de las tecnologías y 15000 computadoras conectadas a la red de datos.

### **3.3 Servicios que brinda la red**

La red de la UCI brinda gran cantidad de servicios telemáticos a la comunidad universitaria, en correspondencia con la idea de tener en la UCI una ciudad digital. A continuación se detallan cada uno de ellos.

Directorio centralizado de usuarios: Directorio Activo de Windows que posee cerca de 13100 usuarios y se encuentra soportado en 3 controladores de dominio.

Correo electrónico: Servicio brindado a todos los usuarios que se encuentra dividido en servidores de correo interno (7 Microsoft Exchange Server 2003) y servidores de correo externo que manejan todo el tráfico de entrada y salida de correos a la universidad (3 Qmail).

Navegación: Todos los usuarios tienen derecho a la navegación en Internet, en correspondencia a las tres categorías establecidas: Navegación Nacional (NN), Navegación Básica (NB),

Navegación Plena (NP) y además existe una categoría de navegación interna (NI) que comprende correo electrónico interno y uso de la intranet [5]. La navegación se soporta en un servidor Proxy (Squid) que tiene implementado un sistema de cuotas para la regulación del ancho de banda.

Hosting de Aplicaciones: Existe un gran número de aplicaciones web que son utilizadas ampliamente por todos los usuarios. Entre ellas se encuentran: la Intranet de la UCI, los sitios web de las diferentes asignaturas docentes, la plataforma de teleformación, etc. Estas aplicaciones se encuentran alojadas en 4 servidores y su distribución es la siguiente:

- Cantidad de sitios web: IIS (44), Apache (26).
- Bases de datos: MSSQL (38), MySQL (17), PostgreSQL (4).

Mensajería instantánea: Los usuarios de la UCI tienen acceso además a servicios de Chat brindados por 1 servidor Jabber, el cual posee gran concurrencia de usuarios por las características propias del servicio.

Acceso remoto: Se brinda servicio de acceso remoto vía telefónica para los profesores de La Habana que soliciten el servicio. En este momento existen cerca de 100 usuarios y el servicio es soportado por un dispositivo Cisco que posee un rack de 30 módems.

Multimedia (videostreaming): Existe en la universidad un servidor de media: Inter-nos, que posee todas las teleclases empleadas en la docencia y otros materiales fílmicos que son de interés.

Transferencia de ficheros: La descarga de ficheros es un servicio de gran demanda desde un servidor FTP que posee gran cantidad de documentación y softwares de mucha utilidad para la comunidad universitaria. Además la transferencia de ficheros entre servidores y clientes, genera un gran tráfico de paquetes en la red. Como ejemplo cabe mencionar las salvas centralizadas de información de los usuarios y el control de versiones de proyectos productivos.

Se debe añadir además que con la creación de las MINI-UCI (las actuales 3 facultades regionales y las futuras que se crearán en cada provincia) la red de datos de la UCI adquirirá una dimensión nacional. La UCI se convertirá en proveedor de servicios de Internet (ISP) y de aplicaciones de las MINI-UCI.

### **3.4 Servicios futuros**

La UCI, adaptándose a los avances tecnológicos del mundo, prevé brindar nuevos servicios con un mayor número de funcionalidades. Entre ellos encontramos la telefonía IP, IPTV (variante de la televisión digital) y la videoconferencia, los cuales requieren del consumo de un mayor ancho de banda. Por esto se hace necesario hacer un análisis de los beneficios que aportaría a la comunidad universitaria, pero también encontrar métodos para lograr un mejor aprovechamiento del ancho de banda de la red para que no afecten al resto de los servicios que la misma presta. Es en este aspecto que entra a jugar un papel importante el protocolo de red MPLS, el cual entre sus principales aplicaciones se encuentran la ingeniería de tráfico y la diferenciación de servicios para lograr una calidad de servicio con parámetros aceptables para todos los usuarios de la red. Estos servicios aunque no exista una propuesta inmediata de integrarlos a los otros que brinda la red de la universidad, es importante realizar un estudio de sus características para llegado el momento se cuente con el conocimiento necesario para implementarlos.

A continuación se realiza una descripción de los servicios antes mencionados, teniendo en cuenta los requerimientos que tienen de los recursos de la red.

#### **3.4.1 Telefonía IP o Voz sobre IP (VoIP)**

Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, VoZIP, VoIP (por sus siglas en inglés), o Telefonía IP, es el enrutamiento de conversaciones de voz sobre redes basadas en IP, como por ejemplo Internet [6].

En general, el servicio de telefonía vía VoIP es gratuito o cuesta muchísimo menos que el servicio equivalente tradicional y similar a la alternativa que los proveedores del servicio de la Red Pública Telefónica Conmutada (PSTN) ofrecen. Este ahorro en el costo está dado porque se utiliza la misma red para llevar voz y datos, cuando se cuenta con ancho de banda disponible. Las llamadas de VoIP a VoIP dentro de la red en que está implementado son gratis, mientras que las llamadas desde un teléfono IP a un teléfono tradicional sí representaría un costo para el usuario.

VoIP puede facilitar tareas que serían más difíciles de realizar usando las redes telefónicas tradicionales:

- Las llamadas telefónicas locales pueden ser automáticamente enrutadas a un teléfono VoIP, sin importar en donde esté conectado a la red. Si se lleva un teléfono VoIP en un viaje, donde quiera que estés conectado a Internet, se podrá recibir llamadas.
- Algunos paquetes de VoIP incluyen los servicios extra por los que PSTN normalmente cobra un cargo extra, o que no se encuentran disponibles en algunos países, como son las conferencias tripartitas, retorno de llamada, remarcación automática, o identificación de llamadas.

El Estándar VoIP es H323. Fue definido en 1996 por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y proporciona a los diversos fabricantes una serie de normas con el fin de que puedan evolucionar en conjunto. Por su estructura el estándar proporciona las siguientes ventajas:

- Permite el control del tráfico de la red, por lo que se disminuyen las posibilidades de que se produzcan caídas importantes en el rendimiento.
- Es independiente del tipo de red física que lo soporta. Permite la integración con las grandes redes de IP actuales.
- Es independiente del hardware utilizado.

- Permite ser implementado tanto en software como en hardware, con la particularidad de que el hardware supondría eliminar el impacto inicial para el usuario común.
- Permite la integración de voz y video.

El propio Estándar define tres elementos fundamentales en su estructura:

- *Terminales*: Son los sustitutos de los actuales teléfonos. Se pueden implementar tanto en software como en hardware.
- *Gatekeepers*: Son el centro de toda la organización VoIP, y serían el sustituto para las actuales centrales. Normalmente implementadas en software, en caso de existir, todas las comunicaciones pasarían por él.
- *Gateways*: Se trata del enlace con la red telefónica tradicional, actuando de forma transparente para el usuario.

Con estos tres elementos, la estructura de la red VoIP podría ser la conexión entre los distintos edificios de una misma empresa. La ventaja es inmediata pues todas las comunicaciones internas son completamente gratuitas. Este mismo esquema se podría aplicar para proveedores, con el consiguiente ahorro que esto conlleva.

La voz ha de codificarse para poder ser transmitida por la red IP. Para ello se hace uso de códecs que garanticen la codificación y compresión del audio o del video para su posterior decodificación y descompresión antes de poder generar un sonido o imagen utilizable. Según el códec utilizado en la transmisión, se utilizará más o menos ancho de banda. La cantidad de ancho de banda suele ser directamente proporcional a la calidad de los datos transmitidos.

Entre los códecs utilizados en VoIP encontramos los G.711, G.723.1 y el G.729 (especificados por la ITU-T).

Garantizar la calidad de servicio sobre una red IP, por medio de retardos y ancho de banda, actualmente no es posible; por eso, se presentan diversos problemas en cuanto a garantizar la calidad del servicio. La calidad de servicio se está logrando en base a los siguientes criterios:

- La supresión de silencios, otorga más eficiencia a la hora de realizar una transmisión de voz, ya que se aprovecha mejor el ancho de banda al transmitir menos información.
- Compresión de cabeceras aplicando los estándares RTP/RTCP.
- Priorización de los paquetes que requieran menor latencia. Las tendencias actuales son: CQ (Custom Queuing), que asigna un porcentaje del ancho de banda disponible. PQ (Priority Queuing), que establece prioridad en las colas. WFQ (Weight Fair Queuing), donde se asigna la prioridad al tráfico de menos carga. Por último la utilización del protocolo DiffServ, que evita tablas de encaminados intermedios y establece decisiones de rutas por paquete [7].
- La implantación de IPv6 que proporciona mayor espacio de direccionamiento y la posibilidad de tunneling.

Como se ha expuesto VoIP presenta una gran cantidad de ventajas, tanto para las empresas como para los usuarios comunes. Si embargo cabe analizar cuáles son las desventajas con respecto a la telefonía tradicional y los parámetros a tener en cuenta para garantizar una buena calidad en la telefonía IP.

### **Parámetros de la VoIP**

En la telefonía IP debemos tener en cuenta cómo se comportan los parámetros: latencia, pérdida de paquetes, interpolación, inestabilidad (jitter) y la compresión, para garantizar un buen servicio. A continuación se profundiza en estos parámetros.

**Latencia:** Afecta el ritmo de la conversación, pues se refiere al retardo entre el tiempo en que una de las partes habla y el tiempo en que la otra parte escucha lo hablado, y constituye el

resultado de retardos en la pasarela o en la red. La conversación se considera aceptable por debajo de los 150 ms. Una latencia que excede 250 ms se vuelve molesta para una conversación normal.

**Pérdida de Paquetes:** La pérdida de paquetes ocurre cuando los routers que encaminan los paquetes sobre la red IP se sobrecargan. La respuesta de un router es la de desechar intermitentemente algunos paquetes. Es poco probable que en una conversación de voz aceptable se noten pérdidas de paquetes menores al cinco por ciento. Cualquier pérdida de paquetes que excedan el 5 % tiene probabilidades de provocar conversaciones entrecortadas. Este tema tiene relación con la Telefonía por Internet que utiliza la red internet pública más que aquella que se produce en las redes privadas.

**Interpolación:** Se refiere a qué tan bien o con qué grado de fidelidad armoniza la voz transmitida con la voz natural de la persona que habla.

**Inestabilidad (jitter):** La inestabilidad resulta cuando una conversación telefónica es descompuesta en paquetes que viajan luego a través de las redes IP posiblemente a velocidades diferentes. Cuando los paquetes llegan a diferentes velocidades, el usuario escucha un poco de conversación seguida de silencio hasta que arriba el siguiente paquete.

