



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE INFORMACIÓN MEDIANTE UNA RED
MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING) BASÁNDOSE EN LA
INTEGRACIÓN DE CIRCUITOS VIRTUALES EN REDES IP**

Roberto Vinicio de León Paredes

Asesorado por el Ing. Juan René Simón Robles

Guatemala, enero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE INFORMACIÓN MEDIANTE UNA RED
MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING) BASÁNDOSE EN LA
INTEGRACIÓN DE CIRCUITOS VIRTUALES EN REDES IP**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

ROBERTO VINICIO DE LEÓN PAREDES

ASESORADO POR EL ING. JUAN RENÉ SIMÓN ROBLES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, ENERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Fernández Cáceres
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo de León Barrios
EXAMINADOR	Inga. Floriza Felipa Ávila Pesquera de Medillina
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE INFORMACIÓN MEDIANTE UNA RED
MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING) BASÁNDOSE EN LA
INTEGRACIÓN DE CIRCUITOS VIRTUALES EN REDES IP,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, en febrero de 2009.



Roberto Vinicio de León Paredes

Guatemala 28 de octubre de 2009

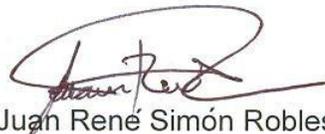
Ingeniero
Carlos Azurdia
Revisor de Trabajo de Graduación
Escuela de Ciencias y Sistemas
Facultad de Ingeniería

Respetable Ing. Azurdia:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **ROBERTO VINICIO DE LEÓN PAREDES**, titulado: **"SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE INFORMACIÓN MEDIANTE UNA RED MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING) BASÁNDOSE EN LA INTEGRACIÓN DE CIRCUITOS VIRTUALES EN REDES IP"**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Juan René Simón Robles
Ingeniero en Ciencias y Sistemas
Colegiado No. 8009
Asesor de Trabajo de Graduación



Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 18 de Noviembre de 2009

Ingeniero
Marlon Antonio Pérez Turk
Director de la Escuela de Ingeniería
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **ROBERTO VINICIO DE LEON PAREDES**, titulado: **“SOLUCION DE TRANSPORTE DE INFORMACION MEDIANTE UNA RED MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING) BASANDOSE EN LA INTEGRACION DE CIRCUITOS VIRTUALES EN REDES IP”**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,


Ing. Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados
y Revisión de Trabajos de Graduación



E
S
C
U
E
L
A

D
E

C
I
E
N
C
I
A
S

Y

S
I
S
T
E
M
A
S

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24767644

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, de trabajo de graduación titulado **“SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE INFORMACIÓN MEDIANTE UNA RED MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING) BASÁNDOSE EN LA INTEGRACIÓN DE CIRCUITOS VIRTUALES EN REDES IP”**, presentado por el estudiante **ROBERTO VINICIO DE LEÓN PAREDES**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Marlon Antonio Pérez Turk
Director, Escuela de Ingeniería Ciencias y Sistemas



Guatemala, 15 de enero 2010

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.007.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE INFORMACIÓN MEDIANTE UNA RED MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING) BASÁNDOSE EN LA INTEGRACIÓN DE CIRCUITOS VIRTUALES EN REDES IP**, presentado por el estudiante universitario **Roberto Vinicio De León Paredes**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, enero 2010

/cc
c.c. archivo.

ACTO QUE DEDICO A

- Dios** Por permitirme cumplir esta meta de mi vida que sólo con su bendición y ayuda es posible realizarla.
- Mis padres** Diego de León y Antonieta Paredes de de León, por su esfuerzo, apoyo y ejemplo dado durante toda mi vida.
- Mis hermanos** Mary, Francisco y Diego, por afinidad, Hugo, Kibonge y Loren, por sus consejos y apoyo en toda mi vida.
- Mis abuelos** Catalina Escobar de León (D.E.P), José de Jesús Paredes Rodríguez (D.E.P), Mary Eleonora Valdez López (D.E.P) y Ricardo Francisco de León López, gracias por siempre.
- Mis sobrinos** En especial a Pablo Esteban, Gabriela María, Andrea María, José Pablo y Luis Fernando, por recordarme lo alegre que se puede disfrutar la vida cada día.
- Tíos y primos** Gracias por ser parte de mi vida.

Mis cuñados

Enrique Cabrera y Bibiana Perafán, por brindar siempre la alegría y calor humano que les caracteriza.

Mi novia

Krizia Urbina, por demostrarme con su amor todo su apoyo incondicional en cada paso que doy.

Mis amigos

Cercanos a mi hogar, universidad y laborales, los caminos en un momento se dividen pero los momentos compartidos con ustedes siempre vivirán, gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS A

- Quetzaltenango** Tierra en donde mis ojos se abrieron por primera vez y me dejó ver la belleza reflejada en todos sus aspectos.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Casa de estudios que me abrió las puertas para contribuir con mi trabajo en el desarrollo de mi país.
- Facultad de Ingeniería** Lugar que día a día me enseñó a ser un profesional de la ingeniería y a ser una mejor persona.
- Mi asesor** Ing. Juan René Simón Robles, gracias por el apoyo y asesoría brindada.
- Mis amigos** Juan Sac, Martin Sales, Juan Carlos Herrera, Byron Javier, Cristian Martinez, Luis Palencia, Evanidia Quiñonez, Juan José Hernandez y Pablo Alejandro, por demostrar en cada paso juntos que el éxito es alcanzado con base a la perseverancia y dedicación. Gracias por siempre.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE TEORÍA DE REDES Y CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE MPLS	1
1.1 Redes IP	1
1.2 Modelo OSI	3
1.3 Modelo TCP/IP	5
1.4 Protocolos	8
1.5 Fundamentos de transmisión	10
1.6 Tipos de redes	11
1.6.1 PAN (<i>Personal Area Network</i> , Red de Area Personal)	11
1.6.2 LAN (<i>Local Area Network</i> , Red de Area Local)	11
1.6.3 WAN (<i>Wide Area Network</i> , Red de Area Extensa)	12
1.6.4 MAN (<i>Metropolitan Area Network</i> , Red de Area Metropolitana)	12
1.6.5 Punto a punto	13
1.6.6 Basadas en servidor	13
1.7 Topologías de red	13
1.7.1 Topología en estrella	15
1.7.2 Topología en bus	16