**Compresión:** Hay una interacción entre la compresión y la calidad. Mientras más se comprime la señal de voz en el códec, menor es la calidad. Es posible comprimir la señal de voz de los 64 Kbps convencionales a tasas menores a 10 Kbps. En la tabla 5 se ve el comportamiento de distintos códec utilizados en la telefonía IP [8].

En la UCI se ha realizado intentos de introducir la telefonía IP como un servicio más de la universidad. En el nodo de telefonía se ha instalado una centralita de VoIP de prueba y se ha comprobado el funcionamiento de este servicio en un número reducido de teléfonos que han sido instalados en distintos puntos de la red. Estas pruebas incipientes han sido realizadas con el

proveedor de telefonía IP MITEL, empresa radicada en Canadá y que tiene presencia en varias de las soluciones de telefonía en instituciones y hoteles de nuestro país.

<b>Códec</b>	<b>Tipo</b>	<b>Velocidad binaria(Kbps)</b>	<b>Detalles</b>
G.711	PCM	64	Códec elegido para servicio vocal de alta calidad, equivalente a RTPC.
G.726	ADPCM	32	Usado en canales de 64 kbps y en muchos sistemas inalámbricos de baja potencia. Generalmente considerado un límite más bajo de la gama de calidad "interurbana".
G.729	CS-ACELP	8	Norma de codificación de 8 kbps de la UIT. Buenas características de retardo (debido a trama corta) y calidad vocal aceptable. Ha sobrepasado el G.723.1 como códec preferido para aplicaciones que requieren compresión.
G.729A	CS-ACELP	8	Versión de G.729 de complejidad reducida. La calidad vocal es equivalente a la G.729. Los decodificadores idénticos permiten que los dos códecs interfundan sin transiciones.
G.723.1	MP-MLQ	6,3/5,3	Norma predeterminada para clientes de derivación interurbana de fabricación en serie. La calidad vocal básica es generalmente inadecuada para aplicaciones comerciales. El retardo total compromete el cálculo del retardo.
GSM-EFR	ACELP	12,2	Códec inalámbrico

Tabla 5: Códecs utilizados en la compresión de VoIP.

De esta forma se puede apreciar que la universidad debe estar preparada para un incremento del consumo de su ancho de banda ante la posibilidad de la sustitución de parte de su servicio telefónico tradicional por los más recientes avances de la telefonía IP. Así se unificaría la red

telefónica a la red de datos de la UCI, pues actualmente la telefonía constituye una red totalmente independiente.

### 3.4.2 IPTV

IPTV (Televisión con Protocolo de Internet) es un método para distribuir contenido de televisión sobre la red IP que permite una experiencia del usuario más personalizada e interactiva. Por ejemplo se puede ver una película en forma simultánea, mientras se intercambia archivos y se tiene una sesión de Chat. IPTV usa una señal de transmisión de dos vías enviada a través de la red y servidores del proveedor, permitiéndole a los usuarios seleccionar contenido por demanda, cambiada en el tiempo, y tomar ventaja de otras opciones interactivas. El usuario deberá tener una conexión de banda ancha y un dispositivo que permita enviar y recibir los requerimientos.

La televisión digital tradicional por cable tiene la capacidad de enviar cientos de canales en forma simultánea a cada suscriptor, lo que crea limitaciones en el número de canales ofrecidos y puede contribuir a escasez de ancho de banda y degradación de la calidad. IPTV por el contrario, envía solo un programa a la vez, y cada vez que se cambia el canal o se selecciona otro programa, un nuevo hilo de contenido se transmite del proveedor del servicio directamente a la caja de control del usuario

IPTV no es un protocolo en sí mismo. El IPTV o Televisión sobre el protocolo IP, ha sido desarrollado basándose en el video-streaming. Esta tecnología transformará en un futuro próximo la televisión actual, aunque para ello son necesarias unas redes mucho más rápidas que las actuales, para poder garantizar la calidad en el servicio.

La IPTV, gracias a sus características, permite almacenar los contenidos para verlos las veces que se desee. Además permite realizar pausas, avanzar, retroceder, etcétera, como si fuera una cinta de video o un DVD.

Para que la IPTV televisión IP pueda desarrollarse de una manera completa es necesario aumentar la velocidad de las conexiones actuales. Se puede diferenciar dos tipos de canal: de definición estándar SDTV o de alta definición HDTV. Para un canal del primer tipo sería necesario tener una conexión de 1.5 Mbps y para un canal del segundo tipo 8 Mbps. Si se cuenta con varios canales distintos (por tener varios receptores de televisión por ejemplo) se necesita más ancho de banda. A este ancho de banda hay que sumar el necesario para la conexión a internet. Esto significa que se requieren de 4.5 Mbps para tres canales de SDTV u 11 Mbps para un canal HDTV y dos SDTV. En todo caso se utiliza la tecnología Mpeg-4 para la compresión/codificación del vídeo.

Los formatos empleados por IPTV más usualmente son: H.261 y H.263 utilizados para videoconferencia y video telefonía; otros como MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 parte 2, MPEG-4 parte 10 que son compatibles con los reproductores de DVD y tienen un gran uso en un gran número de aplicaciones; y por último el WMV, que se utiliza tanto para video de poca calidad a través de internet con conexiones lentas, como para video de alta definición y puede considerarse una mejora del MPEG-4.

En el mundo varias empresas de comunicaciones ofrecen IPTV. En España la empresa Telefónica ofrece un servicio de televisión IP bajo el nombre de Imagenio. En el resto de Europa el país pionero fue el Reino Unido y su empresa "Kingston Interactive TV"; en Francia, France Telecom lanzó su primer producto de IPTV a finales de 2003. Deutsche Telecom en Alemania lanzó su apuesta por IPTV en 2004. La empresa italiana Fastweb está ofreciendo IPTV sobre redes con conexiones 20 veces mayor que la actual y es uno de los mayores referentes en Europa de estos servicios.

En EE.UU. las compañías Verizon y Bellsouth están comenzando a ofrecer sus servicios en este campo y desarrollar sus infraestructuras. En múltiples ocasiones, las operadoras telefónicas ofrecen IPTV junto a servicios de telefonía y conexión de banda ancha a internet. En Chile

Telefónica Chile pretende lanzar durante el 2007 su servicio de IPTV, complementando su actual servicio de Televisión Satelital "Telefónica TV Digital", para así ofrecer diversos servicios interactivos como IPPV y Video On Demand entre otros.

En la UCI la utilización de IPTV sería factible a través de la misma red de datos. De esta forma se unificarían dos redes que actualmente se encuentran completamente independientes: la red de televisión que se encuentra soportada en cable coaxial y la red de datos soportada sobre fibra óptica. Dicha red sería capaz de soportar la transmisión de la televisión digital siempre y cuando se implementen protocolos de calidad de servicio que garanticen un correcto funcionamiento de la red.

### **3.4.3 Videoconferencia**

La videoconferencia es la comunicación simultánea bidireccional de audio y video, permitiendo mantener reuniones con grupos de personas situadas en lugares alejados entre sí. Adicionalmente, pueden ofrecerse facilidades telemáticas o de otro tipo como el intercambio de informaciones gráficas, imágenes fijas, transmisión de ficheros desde una computadora personal y otras.

La videoconferencia proporciona importantes beneficios como el trabajo colaborativo entre personas geográficamente distantes y una mayor integración entre grupos de trabajo.

Esta tecnología ha pasado de los antiguos – y todavía vigentes – equipos grupales bajo la norma H.320 para enlaces dedicados o del tipo ISDN, hacia los más sofisticados, compactos y baratos sistemas que cumplen con la especificación H.323 de la ITU, esto es, la comunicación a través de redes de datos conmutadas por paquetes, popularmente conocidas como redes IP.

Sin embargo, ni la norma H.320 ni la H.323 definen los elementos que permiten garantizar la calidad de servicio (QoS) de la aplicación de videoconferencia. Dicho de otra manera: asumen que el enlace empleado para intercambiar audio y video tiene alguna forma de garantizar que la

información llegue íntegra y a tiempo, pero no es algo que dependa del equipo terminal de videoconferencia; bajo estas condiciones, en un enlace dedicado (fracciones de T1 o E1) o ISDN no hay mayor complejidad, ya que ningún otro sistema, de videoconferencia u otra aplicación, puede interferir o compartir el canal.

Debido a que las redes conmutadas por paquetes utilizan los sistemas H.323, la calidad del servicio se convierte en un serio reto por vencer. Un equipo de videoconferencia H.323 es, para el resto de la red (otros equipos como computadoras, switches, concentradores y enrutadores) idéntico a cualquier sistema: envía y recibe paquetes de datos con el protocolo TCP/IP.

Para un enrutador o router, por ejemplo, una serie de paquetes dirigidos a un equipo de videoconferencia, tiene la misma prioridad de tránsito que los paquetes correspondientes a una aplicación que está descargando la computadora en la oficina adyacente a la sala de videoconferencia.

Dado que el común de las redes de datos operan bajo los principios de “mejor esfuerzo” y “primero en llegar, primero en atender”, esto es, que no hay una distinción intrínseca de las prioridades en los paquetes enviados o recibidos por los nodos que las constituyen, la aplicación de la videoconferencia, por naturaleza dependiente del tiempo real y de que alguien le garantice la calidad de servicio y tránsito en la red, padece las consecuencias.

Existen, por tanto, varios problemas o retos a vencer para el uso de videoconferencia en redes locales e Internet como son: el ancho de banda, la pérdida de paquetes, la latencia, el jitter y las políticas de seguridad de las redes.

El ancho de banda, tan solicitado por todas las aplicaciones, es crítico en la videoconferencia. Significa que haya suficiente espacio o capacidad de emisión y recepción de tal forma, que los paquetes lleguen a su destino sin problemas. Mientras que con el uso de enlaces dedicados o ISDN el ancho de banda necesario puede oscilar entre 128 y 384 Kbps, la videoconferencia

sobre IP puede usar eso, más al menos un 20% extra correspondiente a los datos de control de la sesión.