1.7.3	Topología en anillo (<i>Token Ring</i>)	17
1.7.4	Topología en anillo - estrella	18
1.7.5	Topología en bus - estrella	19
1.7.6	Topología en árbol	20
1.7.7	Topología mesh	21
1.8	Dirección IP	22
1.9	Mascara de red	23
1.10	MPLS (<i>Multiprotocol Label Switching</i>)	25
1.10.1	Características básicas	26
1.10.2	Principales aplicaciones	27
1.10.3	Protocolos y tecnologías en las que trabaja	28
1.10.4	Funcionamiento	29
1.10.5	Beneficios de MPLS en sistemas de pequeño/mediano tamaño	32
2	QoS (CALIDAD DE SERVICIO) EN REDES IP Y MPLS	33
2.1	Características	33
2.2	Ingeniería de tráfico	35
2.2.1	Ingeniería de tráfico en redes MPLS	36
2.2.2	Ruteo explícito	39
2.3	Requerimientos de QoS para aplicaciones	40
2.4	Congestión y QoS	41
2.5	Modelos de servicio	42
2.5.1	<i>Best Effort Service</i>	42
2.5.2	<i>Integrated Service</i>	42
2.5.3	<i>Differentiated Service</i>	43

2.6	Clases de Servicio (CoS) en MPLS	45
2.7	Integración de QoS y CoS para ancho de banda en MPLS	48
3	ANÁLISIS DE ARQUITECTURA BÁSICA MPLS Y FUNCIONAMIENTO DE SUS ETIQUETAS EN EL MANEJO DE PAQUETES	51
3.1	Arquitectura básica MPLS	51
3.1.1	Control	52
3.1.2	<i>Forwarding</i>	53
3.2	Niveles y etiquetas MPLS	53
3.3	Terminología de etiquetas para MPLS	53
3.3.1	<i>Forwarding Equivalence Class (FEC)</i>	53
3.3.2	<i>Label Switched Path (LSP)</i>	55
3.3.3	<i>Label Switching Router (LSR)</i>	55
3.3.4	<i>Label Information Base (LIB)</i>	57
3.3.5	<i>Label Distribution Protocol (LDP)</i>	57
3.4	Cabecera MPLS	58
3.5	Análisis de aplicación de la arquitectura	59
4	ANCHO DE BANDA Y TRANSPORTE DE PAQUETES DE INFORMACIÓN EN LAS REDES MPLS	63
4.1	Convergencia hacia IP, conmutación IP	63
4.2	Requisito del encaminamiento tradicional de nivel 3	64
4.3	Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS	65
4.3.1	Utilización de Circuitos Virtuales	66
4.4	Distribución de etiquetas	69
4.4.1	Protocolos de distribución de etiquetas	70

4.4.2	Ubicación de la etiqueta MPLS	70
4.5	Tratamiento del campo TTL (<i>Time to Live</i>) en el transporte de paquetes en MPLS	71
4.6	Gestión de ancho de banda y protección	72
4.6.1	Reasignación de ancho de banda	73
4.6.2	Reencaminamiento	73
4.6.3	Gestión de fallos de red (funciones de <i>switchover</i>)	74
4.7	Ejemplo de MPLS	74
5	INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE RED MPLS EN CIRCUITOS VIRTUALES	79
5.1	Circuitos Virtuales	79
5.1.1	Circuito Virtual Conmutado (SVC)	80
5.1.2	Circuito Virtual Permanente (PVC)	81
5.1.3	Operación y enlace	81
5.2	Conmutación basada en Circuitos Virtuales en MPLS	82
5.2.1	Ventajas	83
5.2.2	Desventajas	84
5.3	Control de información integrando Circuitos Virtuales en MPLS	84
5.3.1	Generación de las tablas de envío establecidas por los LSPs	85
5.3.2	Distribución de información sobre las etiquetas a los LSRs	85
5.4	Integración de MPLS y Circuitos Virtuales en VPNs	86
5.4.1	VPN (<i>Virtual Private Network</i>)	86
5.4.2	Circuitos Virtuales convencionales y Circuitos Virtuales en MPLS	86

6 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN DEL TRANSPORTE DE INFORMACIÓN EN REDES IP, MEDIANTE LA TECNOLOGÍA DE RED MPLS	89
6.1 Flexibilidad	89
6.2 Escalabilidad	90
6.3 Accesibilidad	90
6.4 Eficiencia	90
6.5 Calidad de Servicio (QoS) y Clases de Servicio (CoS)	91
6.6 Administración	92
6.7 Monitoreo y SLAs	92
6.8 Fácil migración	92
6.9 Seguridad	93
6.10 Bajo costo	93
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Red de conmutación por paquetes	3
2	Correspondencia entre capas, modelo OSI y TCP/IP	6
3	Topología en estrella	16
4	Topología en bus	16
5	Topología en anillo	17
6	Topología en anillo – estrella	19
7	Topología en bus – estrella	20
8	Topología en árbol	21
9	Topología <i>mesh</i>	21
10	Secciones de la dirección IP	23
11	Ingeniería de tráfico	38
12	Efectos de la congestión en el tiempo de servicio y el rendimiento	41
13	Ejemplo FEC	54
14	Conmutación de etiquetas LSP	55
15	Distribución de LSRs	56
16	<i>Label Distribution Protocol</i> (LDP)	57
17	Cabecera MPLS	58
18	Separación funcional de control y envío de paquetes	63
19	Envío de paquetes en MPLS	66

20	Tabla de envío de un LSR	67
21	Ejemplo de envío de un paquete por un LSP	68
22	Distribución de etiquetas en MPLS	69
23	Ubicación de la etiqueta MPLS	71
24	Ejemplo, componentes de una red MPLS	75
25	Tablas de asociación de LSRs	76
26	Circuitos Virtuales	80
27	Circuitos Virtuales acoplados a MPLS en una VPN	88

TABLAS

I	Modelo OSI	4
II	Capas del modelo TCP/IP	7
III	Mascaras de red	24
IV	Requerimientos de QoS para aplicaciones	40
V	Modelo de Clases de Servicio (CoS)	47