Las videoconferencias de alta calidad, comunes en las redes de alto desempeño como Internet 2, pueden consumir hasta 2 o 3 Mbps, mientras que videoconferencias con usos especializados y calidad de televisión de alta definición requieren de 10 a 20 Mbps de ancho de banda por sitio. Sin embargo, una gran ventaja de la videoconferencia por IP es que usa de forma dinámica el ancho de banda, así al inicio de la sesión se necesitará la cantidad nominal de bits por segundo, monto que irá disminuyendo conforme transcurra ésta dependiendo del movimiento en el video y las muestras de audio que se digitalicen (dicho de otra forma: si un sitio en la videoconferencia no habla y cancela sus cámaras, el ancho de banda empleado puede ser tan bajo como sólo el 20% de bits por segundo del monto inicial que permite mantener la conexión).

### ***3.5 Equipamiento de la red***

Para redes LAN de gran tamaño, como es el caso de la red UCI, esta se segmenta. Existen dos motivos fundamentales para dividir una LAN. El primero es aislar el tráfico entre segmentos, y obtener un ancho de banda mayor por usuario, al crear dominios de colisión más pequeños. Si la LAN no se divide, las subredes cuyo tamaño sea mayor que un grupo de trabajo pequeño se congestionarían rápidamente con tráfico y colisiones. Por lo que virtualmente no ofrecerían ningún ancho de banda.

Al dividir redes de gran tamaño en unidades autónomas, los switches ofrecen varias ventajas. Un switch reduce el tráfico que experimentan los dispositivos en todos los segmentos conectados ya que sólo se envía un determinado porcentaje de tráfico. Los switches amplían la longitud efectiva de una LAN, permitiendo la conexión de estaciones distantes que anteriormente no estaban permitidas. Así, la red de la UCI se encuentra dividida de la forma que se muestra en la Tabla 6.

Nivel	Características	Ubicación
<b>Backbone</b> o <b>Núcleo</b> (Nivel 1)	Nodo y Subnodos (4 BlackDiamond® Switch capa 3) cuyo enlace es a 10 Gbps.	Nodo Central, IP Docente, Beca.
<b>Distribución</b> (Nivel 2)	Switches capa 3 Alpine, cuyo enlace es a 1 Gbps	
<b>Acceso</b> (Nivel 3)	Switches capa 2, cuyo enlace es a 100 Mbps	De frente a los usuarios.

Tabla 6: División por niveles de acceso de la red UCI.

En los niveles 1 y 2 de la red se encuentran las switches capa 3, los cuales se encargan del encaminamiento de los paquetes. La distribución de los mismos en la red se muestra en la Figura 3.1 (Ver Anexo 3). Además se cuenta con switches capa 2 en el nivel 3 de acceso. Los modelos de estos equipos de interconexión se muestran en la Tabla 7 y la Tabla 8.

Fabricante	Modelo
SMC	6624M
Planet	FNSW-2401
	WGSW-1602
	SGSW-2402
Allied Telesyn	AT-8050GB, AT-8024GB
	AT-8550SP, AT-8324
	AT- 8524, AT-8350
Accton	ES3624Y
Zyker	
<b>Total</b>	<b>345</b>

Tabla 7: Modelos de switch capa 2 de la red UCI.

<b>Switch Capa 3</b>		
<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Cantidad</b>
Extreme	Alpine 3804	8
	Alpine 3808	1
	Alpine 3802	2
	BlackDiamond® 6804	3
	BlackDiamond® 6808	1
Allied Telesyn	Rapier 24	1
Accton		3
<b>Total</b>		<b>15</b>
Nota: Los switches Accton están siendo utilizados en estos momentos como switches Capa2.		

Tabla 8: Modelos de switch capa 3 de la red UCI.

Las funcionalidades de MPLS se implementan en switches capa 3. El nivel 1 de la red está dotado de un switch capa 3 BlackDiamond® 6808 en el nodo central y 3 switch capa 3 BlackDiamond® 6804, conformando estos 4 switches el núcleo o backbone de la red. A esta serie denominada BlackDiamond®, perteneciente al fabricante Extreme se les puede añadir el módulo físico “BD 6800 MPLS”, que le permite al switch las funcionalidades de MPLS. Cada módulo de este tipo tiene un costo de alrededor de 21500 dólares [9]. Los switches capa 3 que se encuentran en el nivel 2, que en su inmensa mayoría son de la serie Alpine del fabricante Extreme no soportan el protocolo MPLS, ni tampoco se les puede añadir esta funcionalidad. Las dos series de switches de extreme abordados usan el firmware o sistema operativo “ExtremeWare 7.7”, el cual permite habilitar el protocolo DiffServ, que viene deshabilitado por defecto en su configuración.

La dirección de Redes y la de Inversiones de la UCI están realizando un estudio para sustituir los switches del Backbone de la red, al cual se unirá el subnodo # 2 de Residencia el próximo año. Este estudio está motivado por la creación de nuevos edificios de residencia que por consiguiente

extenderá la red actual. Los switches que se está considerando comprar pertenecen a la serie BlackDiamond®, pero modelos más modernos como son: BlackDiamond® 8800, BlackDiamond® 10808 y BlackDiamond® 12804. Los mismos poseen un sistema operativo nuevo llamado “ExtremeXOS 12.0”, que entre las numerosas nuevas funcionalidades que brinda se encuentra la Tecnología ASIC, la cual permite soportar protocolos como MPLS sin la necesidad de realizar actualizaciones del hardware.

Estos nuevos switches por lo tanto no requerirían de un módulo físico para implementar MPLS, pues este protocolo se incluye en el firmware. Además de MPLS, tienen incluido el protocolo DiffServ al igual que versiones anteriores de BlackDiamond®. La compra de nuevos equipos de interconexión permitiría la incorporación de los viejos al nivel 2 de la red y se contaría con la posibilidad de contar con MPLS a este nivel de acceso.

Como ha sido abordado en el capítulo anterior entre las aplicaciones principales de este protocolo se encuentran: la ingeniería de tráfico, la diferenciación de servicio mediante clases (CoS) y el servicio de redes privadas virtuales (VPN).

Debido a que la topología de la red es de estrella, existe un solo camino posible entre los equipos de conectividad de la red y el nodo central, por lo que la ingeniería de tráfico no es viable. Sin embargo la red continuará evolucionando, incrementándose el número de switches capa 3 principalmente en el nivel 2 de acceso. Por ejemplo, en la subred de docencia que cuenta con 5 switches capa 3 aumentaría la cantidad hasta 10 con la terminación del total de los 10 docentes previstos. Además se prevé la interconexión entre los distintos equipo de conectividad del nivel 2 y entre los del nivel 1, alcanzándose una topología de malla que permitirá la implementación de la ingeniería de tráfico, como se muestra en la Figura 3.2 (Ver anexo 4).

Cuando un switch capa 3 soporta MPLS, además de la ingeniería de tráfico, cuenta con las funcionalidades requeridas para implementar la diferenciación de servicios y la creación de VPN,

entre otras. La diferenciación de servicios se puede implementar en los distintos switches capa 3 del fabricante Extreme con que cuenta la red, mediante el protocolo DiffServ, el cual se encuentra soportado por el firmware “ExtremeWare 7.7” de los switches actuales y en el firmware “ExtremeXOS 12.0” de los nuevos que se estudia comprar. En cuanto a la creación de VPN, esta aplicación de MPLS no es viable si se implementa dentro de la red interna de la UCI, pues las Redes Privadas Virtuales son útiles en una infraestructura compartida como puede ser Internet, pero no tendría sentido crear una red virtual en una red privada. Si en algún momento MPLS se implementa fuera de la red de la UCI, como pudiera ser la conexión con las Mini-UCI, entonces si resultaría de gran utilidad y de mayor eficiencia que la actual conexión ATM que existe resto de nuestro país.

### ***3.6 Propuesta de calidad de servicio para la red UCI***

Luego de haber sido analizado el equipamiento de interconexión de la red de la UCI y la viabilidad de utilizar las aplicaciones MPLS, se realizará una explicación de los pasos requeridos para implementarlo. La utilización de los protocolos MPLS y DiffServ, sería la propuesta realizada como resultado de la investigación para brindar Calidad de Servicio en la red de la UCI.

1. Implementar MPLS en el backbone de la red. Además se recomienda extender la implementación a los switches capa 3 del nivel 2 una vez que este cuente con el modelo BlackDiamond®.
2. Dotar a los switches BlackDiamond® 6800 del módulo BD 6800 MPLS si se decide implementar MPLS en el nivel 2.
3. Tener en cuenta el protocolo de estado de línea IGP. Este protocolo permite el enrutamiento de los paquetes en la red. Actualmente se cuenta con RIP y de este MPLS obtiene información para hacer el envío de paquetes. Se recomienda utilizar el protocolo OSPF, el cual se encuentra en estudio su posible utilización en la red de la UCI a través de una tesis investigativa.

4. Habilitar los protocolos MPLS y LDP en los switches del dominio MPLS.

Ejemplo de comandos a utilizar:

**config mpls add vlan[<nombre>| all] {ldp}**: habilita LDP para una o todas las VLAN(reDES virtuales).Se especifica el nombre de la VLAN.

**config mpls delete vlan [<nombre>| all] {ldp}**: deshabilita LDP en una o en todas las VLAN.

**show mpls ldp{<dirección ip>}{detail}**: muestra información sobre las sesiones LSP. Si no se especifica la dirección IP de una VLAN se muestra la información de todas las sesiones LDP.

5. Habilitar el protocolo DiffServ, para soportar la diferenciación de servicios. Atendiendo a la clasificación en tres tipos de servicios que hace este protocolo se propone agrupar los servicios que brinda actualmente la red y los que se brindarían en un futuro como se muestra en la tabla 9.

Tipo de servicio	Servicios de la red UCI	
	Actuales	Futuros
Premium	Video Streaming (Inter-nos)	Videoconferencia, IPTV
Envío Asegurado	Aplicaciones críticas	Telefonía IP
Mejor Esfuerzo	Directorio de usuarios, correo electrónico, navegación, hosting de aplicaciones, mensajería instantánea, transferencia de ficheros	Ninguno

Tabla 9: Clasificación de los servicios de la UCI según el protocolo DiffServ.

Esta clasificación se guarda en el campo DSCP de DiffServ. En la configuración de los switches de Extreme, se inserta en el campo TOS del encabezado IP. El switch le puede asignar QoS analizando el campo DSCP. Para habilitar y deshabilitar DiffServ en los switches se utilizan los comandos siguientes, en los cuales se especifican los puertos:

**enable diffserv examination ports [<portlist> | all]**

**disable diffserv examination ports [<portlist> | all]**

El campo DSCP de Diffserv puede ser cambiado el perfil de QoS. Los switch de extreme agrupan y asignan por defecto los perfiles de QoS que se muestran en la siguiente tabla:

El comando utilizado para cambiar la QoS asignada a un puerto es:

**configure diffserv examination code-point <code\_point> qosprofile <qosprofile> ports [<portlist> | all] {low-drop-probability | high-drop-probability}**

6. Habilitar QoS en toda la red, pues se hace necesario llevar las configuraciones de QoS a los switch capa 2 del nivel de acceso.
7. Una vez que la UCI cuente con una estructura de malla se recomienda habilitar la Ingeniería de Tráfico. La misma está disponible mediante MPLS TE en los switches del fabricante Extremenetworks.

### **3.7 Alternativas de calidad de servicio.**

Teniendo en cuenta que la implementación de MPLS necesita de hardware que no se dispone actualmente en la universidad, se han considerado tres alternativas de implementación del mismo, en las condiciones actuales y futuras. En todos estos casos la implementación del protocolo DiffServ es viable.

## 3.7.1 Alternativa del Backbone Actual

La universidad hoy cuenta con switches BlackDiamond 6800 en su backbone. Los mismos utilizan el firmware ExtremeWare 7.7, que no soporta el protocolo MPLS. Por tanto se hace necesario agregarles un módulo BD 6800 MPLS para soportar las funcionalidades del mismo. En esta alternativa (ver Figura 3.3) es perfectamente posible la implementación del protocolo DiffServ.

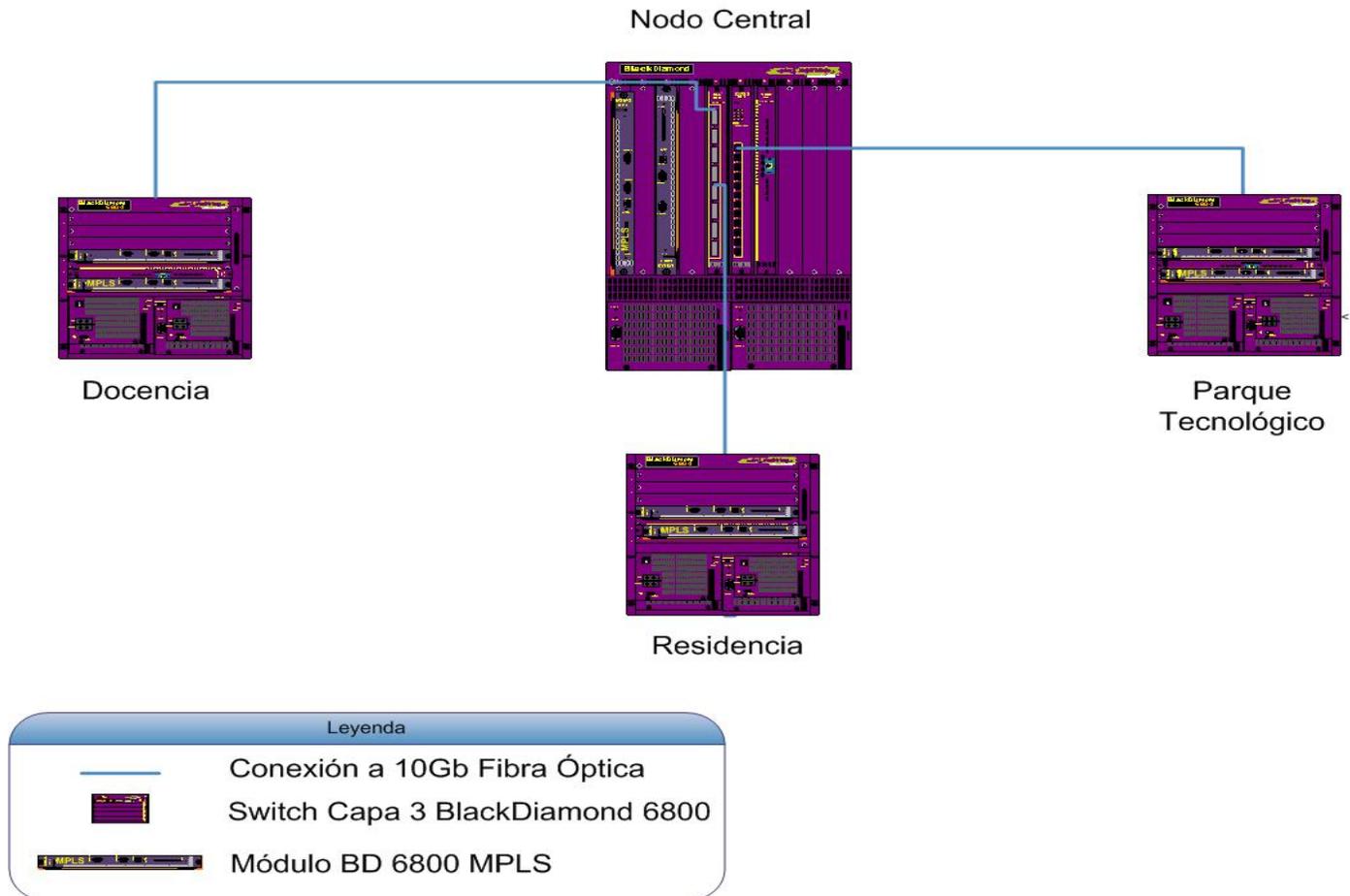


Figura 3.3: Alternativa del Backbone Actual para la red UCI.

Esta alternativa requiere la compra de 4 módulos BD 6800 MPLS, a un costo de alrededor de 21500 dólares cada uno, para un total de 86000 dólares.

## 3.7.2 Alternativa del Backbone Futuro

Este caso ocurriría una vez sustituido el actual backbone de la red con la compra de BlackDiamond 8800 (ver Figura 3.4) y los switches actuales pasarían al nivel 2 de acceso. Como estos nuevos equipos utilizan el firmware ExtremeXOS 12.0, sí soportan las funcionalidades de MPLS. También es viable la implementación del protocolo DiffServ.

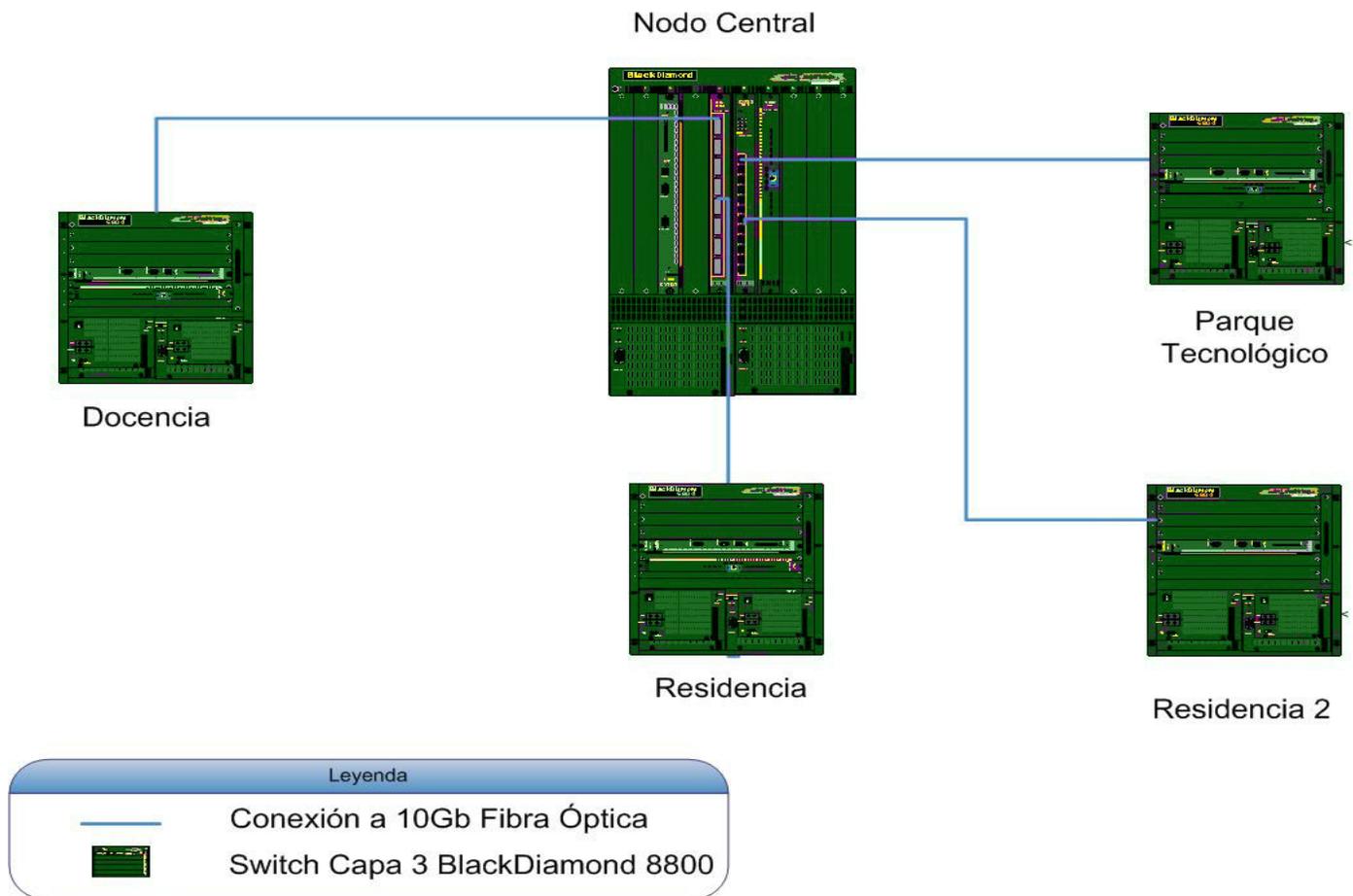


Figura 3.4: Alternativa del Backbone Futuro para la red UCI.

En este caso no se requiere de ningún costo adicional, pues no es necesaria la compra de ningún módulo extra.

### 3.7.3 Alternativa del Nivel 2 Futuro

En el mismo caso anterior, existe la posibilidad de extender la implementación de MPLS a una parte del nivel 2 (Ver figura 3.5), pues se podría realizar la compra de los 4 módulos MPLS mencionados en la alternativa 1. De esta forma se puede implementar el protocolo DiffServ en todos los switches de los niveles 1 y 2 de acceso unido a MPLS.