GLOSARIO

Ancho de banda	Cantidad de bits que pueden viajar por un medio, de forma que mientras mayor sea el ancho de banda más rápido se obtendrá la información. Se mide en millones de bits por segundo (Mbps) y las velocidades típicas hoy en día varían de 10 Mbps a 100 Mbps.
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona), es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecen las nuevas redes digitales de servicios integrados de banda ancha.
Cabecera	Se refiere a la información suplementaria situada al principio de un paquete de información que va a ser almacenada o transmitida para el correcto tratamiento.
Conexión remota	Consiste en conectarse por la red a otro ordenador como si se accediera desde el propio ordenador. Para que cualquier usuario pueda acceder a la información que desee desde cualquier ordenador, siempre que tenga acceso a Internet.
Congestión	Situación que se produce cuando el tráfico existente sobrepasa la capacidad de una ruta de comunicación de datos.

Conmutador	Un conmutador o switch es un dispositivo digital de lógica de interconexión de redes de computadores que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de los paquetes en la red.
Dirección IP	Es la identificación de una máquina dentro de la red a la que pertenece.
Encriptación	Es el proceso mediante el cual la información es codificada de tal manera que no pueda ser interpretada fácilmente.
Etiqueta	Conjunto de caracteres unido a un grupo de datos que sirve para identificarlo.
Frame Relay	Es una técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas, consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas o marcos (<i>frames</i>) para datos, perfecto para la transmisión de grandes cantidades de datos.
Networking	Estar trabajando varios usuarios a la vez en una red.
Nodo o Host	Es un punto (computador o servidor) de intersección o unión de varios elementos que integran una red.

Paquete	La unidad de datos que se envía a través de una red, la cual se compone de un conjunto de bits que viajan juntos. En Internet la información transmitida es dividida en paquetes que se reagrupan para ser recibidos en su destino.
Protocolo	Es el conjunto de reglas que especifican el intercambio de datos u órdenes durante la comunicación entre las entidades que forman parte de una red.
<i>Routing</i>	Función de buscar un camino entre todos los posibles en una red. Se define qué criterios tomar en cuenta para obtener la mejor ruta y en consecuencia cuál es la métrica que se debe utilizar para medirla.
SLA	<i>Service Level Agreement</i> (Acuerdo de Nivel de Servicio), es un acuerdo contractual entre una empresa de servicios y su cliente, donde se define, fundamentalmente, el servicio y los compromisos de calidad.
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> (Protocolo de Control de Transmisión), es un protocolo de comunicación orientado a conexión y fiable del nivel de transporte.
Topología	Disposición física de los nodos de una red.

RESUMEN

La comunicación rápida y segura en una empresa cada día es más importante, las conexiones lentas y la pérdida de información se debe erradicar con el avance de la tecnología. Es por ello el estudio sobre MPLS y su implementación en cualquier infraestructura, ya que se acopla de a cuerdo a la topología en la que la red actual se encuentre.

La mayoría de redes se basan en la tecnología IP que trabajan sobre circuitos virtuales, esto hace que todo el canal de comunicaciones lleve el tráfico en la misma vía sin segmentación, según prioridad o tipo de dato a transferir. La implementación de MPLS sobre estas tecnologías hace un robusto desempeño al poder distinguir entre los tipos de datos a transportar basándose en las etiquetas sin analizar cada paquete por completo, haciendo así un uso óptimo del ancho de banda proporcionado, garantizando Ingeniería de Tráfico con base a la Calidad de Servicio (QoS).

MPLS es una importante herramienta para confrontar las necesidades que presentan los Proveedores de Servicios de Internet (ISPs) mejorando los protocolos de ruteo IP actuales, las cuales requieren una evolución natural para el soporte de servicios de IP óptimos y predecibles. Debido al gran crecimiento del tráfico en las redes y el número de usuarios también es necesaria la integración de Circuitos Virtuales a ésta tecnología, para mantener un camino predefinido con la mejor ruta con base a el tiempo de entrega de los paquetes solicitados en la red, basados en el análisis de las etiquetas haciendo que el Circuito Virtual si no se tiene definido se genere de una forma más eficaz en un menor tiempo, según las métricas en las que se basa cada Router (LSR) propio de esta tecnología.

OBJETIVOS

- **General**

Dar una solución de transporte de información mediante una red MPLS, basándose en la integración de Circuitos Virtuales en redes IP.

- **Específicos:**

1. Tener los conceptos necesarios sobre Teoría de Redes y MPLS para implementar este tipo de tecnología y los elementos que la componen.
2. Asegurar los requerimientos de Calidad de Servicio (QoS) que necesitan cada uno de los servicios a proporcionar en una red IP y MPLS.
3. Conocer la arquitectura básica de MPLS y cómo esta tecnología trabaja el manejo de las etiquetas de los paquetes en la red.
4. Determinar el uso óptimo del ancho de banda, para el transporte de paquetes de información en una red MPLS.
5. Integrar la tecnología de red MPLS en Circuitos Virtuales.
6. Justificar la implementación de la tecnología de redes MPLS, para una solución del transporte de información en redes IP.

INTRODUCCIÓN

La demanda sostenida de nuevos servicios sofisticados así como el aumento del uso del Internet, necesita de cambios fundamentales en la tecnología utilizada con relación a las prácticas desarrolladas a mitad de los años 90.

Actualmente existen nuevas tecnologías de transmisión usando fibra óptica que proporciona una alternativa para realizar múltiples servicios sobre circuitos individuales. Con el avance tecnológico se desarrollaron nuevos dispositivos de ruteo que son conocidos como LSRs (*Label Switching Routers*), los cuales son capaces de realizar el enrutamiento a base de etiquetas. Estos routers no sólo se utilizan para llevar paquetes a gran velocidad, sino que también se ocupan de asuntos de menor importancia como programar soporte para los servicios diferenciales, tecnologías heterogéneas de enlace y retraso en la compatibilidad con un gran rango de formatos de paquetes y protocolos de ruteos.