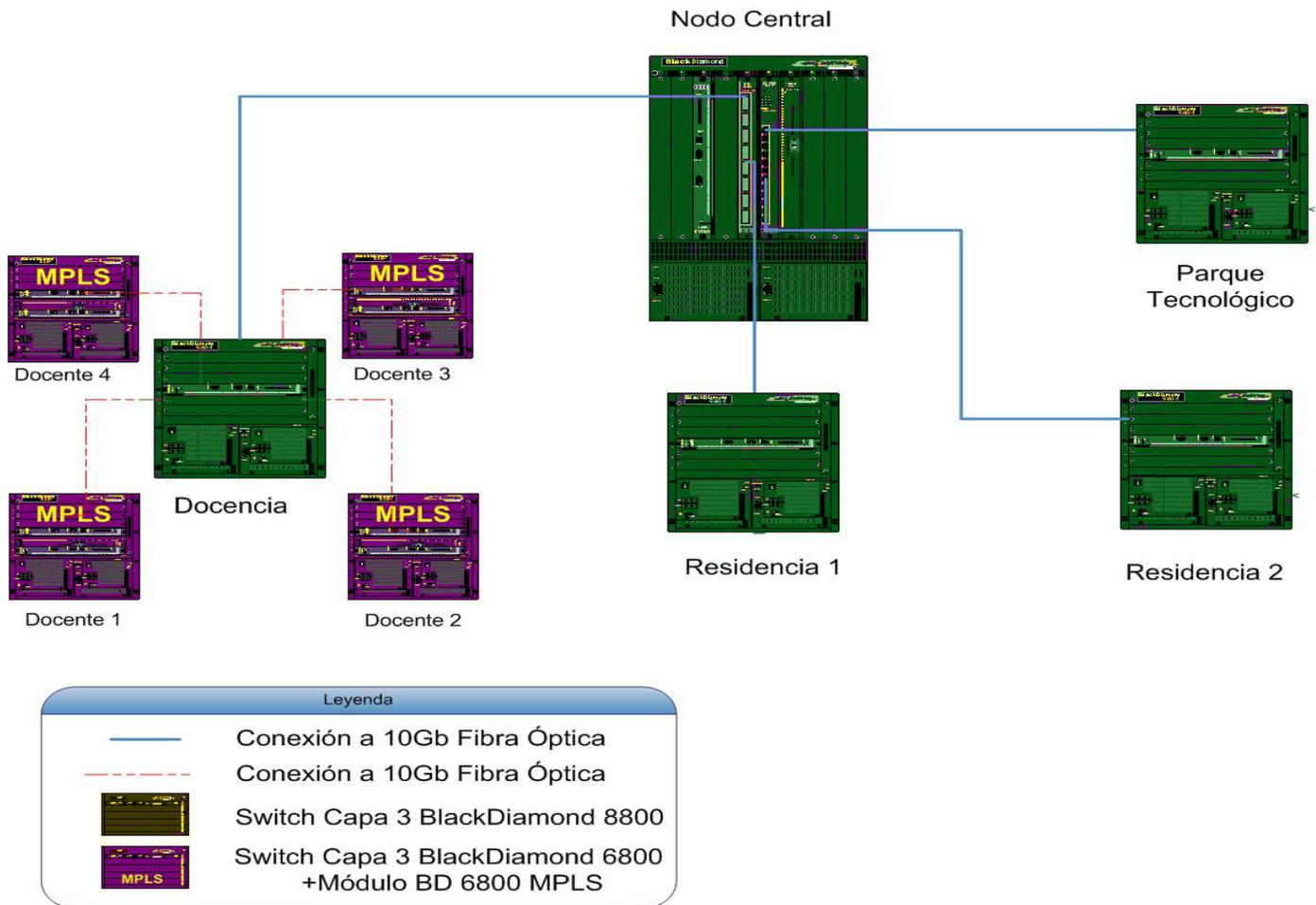


Figura 3.5: Alternativa del Nivel 2 Futuro para la red UCI.

Esta alternativa tiene un costo adicional igual a la alternativa 1 (86000 dólares), pues requiere de la compra de los mismos módulos BD 6800 MPLS.

### **3.8 Conclusiones del capítulo**

La red de la Universidad de las Ciencias Informáticas tiene una gran extensión y es de vital importancia para el desarrollo docente, investigativo y productivo del centro. Los servicios que se brinda a la comunidad universitaria actualmente no se brindan teniendo en cuenta protocolos de calidad de servicio. Actualmente esto no representa un problema crítico, pues se cuenta con un gran ancho de banda disponible. Sin embargo con la introducción de nuevos servicios como: telefonía IP, IPTV y videoconferencias, se requerirá de garantizarle a estos servicios los parámetros adecuados de calidad de servicio y el por ciento de utilización del ancho de banda será cada vez mayor.

El protocolo MPLS brinda un gran número de ventajas para la consecución de estos objetivos, por lo que se hace necesario su implementación en los switches capa 3 del nivel 1 y nivel 2 de la red. Para ello se hace necesaria la sustitución de los switches del backbone de la red por otros que soporten las funcionalidades de MPLS y en algunos casos la adición de módulos MPLS a los actuales switches BlackDiamond 6800 con que se cuenta. Esta inversión por parte de la universidad garantizará un eficiente funcionamiento de la red ante los requerimientos cada vez mayores de los servicios que se brinda y a la ampliación en extensión de la misma.

### CONCLUSIONES

- Se evidenció que la aplicación de calidad de servicio en una red informática garantiza un correcto funcionamiento de los servicios que esta presta y un óptimo aprovechamiento del ancho de banda.
- Se realizó un estudio de protocolos de calidad de servicio y se seleccionó MPLS por sus numerosas aplicaciones. Además se definió integrarlo con el protocolo DiffServ pues este le añade la funcionalidad de la diferenciación de servicios.
- Se arribó a una propuesta de implementación de los protocolos MPLS y DiffServ para brindar calidad de servicio a la red de la UCI.
- Se clasificaron los servicios de la red de la UCI mediante el protocolo DiffServ, lo que garantiza un trato preferente a los servicios críticos que se puedan brindar en el futuro, tales como: IPTV, VoIP y Videoconferencia.
- La estructura actual de la red de la universidad no permite la implementación de la ingeniería de tráfico. Esta funcionalidad contribuirá a la calidad de servicio en la futura topología de malla.
- Durante la investigación realizada quedó demostrado la necesidad de la sustitución del equipamiento de interconexión del backbone de la red para el soporte de las funcionalidades de MPLS.

### RECOMENDACIONES

- Llevar la implementación de los protocolos DiffServ y MPLS a todo el nivel 2 de la red UCI.
- Sustituir el protocolo de encaminamiento RIP existente en la UCI por el protocolo OSPF, pues el mismo brinda un mejor funcionamiento de la red.
- Utilizar las Guías de Usuario de los firmwares: ExtremeWare y ExtremeXOS usados por los switch capa 3 del fabricante Extremenetworks, para una correcta implementación de los protocolos propuestos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ÁLVAREZ MORAGA, SEBASTIÁN ANDRÉS. *Estudio y configuración de calidad de servicio para protocolos IPv4 e IPv6 en una red de fibra óptica WDM*. Vol. 13 N° 3, julio 2005. p: 105.
- [2] MONTAÑANA, ROGELIO. *Calidad de Servicio (QoS)*. Universidad de Valencia, España. Diapositiva: 10.
- [3] Sitio web Gestipolis. *Mpls (Multiprotocol Level switching), 2005*.
- [4] BARBERÁ, JOSÉ. *MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI*. Boletín RedIRIS N° 53, septiembre 2000.
- [5] VICERRECTORIA DE TECNOLOGIA. *Sobre los servicios Telemáticos de la UCI*. Universidad de las Ciencias Informáticas, septiembre 2004, p: 2.
- [6] Wikipedia La Enciclopedia libre. *Voz sobre IP*.
- [7] SÁNCHEZ, J.M. *Procedimientos de la conferencia VoIP'99*. International Institute Research, octubre, Madrid, España.
- [8] Cedillo, Elizabeth. *Carpeta técnica: Estudio sobre características de la voz basadas en redes que usan IP*. CITEL, Septiembre 2005, pág. 25-37.
- [9] *Catálogo de precios de productos y servicios*. Western States Contracting Alliance (WSCA). Disponible en: <http://apps.extremenetworks.com/apps/WSCA/WSCAPriceList.pdf> .

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ CÁRDENAS, OMAR. *Retos de MPLS y DiffServ en Redes Metropolitanas Ethernet*. [Consulta el: 12 de noviembre de 2006].
- ÁLVAREZ MORAGA, SEBASTIÁN ANDRÉS. *Estudio y configuración de calidad de servicio para protocolos IPv4 e IPv6 en una red de fibra óptica WDM*. Vol. 13 N° 3, julio 2005. [Consulta el: 16 de enero de 2007]. Disponible en: [www.scielo.cl/pdf/rfacing/v13n3/art15.pdf](http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v13n3/art15.pdf) .
- ANGULO, JENNY M. *MPLS*. [Consulta el: 20 de noviembre de 2006]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml> .
- BARBERÁ, JOSÉ. *MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI*. Boletín RedIRIS N° 53, septiembre 2000. [Consulta el: 12 de noviembre de 2006]. Disponible en: <http://www.rediris.es/rediris/boletin/53/enfoque1.html> .
- BLÁZQUEZ MARTÍN, JUAN. *MPLS: Convergencia IP*. [Consulta el: 18 de abril de 2007]. Disponible en: <http://www.idg.es/pcworldtech/mostrarArticulo.asp?id=293659430&seccion=comunicaciones> .
- CEDILLO, ELIZABETH. *Carpeta técnica: Estudio sobre características de la voz basadas en redes que usan IP*. CITEL, Septiembre 2005, pág. 25-37. Disponible en: [www.citel.oas.org/sp/ccp1-tel/Carpetas%20Tecnicas/carpeta2-r1c1\\_e.doc](http://www.citel.oas.org/sp/ccp1-tel/Carpetas%20Tecnicas/carpeta2-r1c1_e.doc) .
- DACCACH T, J.C. *IPTV*. Sitio web de Gestipolis, 2005. [Consulta el: 15 de mayo de 2007]. Disponible en: <http://www.gestipolis.com/delta/term/TER347.html> .
- ESCRIBANO SALAZAR, JORGE. *Diffserv como solución a la provisión de QoS en Internet*. Universidad Carlos III, Madrid, España. [Consulta el: 4 de diciembre de 2006]. Disponible en : [http://www.it.uc3m.es/cgarcia/articulos/cita2002\\_diffserv.pdf](http://www.it.uc3m.es/cgarcia/articulos/cita2002_diffserv.pdf) .

- FRIEDL, ALFONS. *La Tecnología MPLS al servicio de las redes privadas*. 08 de febrero, 2005. [Consulta el: 20 de abril de 2007]. Disponible en: <http://www.acens.com/pressroom/la-tecnologia-mpls-al-servicio-de-las-redes-privadas.html>
- Global Networked IT Services, España. Disponible en: <http://www.btglobalservices.com/business/es/es/index.html> .
- HERRERA, RODRIGO. *Telmex extiende Servicios de Telefonía a todo Chile*. Boletín mensual Panorama Tecnológico TELMEX, octubre 2004. [Consulta el: 15 de febrero de 2007]. Disponible en: [http://www.telmex.com/cl/ch\\_cliente\\_contactotmx\\_enews05.html](http://www.telmex.com/cl/ch_cliente_contactotmx_enews05.html) .
- JIMÉNEZ, FAUSTINO. *Conectividad segura*. Revista La Guía de Internet, 02 de febrero, 2005. [Consulta el: 18 de abril de 2007]. Disponible en: <http://www.acens.com/pressroom/conectividad-segura.html> .
- MONTAÑANA, ROGELIO. *Calidad de Servicio (QoS)*. Universidad de Valencia, España. [Consulta el: 2 de noviembre de 2006].
- PLANCHART, FRANKLIN. *Políticas de Planes de Numeración e Identificación basada en Protocolo ENUM y su relación con el desarrollo de una nueva Arquitectura de Red en la Internet 2*. Congreso Mundial La sociedad de la Información y el desarrollo Humano, La Habana Cuba, 17 al 21 de abril de 2006. Disponible en: [www.congreso-info.cu/UserFiles/File/Info%202006/FRANKLIN%20PLANCHART%2012Y30/PRESENTACION\\_Cuba\\_2006.ppt](http://www.congreso-info.cu/UserFiles/File/Info%202006/FRANKLIN%20PLANCHART%2012Y30/PRESENTACION_Cuba_2006.ppt)
- Redacción Virtual-Cisco System. *Estrategia de Cisco en el desarrollo de MPLS*. [Consulta el: 10 de enero de 2007]. Disponible en: <http://www.ciscoredaccionvirtual.com/redaccion/titulares/default.asp?ld=235> .
- ROMO ZAMUDIO, JOSÉ FABIÁN. *Videoconferencia en las redes de datos, principales problemas*. Octubre de 2004. [Consulta el: 15 de enero de 2007]. Disponible en: <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/octubre/videoconf.htm> .

- SÁNCHEZ, SERGI. *Protocolo RSVP: Evolución y experiencias*. Boletín RedIRIS, Sumario boletín número 46-47, diciembre 1998-enero 1999. [Consulta el: 20 de noviembre de 2006]. Disponible en: <http://www.rediris.es/rediris/boletin/46-47/ponencia11.html> .
- Sitio Web AT&T, “*AT&T Caribe y América Latina*”. [Consulta el: 25 de febrero de 2007]. Disponible en: [http://www.corp.att.com/latin\\_america\\_es/](http://www.corp.att.com/latin_america_es/) .
- Sitio Web de BT Global Services. “*BT amplía la red MPLS en América Latina*”. [Consulta el: 15 de febrero de 2007]. Disponible en: [http://www.btglobalservices.com/business/es/es/news/2005/edition\\_1/mpls.html](http://www.btglobalservices.com/business/es/es/news/2005/edition_1/mpls.html) .
- Sitio Web de Cisco. Pemex, “*Historias por Tecnología*”, abril de 2001. [Consulta el: 23 de febrero de 2007]. Disponible en: <http://www.cisco.com/web/LA/cisco/exito/tec/atm/pemex.html> .
- Sitio Web de Easynet, Casos de Éxito. “*Ascott Europe Una solución IP VPN europea con clase de servicio*”, 8 de febrero de 2007. [Consulta el: 15 de abril de 2007]. Disponible en: [www.easynet.com/pdf/casestudy/cs\\_ascott\\_europe\\_es.pdf](http://www.easynet.com/pdf/casestudy/cs_ascott_europe_es.pdf) .
- Sitio Web de IDG. “*Innovación MPLS para satisfacer las necesidades de los clientes*”. [Consulta el: 15 de abril de 2007]. Disponible en: [www.idg.es/adres/news.asp?id=476&or=rah](http://www.idg.es/adres/news.asp?id=476&or=rah) .
- Sitio Web Extremenetworks. *MPLS Module Installation and User Guide*. Disponible en: [www.extremenetworks.com/libraries/services/MPLSInstallRev2.pdf](http://www.extremenetworks.com/libraries/services/MPLSInstallRev2.pdf) .
- Sitio web Gestipolis. *Mpls (Multiprotocol Level switching), 2005*. [Consulta el: 15 de diciembre de 2006]. Disponible en: <http://www.gestipolis.com/delta/term/TER347.html> .
- Wikipedia La Enciclopedia libre. *IPTV*. [Consulta el: 15 de mayo de 2007]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/IPTV> .
- Wikipedia La Enciclopedia libre. *Televisión digital*. [Consulta el: 8 de enero de 2007]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n\\_digital](http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n_digital) .

- Wikipedia La Enciclopedia libre. *Voz sobre IP*. [Consulta el: 8 de enero de 2007].  
Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Voz\\_sobre\\_IP](http://es.wikipedia.org/wiki/Voz_sobre_IP) .
- ZAMORA, HUGO. *Implementación de redes MPLS-VPN Casos de estudio*. Reunión de Primavera CUDI 2002. [Consulta el: 10 de marzo de 2007]. Disponible en:  
[www.cudi.edu.mx/primavera2002/presentaciones/MPLSVPN.pdf](http://www.cudi.edu.mx/primavera2002/presentaciones/MPLSVPN.pdf) .

## ANEXOS

## Anexo 1

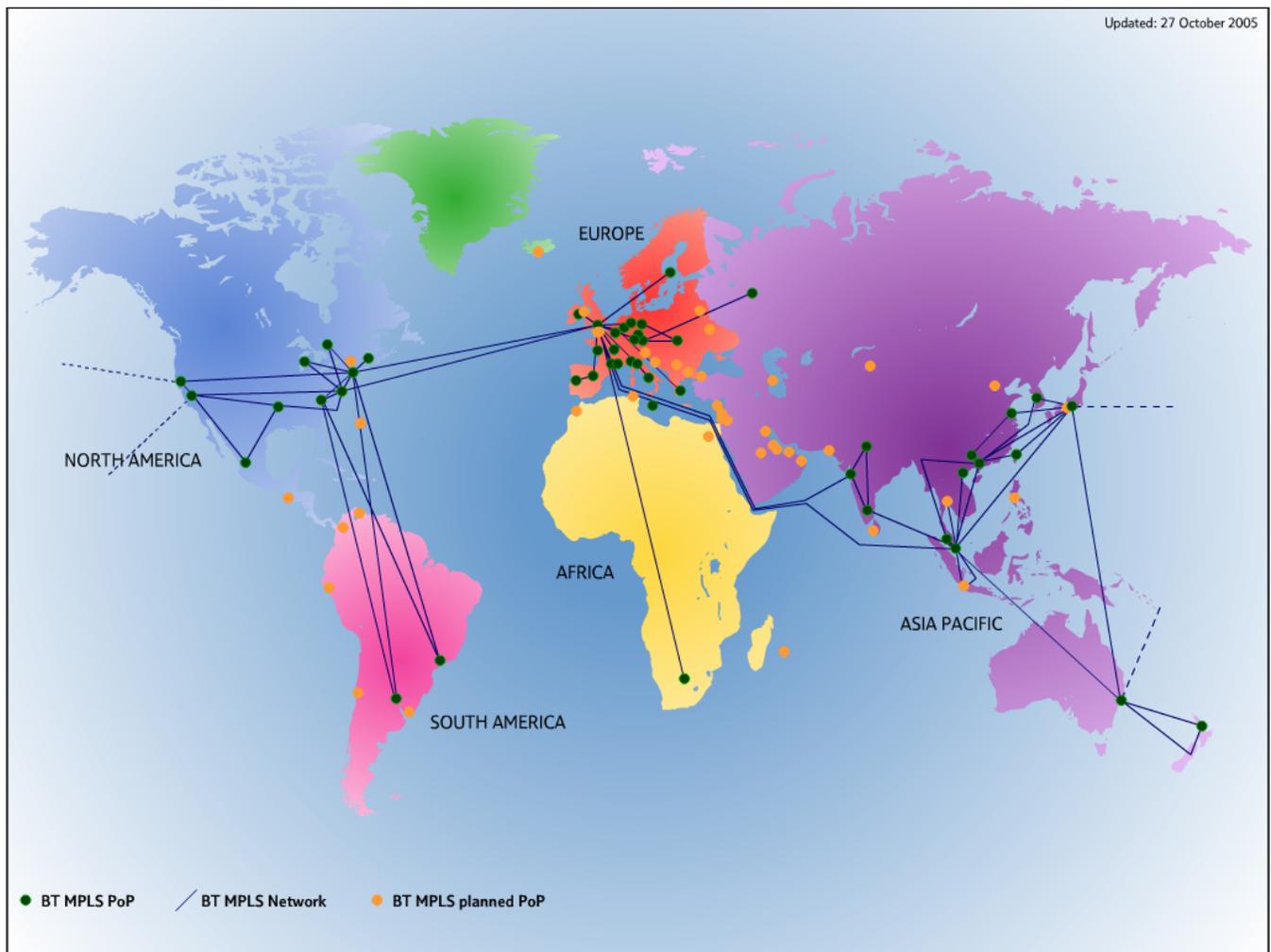


Figura 1.2: Red MPLS de la empresa BT a nivel mundial.