En la nueva generación de infraestructura de redes es fundamental el que las empresas puedan implementar la tecnología MPLS la cual basa su ágil manejo de transporte mediante la separación de las partes de control y de envío, dando así una solución al transporte de información en las redes IP que al integrar los Circuitos Virtuales se erradica el tener que crear rutas para cada flujo de paquetes en la conexión, ya que al momento de inicializarse el enlace de comunicación se asigna una ruta a seguir hacia el destino que es utilizada por todo el tráfico correspondiente al grupo de paquetes que se agruparon según los criterios que cada red tenga configurados.

1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE TEORÍA DE REDES Y CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE MPLS

1.1 Redes IP

La moderna tecnología digital permite que diferentes sectores, como por ejemplo telecomunicaciones, datos, radio y televisión se fusionen en uno solo. Esta circunstancia, conocida comúnmente como convergencia, ocurre a escala global y está cambiando drásticamente la forma en que se comunican tanto las personas como los dispositivos. En el centro de este proceso, formando la red troncal y haciendo posible la convergencia, están las redes IP.¹

El propósito de las redes de equipos es compartir, la capacidad de compartir información de forma eficiente es lo que le da a las redes de equipos su potencia y atractivo. En lo que respecta a compartir información, los seres humanos actúan en cierto modo como los equipos. Así como los equipos son poco más que el conjunto de información que se les ha introducido, en cierto modo, nosotros somos el conjunto de nuestras experiencias y la información que se nos ha dado. Cuando queremos incrementar nuestros conocimientos ampliamos nuestra experiencia y recogemos más información. Por ejemplo, para aprender más sobre los equipos, podríamos hablar informalmente con amigos de la industria informática, volver a la Universidad e ir a clase, o seguir en curso de autoaprendizaje, independientemente de la opción seleccionada, cuando buscamos compartir el conocimiento y la experiencia de los demás, estamos trabajando en red.²

¹ Redes IP: <http://www.axis.com/es/documentacion/Las%20redes%20IP.pdf>

² Conceptos básicos de red: <http://tribuna.cip-cn.org/index.php?board=8;action=display;threadid=259>

Una red se compone de dos partes principales, los nodos y los enlaces. Un nodo es cualquier tipo de dispositivo de red como una computadora personal, los nodos pueden comunicarse entre ellos a través de enlaces como son los cables de red.

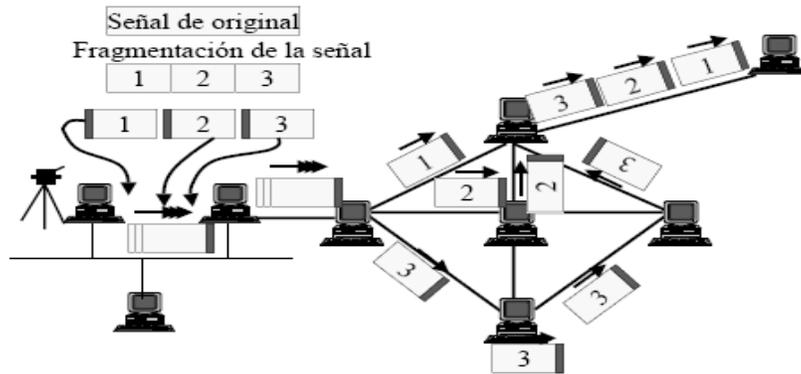
Hay básicamente dos técnicas de red diferentes para establecer comunicación entre dos nodos de una red: las técnicas de red de conmutación de circuitos y las de redes de conmutación de paquetes. La primera es la más antigua y es la que se usa en la red telefónica y la segunda es la que se usa en las redes basadas en IP.

Las redes basadas en IP utilizan la tecnología de conmutación de paquetes, que usa la capacidad disponible de una forma más eficiente y que minimiza el riesgo de posibles problemas como la desconexión. Los mensajes enviados a través de una red de conmutación de paquetes se dividen primero en paquetes que contienen la dirección de destino. Entonces, cada paquete se envía a través de la red y cada nodo intermedio o router de la red determina a dónde va el paquete. Un paquete no necesita ser enrutado sobre los mismos nodos que los otros paquetes relacionados. De esta forma, los paquetes enviados entre dos dispositivos de red pueden ser transmitidos por diferentes rutas en el caso que se caiga un nodo o no funcione adecuadamente.³

En la figura 1, se muestra cómo se enruta de manera independiente los paquetes en este tipo de conmutación.

³ Redes IP: <http://www.axis.com/es/documentacion/Las%20redes%20IP.pdf>

Figura 1. Red de conmutación por paquetes



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones3.shtml>

1.2 Modelo OSI

En 1977, la Organización Internacional de Estándares (ISO) integrada por industrias representativas del medio, creó un subcomité para desarrollar estándares de comunicación de datos que promovieran la accesibilidad universal y una interoperabilidad entre productos de diferentes fabricantes. El resultado de estos esfuerzos es el Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, *Open System Interconnection*), el modelo OSI es un lineamiento funcional para tareas de comunicaciones y por consiguiente no especifica un estándar de comunicación para dichas tareas. Muchos estándares y protocolos cumplen con los lineamientos del Modelo OSI.⁴

⁴ Modelo OSI:
<http://academicos.cualtos.udg.mx/Informatica/Ceneval2003/REDES%20DE%20COMPUTADORA%202.htm>

Este modelo se ocupa de la interconexión de sistemas abiertos a la comunicación y está dividido en 7 capas en donde cada capa realiza una función específica⁵, las cuales se explican a continuación:

Tabla I. Modelo OSI

7	Aplicación	Se entiende directamente con el usuario final, al proporcionarle el servicio de información distribuida para soportar las aplicaciones y administrar las comunicaciones por parte de la capa de presentación.
6	Presentación	Permite a la capa de aplicación interpretar el significado de la información que se intercambia. Ésta realiza las conversiones de formato mediante las cuales se logra la comunicación de dispositivos.
5	Sesión	Administra el diálogo entre las dos aplicaciones en cooperación mediante el suministro de los servicios que se necesitan para establecer la comunicación, flujo de datos y conclusión de la conexión.
4	Transporte	Proporciona el control de extremo a extremo y el intercambio de información con el nivel que requiere el usuario. Representa el corazón de la jerarquía de los protocolos que permite realizar el transporte de los datos en forma segura y económica.
3	Red	Proporciona los medios para establecer, mantener y concluir las conexiones conmutadas entre los sistemas del usuario final. Por lo tanto, la capa de red es la más baja que se ocupa de la transmisión de extremo a extremo.
2	Enlace	Asegura con confiabilidad del medio de transmisión, ya que realiza la verificación de errores, retransmisión, control fuera del flujo y la secuencia de las capacidades que se utilizan en la capa de red.
1	Físico	Se encarga de las características eléctricas, mecánicas, funcionales y de procedimiento que se requieren para mover los bits de datos entre cada extremo del enlace de comunicación.

Fuente: <http://www.alessandrobavari.com/gallery2/01.htm>

⁵ Modelo OSI: <http://www.tecnotopia.com.mx/redes/redosi.htm>

La capa n de un computador se comunica con la capa n de otro computador, utilizando los protocolos propios de la capa n . Cada capa de protocolos le pasa datos a la siguiente capa, ésta les añade datos propios de control y se los pasa a la siguiente capa, formando así una cadena. De esta forma, cada capa forma unidades de datos, que contienen los datos tomados de la capa anterior y los propios que les ha añadido ella, denominándose al conjunto obtenido PDU (Unidades de Datos del Protocolo). La idea clave en todo este proceso es que aunque la transmisión real de los datos es vertical, cada capa se programa como si fuera horizontal.⁶

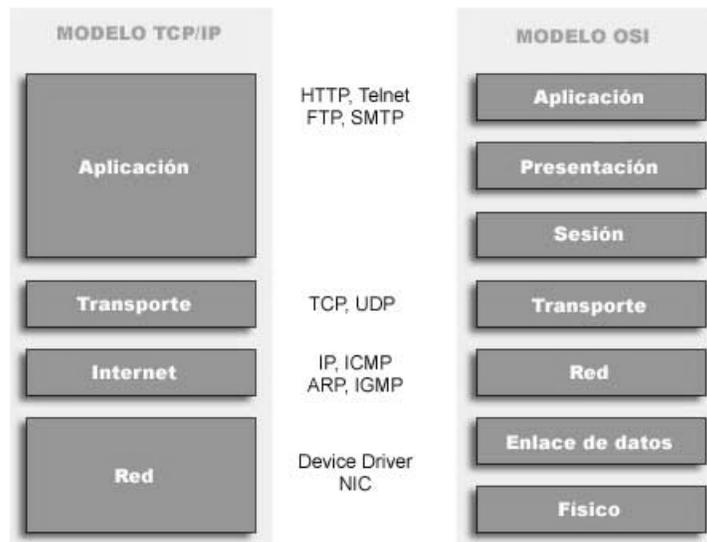
1.3 Modelo TCP/IP

TCP/IP está basado en un modelo de referencia de cuatro niveles. Todos los protocolos que pertenecen al conjunto de protocolos TCP/IP se encuentran en los tres niveles superiores de este modelo. Tal como se muestra en la figura 2, cada nivel del modelo TCP/IP corresponde a uno o más niveles del modelo OSI.⁷

⁶ Redes IP: <http://www.tecnotopia.com.mx/redes/redosi.htm>

⁷ Modelo TCP/IP: <http://elforux.org/index.php?topic=393.0>

Figura 2. Correspondencia entre capas modelo OSI y TCP/IP



Fuente: <http://cabg.wordpress.com/2008/08/13/protocolos-tcpip/>

En la tabla II se describen los tipos de servicios realizados y los protocolos utilizados en cada nivel del modelo TCP/IP.

Tabla II. Capas del modelo TCP/IP

Nivel	Descripción	Protocolos
Aplicación	Define los protocolos de aplicación TCP/IP y como se conectan los programas de <i>host</i> a los servicios del nivel de transporte para utilizar la red.	HTTP, TELNET, FTP, TFTP, SNMP, DNS, SMTP, X Windows.
Transporte	Permite administrar las sesiones de comunicación entre equipos <i>host</i> . Define el nivel de servicio y el estado de la conexión utilizada al transportar datos.	TCP, UDP, RTP.
Internet	Empaqueta los datos en datagramas IP, que contienen información de las direcciones de origen y destino utilizada para reenviar los datagramas entre <i>host</i> y a través de redes. Realiza el enrutamiento de los datagramas IP.	IP, ICMP, ARP, RARP.
Interfaz de red	Especifica información detallada de cómo se envían físicamente los datos, a través de la red, que incluye cómo se realiza la señalización eléctrica de los bits mediante los dispositivos de hardware que conectan directamente con un medio de red, como un cable coaxial, un cable de fibra óptica o un cable de cobre de par trenzado.	<i>Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25, Frame Relay, RS-232, v.35.</i>

Fuente: <http://elforux.org/index.php?topic=393.0>

1.4 Protocolos⁸

Son un conjunto formal de convenciones y reglas, que establecen como las computadoras deben comunicarse, a través de las redes, reduciendo al mínimo los errores de transmisión. Estos transmiten la información fragmentada, de esta manera ninguna transmisión, por grande que sea, monopoliza los servicios de red.

Un protocolo describe:

- El tiempo relativo al intercambio de mensajes entre dos sistemas de comunicaciones.
- El formato que el mensaje debe tener para que el intercambio entre dos computadoras, que usan protocolos diferentes se puedan establecer.
- Qué acciones tomar en caso de producirse errores.
- Las suposiciones hechas acerca del medio ambiente, en el cual el protocolo será ejecutado.

Los distintos protocolos determinan el contexto del intercambio de mensajes (Correo Electrónico), de las conexiones remotas (TELNET), o de la transferencia de archivos (FTP), entre otras actividades de las redes. Las aplicaciones se comunican entre sí mediante protocolos de comunicación que funcionan sobre protocolos al nivel de transporte del modelo TCP/IP o modelo OSI.