## Anexo 2

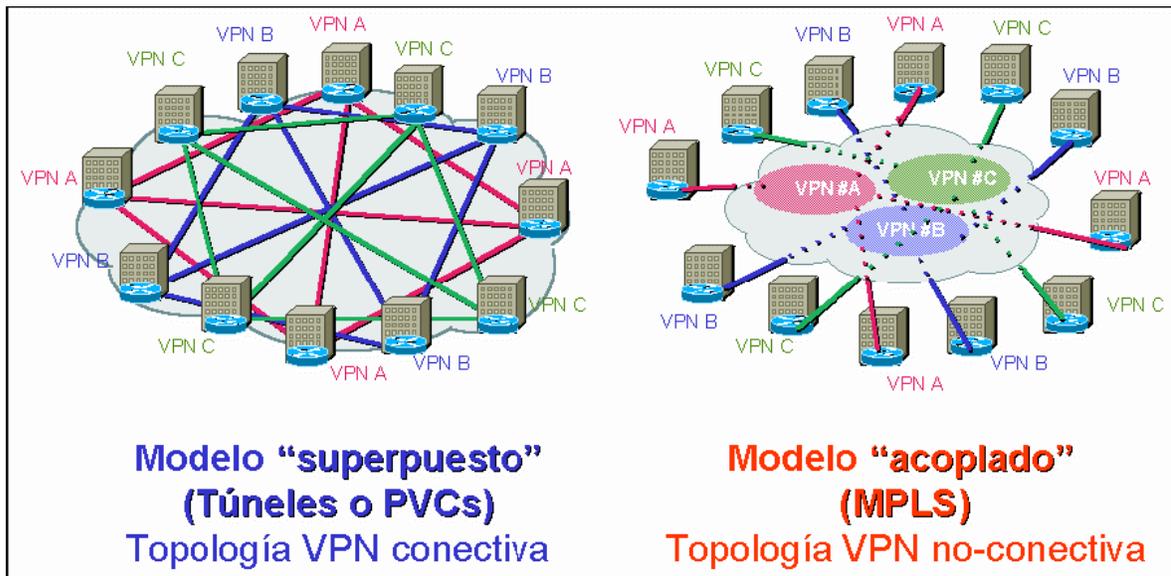


Figura 2.5: Modelo "superpuesto" (túneles/PVC) vs. Modelo "acoplado" (MPLS).

### Anexo 3

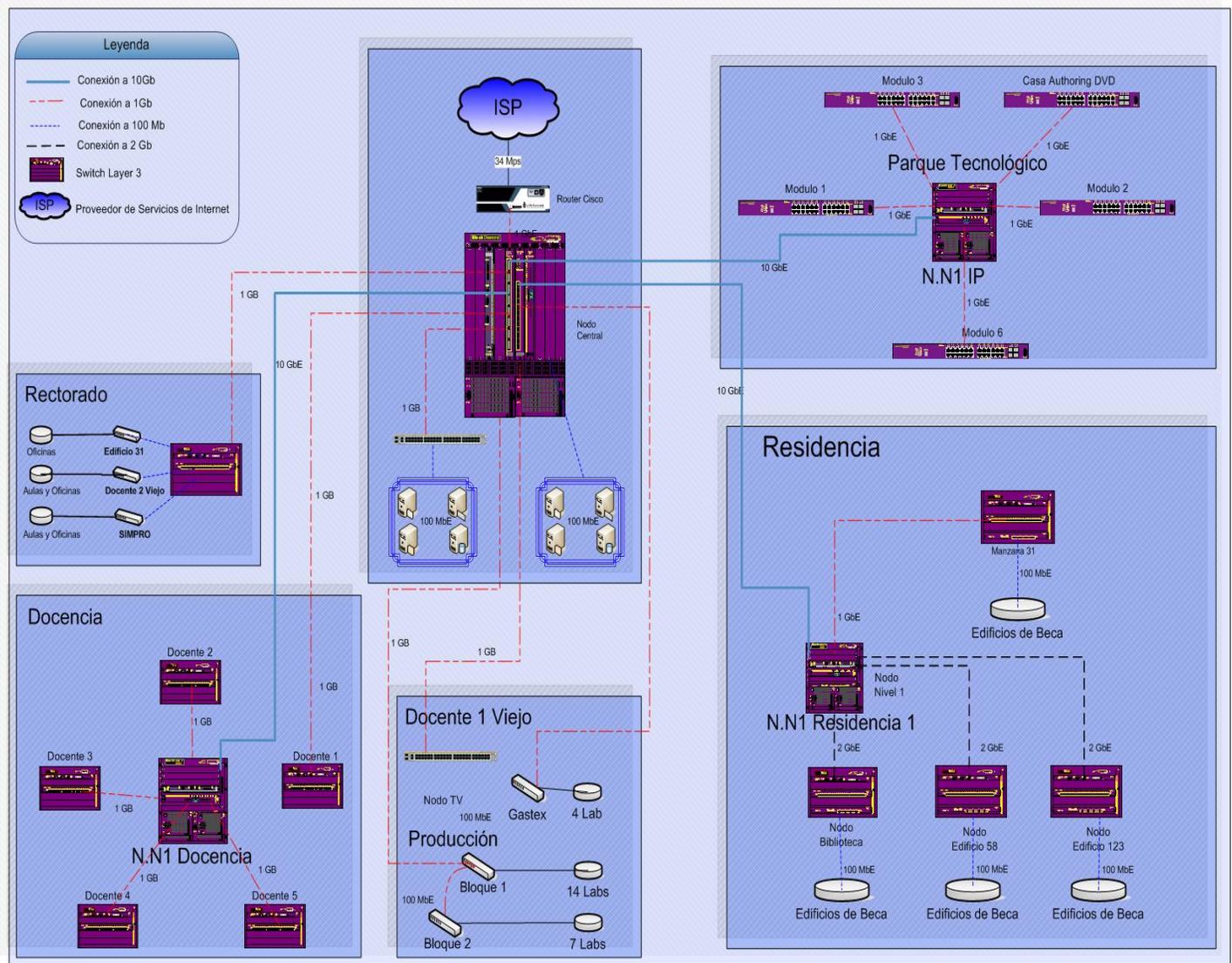


Figura 3.1: Conexiones por fibra óptica entre los distintos switch capa 3 de la red de la UCI.

### Anexo 4

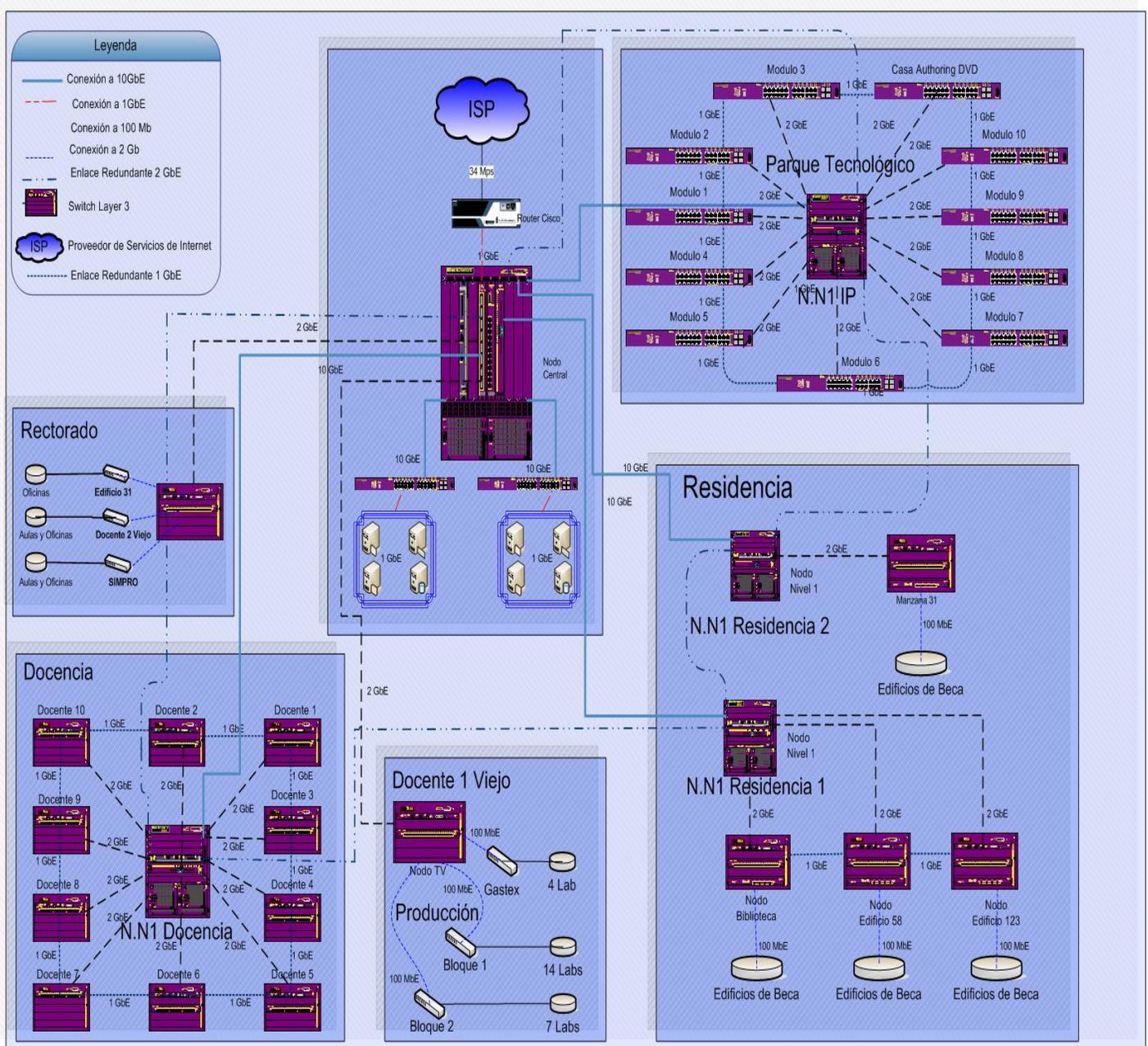


Figura 3.2: Conexiones futuras entre los distintos switch capa 3 de la red de la UCI.

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**802:** Grupo de trabajo del IEEE para interfaces de alto nivel, gestión de red, sistemas de redes y otros términos comunes a las tecnologías LAN.

**ACK:** Acknowledgement (acuse de recibo), en comunicaciones entre computadoras, es un mensaje que se envía para confirmar que un mensaje o un conjunto de mensajes han llegado.

**ADSL:** Asymmetric Digital Subscriber Line. Subscritor digital asimétrico, tipo de tecnología que permite la transmisión de información digital a una rápida velocidad por medio de la línea telefónica.

**Ancho de banda:** En conexiones a Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bites por segundo (BPS), kilobits por segundo (kbps), o megabits por segundo (mps).

**ATM:** Modo de Transferencia Asíncrono (*Asynchronous Transfer Mode*). Es una tecnología de red de conmutación de celdas orientada a conexión basada en circuitos virtuales.

**ATM Forum:** Un grupo de organizaciones responsables de determinar los estándares ATM y su desarrollo.

**Backbone:** Es usado en redes como vía principal para transportar tráfico entre otros segmentos de redes. Constituye el núcleo de la red.

**Batch:** (o bat) es un archivo de procesamiento por lotes: se trata de archivos de texto sin formato, guardados con la extensión \*.bat que contienen un conjunto de comandos DOS. Cuando se ejecuta este archivo bat, los comandos contenidos son ejecutados en grupo, de forma secuencial, permitiendo automatizar diversas tareas.

**BGP:** Border Gateway Protocol. Protocolo de gateway fronterizo. Protocolo de enrutamiento entre dominios que reemplaza a EGP. BGP intercambia información de capacidad de alcance con otros sistemas BGP.

**Conmutación:** La conmutación es una técnica que sirve para hacer un uso eficiente de los enlaces físicos en una red de computadoras. Si no existiese una técnica de conmutación en la comunicación entre dos nodos, se tendría que enlazar en forma de malla. Una ventaja adicional de la conmutación de paquetes, (además de la seguridad de transmisión de datos) es que como se parte en paquetes el mensaje, éste se está ensamblando de una manera más rápida en el nodo destino.

**Conmutación multinivel:** Conmutación de paquetes entre los niveles 2 y 3 del modelo OSI.

**Constraint-based Routing, CBR:** Una clase de algoritmos de ruteo que basa la decisión del camino seleccionado en un conjunto de requerimientos de restricciones que se suman al destino.

**CoS:** Clase de Servicio (*Class of Service*) es una manera de gestionar tráfico en una red a partir de agrupar tráfico de características similares (Ej.: e-mail, flujos de video, voz), el cual es tratado de manera diferente a partir del nivel de prioridad que se defina para cada clase de tráfico.

**DLCI:** Data Link Connection Identifier. Identificador de conexión de enlace de datos. Valor que especifica un PVC o SVC en una red Frame Relay.

**Dúplex:** Un método de comunicación que permite a los dispositivos enviar y recibir datos simultáneamente.

**FEC:** Forwarding Equivalence Class .Clase equivalente de envío.

**FTP:** File Transfer Protocol. Protocolo de Transferencia de Ficheros. Protocolo sofisticado que se ocupa de la transferencia de ficheros entre sistemas. FTP ofrece muchas opciones de formato de datos que tratan con sistemas heterogéneos.

**Forwarding:** Es el proceso de mover tramas de un puerto a otro en un dispositivo de conectividad (conmutador o puente).

**Frame Relay:** Es una tecnología que permite la conmutación rápida de paquetes para la conexión de diferentes tipos de redes.

**Host o terminal:** Aparato capaz de realizar operaciones de diálogo con un servidor. También se le llama cliente. Puede ser un ordenador, un servidor de archivos, un dispositivo de almacenamiento por red, una máquina de fax, impresora, etc.

**IEEE:** *Electronics and Electrical Engineers*. Una sociedad profesional de ingenieros eléctricos y científicos informáticos que subvencionan una serie de grupos de estándares técnicos.

**IETF:** Internet Engineering Task Force, en español Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet, es una organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, tales como transporte, encaminamiento, seguridad.

**IGP:** Interior Gateway Protocol. Protocolo de Gateway Interior. Protocolo de Internet utilizado para intercambiar información de enrutamiento dentro de un sistema autónomo. Entre los ejemplos de IGP de Internet comunes se incluyen IGRP, OSPF y RIP.

**IP:** El Protocolo de Internet (IP, de sus siglas en inglés *Internet Protocol*) es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

**IP/ATM:** IP sobre ATM. Grupo de servicios para la comunicación en redes ATM que pueden usarse como alternativa a la emulación de LAN. IP/ATM se controla mediante dos componentes principales: el cliente IP/ATM y el servidor IP/ATM.

**IPSec:** Internet Protocol Security. Protocolo que brinda seguridad de transmisión de información sensible a través de redes públicas, tales como Internet.

**IP switching:** conmutación IP.

**ISDN:** Red Digital de Servicios Integrados. Consisten en un grupo de estándares desarrollados por ITU-T (antiguo CCITT) para la transmisión de información digital sobre los cables de cobre tradicionales, así como por otros medios de transmisión.

**IS-IS:** Sistema intermedio a sistema intermedio. Protocolo de enrutamiento jerárquico de estado de enlace OSI basado en el enrutamiento DECnet Phase V, en el que los IS (routers) intercambian información de enrutamiento en base a una métrica única para determinar la topología de la red.

**ISP:** Proveedor de Servicios de Internet. Es un centro que garantiza acceso a Internet para usuarios finales y redes, a partir de poseer una infraestructura de telecomunicaciones orientada a tal servicio y mantener niveles elevados de conectividad regional, nacional y/o internacional. Generalmente brindan servicios de correo electrónico, noticias entre otros, a sus usuarios.

**ITU-T:** Organización que forma parte de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU).

**LDP:** Label Distribution Protocol. Protocolo de distribución de etiquetas.

**LSP:** Label-Switched Paths. Trayectorias de Conmutación de Etiquetas.

**LSR:** Label-Switching Router. Conmutador de etiquetas.

**Modelo OSI:** Modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, Open System Interconnection)

**MPLS:** Multiprotocol Label Switching. En español, intercambio de etiquetas multiprotocolo.

**Nodo:** Punto de intersección o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar. En una red de ordenadores cada una de las máquinas es un nodo, y si la red es Internet, cada servidor constituye también un nodo.

**NSP:** Proveedor de Servicios de Red.

**OSPF:** Open Shortest Path First. Protocolo de enrutamiento

**Paquete de datos:** Un paquete de datos es una unidad fundamental de transporte de información en todas las redes de computadoras modernas. El término datagrama es usado a veces como sinónimo.

**PPP:** Point to Point Protocol. Protocolo de punto a punto, que se utiliza para la conexión de ordenadores al Internet a través de líneas de teléfono.

**PSTN:** Public Switched Telephone Network. Red pública de telefonía conmutada. Término general que se refiere a la diversidad de redes y servicios telefónicos existentes a nivel mundial. A veces se denomina servicio telefónico analógico convencional (POTS).

**PVC:** Circuito virtual permanente. Circuito virtual que se establece de forma permanente. Los PVC ahorran ancho de banda relacionado con el establecimiento y el desmantelamiento del circuito en situaciones en las que determinados circuitos virtuales deben existir de forma permanente. En la terminología ATM, se denomina conexión virtual permanente.

**QoS:** Quality Of Service. Calidad de servicio. Medida de desempeño para un sistema de transmisión que refleja su calidad de transmisión y disponibilidad de servicio.

**RFC:** Documento Request For Comments (abreviado como RFC), que se traduce como "petición de comentarios", es un documento cuyo contenido es una propuesta oficial para un nuevo protocolo de la red Internet , que se explica con todo detalle para que en caso de ser aceptado pueda ser implementado sin ambigüedades.

**RIP:** Routing Internet Protocol. Es un protocolo de vector de distancia perteneciente a la arquitectura TCP/IP, que busca la ruta mas corta entre dos puntos en una red a partir del análisis de las direcciones origen y destino.

**Router:** Enrutador, encaminador. Dispositivo de hardware para interconexión de redes de las computadoras que opera en la capa tres (nivel de red) del modelo OSI.

**Routing:** Encaminamiento. Se trata de la función de buscar un camino entre todos los posibles en una red de paquetes cuyas topologías poseen una gran conectividad.

**RSVP:** Resource Reservation Protocol. Protocolo de Reserva de Recursos. Protocolo que permite reservar los canales o rutas en redes Internet para la transmisión por unidifusión y multidifusión. Es un protocolo de nivel de red en la estructura de capas de Internet y OSI.

**SLA:** Service Level Agreement, que significa Acuerdo de Nivel de Servicio y a veces se abrevia como ANS. Un SLA es un protocolo plasmado normalmente en un documento de carácter legal por el que una compañía que presta un servicio a otra se compromete a prestar el mismo bajo unas determinadas condiciones y con unas prestaciones mínimas.

**Streaming:** Término que se refiere a ver u oír un archivo directamente en una página web sin necesidad de descargarlo antes al ordenador o computador. Describe una estrategia sobre demanda para la distribución de contenido multimedia a través del internet.

**TCP:** Protocolo de Control de Transmisión (Transmission Control Protocol) es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Utilizado dentro de una red de datos compuesta por ordenadores para crear *conexiones* entre ellos a través de las cuales enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través de los puertos

**Telnet:** Protocolo que sirve para acceder mediante una red a otra máquina, para manejarla como si estuviéramos sentados delante de ella.

**Traffic Shaping:** Intento para controlar el tráfico de una red de ordenadores para optimizar o garantizar su funcionamiento, las bajas latencias, etc. Así, proporciona un mecanismo para controlar el volumen de tráfico que es enviado en una red así como su frecuencia. Aunque es un método para mejorar los protocolos de red, puede ser utilizado para limitar cierto tipo de paquetes o tráfico desde un punto a otro.

**TTL:** Tiempo de Vida (Time To Live). Campo de la cabecera IP que se decrementa con cada unidad IP que se ocupa de un datagrama. Cuando el TTL alcanza el punto cero, el datagrama es desechado.

**Tunneling:** Técnica que consiste en encapsular un protocolo de red sobre otro (protocolo de red encapsulador) creando un túnel dentro de una red de comunicaciones (o red de computadoras).

**UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**VoIP:** Voz sobre IP o telefonía IP.

**VPI/VCI:** Los switches ATM utilizan campos VPI/VCI para identificar el siguiente VCL por el que una celda debe transitar a su destino final. La función del VPI es similar a la del DLCI en Frame Relay.

**VPN:** Virtual Private Network. Red Virtual Privada, red de comunicación privada utilizada por la red pública, utiliza protocolo de eficiencia y seguridad de información para guardar la privacidad de la información.

**WWW:** World Wide Web, es un sistema de navegador web para extraer elementos de información llamados "documentos" o "páginas web".