⁸ Protocolos IP: <http://www.linti.unlp.edu.ar/trabajos/tesisDeGrado/tutorial/protocolos/protocolos.htm>

Hay diferentes protocolos para diferentes tipos de servicios de redes, el más usado en Internet es TCP/IP, los cuales se mencionan a continuación:

- **SMTP:** para enviar y recibir correo electrónico.
- **FTP:** para transferir archivos entre computadoras.
- **HTTP:** para transmitir información en WWW.
- **PPP:** para conectar PCs a INTERNET.
- **SLIP:** es el predecesor de PPP, se usa para conexiones seriales.
- **TELNET:** permite emular terminales.
- **UDP:** se usa para transferir datagramas (paquetes de datos) a una computadora remota.
- **TCP:** corta los datos en paquetes de manera tal, que la red los pueda manejar eficientemente.
- **IP:** define el enrutamiento de los paquetes en la red.
- **ICMP:** es una extensión del protocolo IP, principalmente para reportar errores.
- **DNS:** para mapear nombres sobre direcciones de redes.
- **GOPHER:** para navegar en servidores FTP.

- **ARP:** mapeo de direcciones lógicas en direcciones físicas.
- **RARP:** obtiene las direcciones IP en un servidor.

1.5 Fundamentos de transmisión

Las soluciones de redes basadas en IP son sustitutos flexibles y económicos para soluciones que utilizan tecnologías de red antiguas. Las diversas propiedades entre estas tecnologías consisten en cómo se representa, gestiona y trasmite la información. La información se estructura simplemente en colecciones de datos para interpretarla en un mejor sentido. Hay dos tipos principales de datos, analógicos y digitales, ambos poseen diferentes características y comportamientos.

Los datos analógicos se expresan como ondas continuas variables y por tanto representan valores continuos. Por otra parte los datos digitales se representan como secuencias de bits, o de unos y ceros. Esta digitalización permite que cualquier tipo de información sea representada y medida como datos digitales. De esta forma, el texto, sonidos e imágenes pueden representarse como una secuencia de bits. Los datos digitales pueden también comprimirse para permitir mayores radios de transmisión y puede ser encriptada para su transmisión segura. Además, una señal digital es exacta y ningún tipo de ruido relacionado puede filtrarse. Los datos digitales pueden ser transmitidos a través de tres tipos generales de medios: metal, como el cobre, fibra óptica u ondas de radio.⁹

⁹ Redes IP: <http://www.axis.com/es/documentacion/Las%20redes%20IP.pdf>

1.6 Tipos de redes

1.6.1 PAN (*Personal Area Network*, Red de Área Personal)

Son redes pequeñas, las cuales están conformadas por no más de 8 equipos, por ejemplo un café internet.¹⁰

1.6.2 LAN (*Local Area Network*, Red de Área Local)

Son redes pequeñas como las de una oficina de un edificio. Debido a sus limitadas dimensiones, son redes muy rápidas en las cuales cada estación se puede comunicar con el resto. Están restringidas en tamaño, lo cual significa que el tiempo de transmisión en el peor de los casos se conoce, además simplifica la administración de la red. Se suele emplear la tecnología de difusión por medio de un cable sencillo (COAXIAL o UTP) al que están conectadas todas las máquinas. Operan a velocidades entre 10 y 100 Mbps.¹¹

¹⁰ Redes PAN: http://www.foroswebgratis.com/tema-trabajo_3_glosario_de_terminos-132030-1564295.htm

¹¹ Topologías: <http://www.angelfire.com/ak6/proyectosdecomputo/tema1.html>

1.6.3 WAN(*Wide Area Network*, Red de Área Extensa)

Son redes punto a punto que interconectan países y continentes. Al tener que recorrer una gran distancia sus velocidades son menores que en las LAN aunque son capaces de transportar una mayor cantidad de datos. El alcance es una gran área geográfica, como por ejemplo: una ciudad o un continente. Está formada por una vasta cantidad de computadoras interconectadas (*hosts*), por medio de subredes de comunicación o subredes pequeñas, con el fin de ejecutar aplicaciones, programas, etc.¹²

1.6.4 MAN(*Metropolitan Area Network*, Redes de Área Metropolitana)

Comprenden una ubicación geográfica determinada “ciudad, municipio” y su distancia de cobertura es mayor de 4 Km. Son redes con dos buses unidireccionales, cada uno de ellos es independiente del otro en cuanto a la transferencia de datos. Es básicamente una gran versión de LAN y usa una tecnología similar. Puede cubrir un grupo de oficinas de una misma corporación o ciudad, esta puede ser pública o privada. El mecanismo para la resolución de conflictos en la transmisión de datos que usan las MANs, es DQBD. DQDB consiste en dos buses unidireccionales, en los cuales todas las estaciones están conectadas, cada bus tiene una cabecera y un fin. Cuando una computadora quiere transmitir a otra, si esta está ubicada a la izquierda usa el bus de arriba, caso contrario el de abajo.¹³

¹² Topologías de Red: <http://www.angelfire.com/ak6/proyectosdecomputo/tema1.html>

¹³ Redes MAN: <http://www.slideshare.net/Jeso12/tipos-de-redes-y-topologias>

1.6.5 Punto a punto

En una red punto a punto cada computadora puede actuar como cliente y como servidor. Las redes punto a punto hacen que el compartir datos y periféricos sea fácil para un pequeño grupo de gente. En un ambiente punto a punto la seguridad es difícil, porque la administración no está centralizada.¹⁴

1.6.6 Basadas en servidor

Las redes basadas en servidor son mejores para compartir gran cantidad de recursos y datos. Un administrador supervisa la operación de la red y vela que la seguridad sea mantenida. Este tipo de red puede tener uno o más servidores, dependiendo del volumen de tráfico, número de periféricos etc. Por ejemplo, puede haber un servidor de impresión, un servidor de comunicaciones y un servidor de bases de datos, todos en una misma red.¹⁵

1.7 Topologías de red

La topología de red se refiere a la configuración que comprende tres campos, los cuales son el físico, eléctrico y lógico. El nivel físico y eléctrico es la configuración del cableado entre máquinas o dispositivos de control o conmutación.

¹⁴ Redes Punto a Punto: <http://www.angelfire.com/ak6/proyectosdecomputo/tema1.html>

¹⁵ Redes basadas en servidor: <http://www.angelfire.com/ak6/proyectosdecomputo/tema1.html>

Cuando se habla de la configuración lógica se habla de cómo tratar la información dentro de la red, cómo se dirige de un sitio a otro o como la recoge cada estación.¹⁶

Hay una serie de factores a tener en cuenta a la hora de decidirse por una topología de red concreta¹⁷, los cuales son:

- La distribución de los equipos a interconectar.
- El tipo de aplicaciones que se van a ejecutar.
- La inversión que se quiere hacer.
- El coste que se quiere dedicar al mantenimiento y actualización de la red local.
- El tráfico que se va a soportar.
- La capacidad de expansión. Se debe diseñar una intranet teniendo en cuenta la escalabilidad.¹⁸

Dependiendo de la topología será la distribución física de la red y dispositivos conectados a la misma, así como también las características de ciertos aspectos de la red como: velocidad de transmisión de datos y confiabilidad del conexionado.¹⁹

¹⁶ Topologías de Red: <http://www.monografias.com/trabajos15/redes-clasif/redes-clasif.shtml>

¹⁷ Redes IP: http://genesis.uag.mx/edmedia/material/comuelectro/uni1_2_7.cfm

¹⁸ Topologías de Red: http://www.banfx.com/ulf/redes/index.php?content=unidad_ii

¹⁹ Redes IP: <http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/redes.html>

- **Topología física:** es la forma que adopta un plano esquemático del cableado o estructura física de la red, también hablamos de métodos de control.
- **Topología lógica:** es la forma de cómo la red reconoce a cada conexión de estación de trabajo.

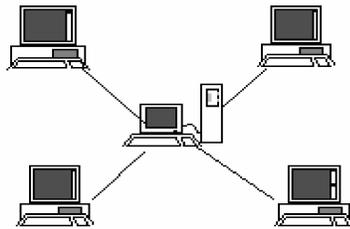
1.7.1 Topología en estrella

Todos los elementos de la red se encuentran conectados directamente, mediante un enlace punto a punto al nodo central de la red, quien se encarga de gestionar las transmisiones de información por toda la estrella. Todas las tramas de información que circulen por la red deben pasar por el nodo principal, con la cual un fallo en él provoca la caída de todo el sistema. Por otra parte, un fallo en un determinado cable sólo afecta al nodo asociado a él, si bien esta topología obliga a disponer de un cable propio para cada terminal adicional de la red. La topología de estrella es una buena elección siempre que se tenga varias unidades dependientes de un procesador, esta es la situación de una típica *mainframe*, donde el personal requiere estar accediendo frecuentemente esta computadora.²⁰

En la figura 3 se puede observar un ejemplo muy claro de esta topología donde todos los cables están conectados hacia un solo sitio, esto es un *main frame*.

²⁰ Topología en estrella: <http://www.angelfire.com/ak6/proyectosdecomputo/tema1.html>

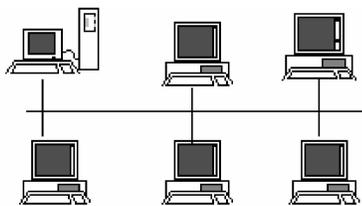
Figura 3. Topología en estrella



1.7.2 Topología en bus

Utiliza un medio de comunicación compartido, a menudo denominado “bus común”, para conectar todos los dispositivos de la red. Un dispositivo que quiera comunicar con otro enviará paquetes a través del bus. Todos los dispositivos conectados al bus recibirán el paquete enviado pero sólo el que es el receptor aceptará y procesará estos paquetes.²¹ El ejemplo de la topología en bus se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Topología en bus



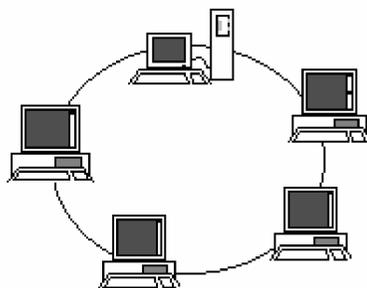
²¹ Topología en bus: <http://www.axis.com/es/documentacion/Las%20redes%20IP.pdf>

1.7.3 Topología en anillo (*Token Ring*)

Los nodos de la red se disponen en un anillo cerrado conectado a él mediante enlaces punto a punto. La información describe una trayectoria circular en una única dirección y el nodo principal es quien gestiona conflictos entre nodos al evitar la colisión de tramas de información.²²

En este tipo de topología un fallo en un nodo afecta a toda la red aunque actualmente hay tecnologías que permiten mediante unos conectores especiales la desconexión del nodo averiado para que el sistema pueda seguir funcionando. La topología de anillo está diseñada como una arquitectura circular, con cada nodo conectado directamente a otros dos nodos. Toda la información de la red pasa a través de cada nodo hasta que es tomado por el nodo apropiado.²³ Un ejemplo de la topología en anillo se muestra en la figura 5.

Figura 5. Topología en anillo



²² Topología en anillo: <http://configuraciondelan.galeon.com/implantacion.html>

²³ Topología en anillo: <http://www.angelfire.com/ak6/proyectosdecomputo/tema1.html>

1.7.4 Topología en anillo – estrella

Uno de los inconvenientes de la topología en anillo era que si el cable se rompía toda la red quedaba inoperativa, con la topología mixta anillo – estrella este y otros problemas quedan resueltos.²⁴ Las principales características son:

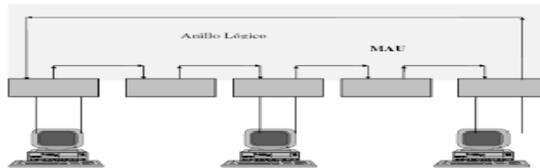
- Cuando se instala una configuración en anillo, el anillo se establece de forma lógica únicamente, ya que de forma física se utiliza una configuración en estrella.
- Se utiliza un concentrador, o incluso un servidor de red (uno de los nodos de la red, aunque esto es el menor número de ocasiones) como dispositivo central, de esta forma si se rompe algún cable sólo queda inoperativo el nodo que conectaba y los demás pueden seguir funcionando.²⁵
- El concentrador utilizado en esta topología se denomina MAU (Unidad de Acceso Multiestación), que consiste en un dispositivo que proporciona el punto de conexión para múltiples nodos. Contiene un anillo interno que se extiende a un anillo externo.
- Cuando la MAU detecta que un nodo se ha desconectado (por haberse roto el cable por ejemplo), puntea su entrada a su salida para así cerrar el anillo.

²⁴

²⁵ Topología en anillo – estrella: http://genesis.uag.mx/edmedia/material/comuelectro/uni1_2_7.cfm

Un ejemplo de la topología en anillo – estrella se muestra en la figura 6.

Figura 6. Topología anillo – estrella



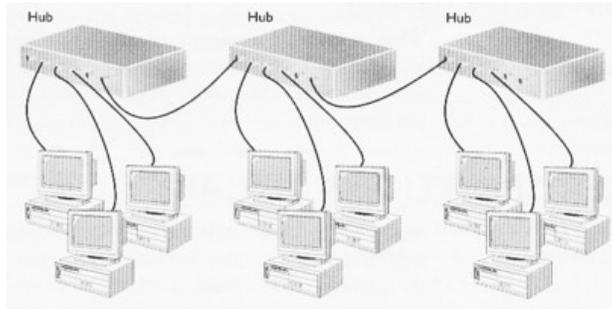
1.7.5 Topología en bus – estrella

Este tipo de topología es en realidad una estrella que funciona como si fuese un bus. Como punto central tiene un concentrador pasivo (*hub*) que implementa internamente el bus, y al que están conectados todos los ordenadores. La única diferencia que existe entre esta topología mixta y la topología en estrella con *hub* pasivo es el método de acceso al medio utilizado.²⁶

Un ejemplo de la topología en bus – estrella se muestra en la figura 7.

²⁶ Topología en bus – estrella: http://genesis.uag.mx/edmedia/material/comuelectro/uni1_2_7.cfm

Figura 7. Topología en bus - estrella



Fuente: <http://us.geocities.com/nicaraocalli/Redes/LAN/LANCap2.htm>

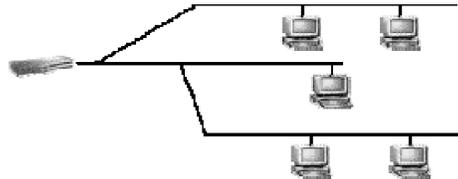
1.7.6 Topología en árbol

En esta topología que es una generalización del tipo bus, el árbol tiene su primer nodo en la raíz y se expande hacia fuera utilizando ramas, en donde se conectan las demás terminales. Esta topología permite que la red se expanda y al mismo tiempo asegura que nada más existe una ruta de datos entre dos terminales cualesquiera.²⁷

Un ejemplo de la topología en árbol se muestra en la figura 8.

²⁷ Topología en árbol: <http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/redes.html>

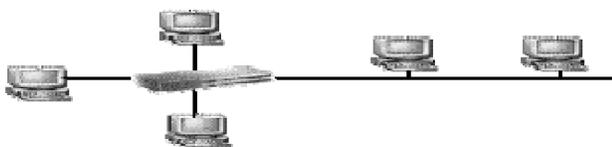
Figura 8. Topología en árbol



1.7.7 Topología *mesh*

Es una combinación de más de una topología, como podría ser un bus combinado con una estrella. Este tipo de topología es común en lugares en donde tenían una red bus y luego la fueron expandiendo en estrella. ²⁸ Un ejemplo de la topología *mesh* se muestra en la figura 9.

Figura 9. Topología Mesh



²⁸ Topología en árbol: <http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/redes.html>

1.8 Dirección IP

Es un número que identifica de manera lógica y jerárquica a una interfaz de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo IP (*Internet Protocol*), que corresponde al nivel de red o nivel 3 del modelo de referencia OSI. Dicho número no se ha de confundir con la dirección MAC que es un número hexadecimal fijo que es asignado a la tarjeta o dispositivo de red por el fabricante, mientras que la dirección IP se puede cambiar.²⁹

Los sitios de internet que por su naturaleza necesitan estar permanentemente conectados, generalmente tienen una dirección IP fija, es decir que no cambia con el tiempo.³⁰

Los servidores de correo, DNS, FTP públicos y servidores de páginas web necesariamente deben contar con una dirección IP fija o estática ya que de esta forma se permite su localización en la red.³¹

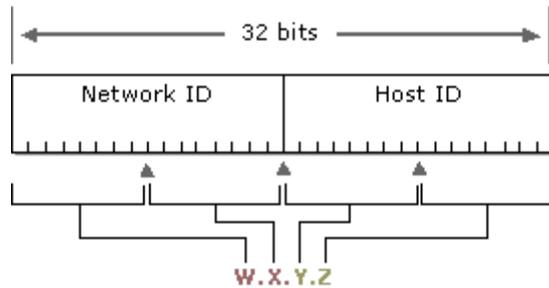
En la figura 10 se muestra un ejemplo de dirección IP (121.106.16.100) tal como está dividida en las secciones de *Id de red* y *host*. Una dirección IP está conformada por cuatro octetos que se dividen de la siguiente manera: la parte de *Id de red* (121.106) se identifica por las primeras dos cifras (primer par de octetos) que componen la dirección IP. La parte de *Id de host* (16.100) está indicada por los dos últimos números de la dirección IP (últimos par de octetos).

²⁹ Dirección IP: <http://www.ablenet.org/blogs/>

³⁰ Validaciones IP: <http://www.sisbi.uba.ar/servicios/capacitacion/Validacion%20de%20IP.ppt>

³¹ Servidores de correo: http://www.netglobalis.cl/datacenter_ip.htm

Figura 10. Secciones de la dirección IP



Fuente: <http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc787434%28WS.10%29.aspx>

1.9 Máscara de red

La máscara de red es un valor binario de 32 bits utilizado para diferenciar la dirección de red de la dirección de host de una dirección IP. Cada host en una red requiere una máscara de subred.

En la máscara de red, los bits que son 1 son los que identifican la dirección de red de la dirección IP, y los bits que son 0 identifican la dirección del host, en la tabla III se muestra un ejemplo de los valores que puede tomar la máscara de red, esta tabla puede tomarse como ayuda al momento de construir una red para saber qué máscara colocar, según los *host* que se necesiten dentro de la red.

Tabla III. Tabla de máscaras de red

Máscara en binario	En decimal	Notación simplif.	IPs totales
11111111.00000000.00000000.00000000	255.0.0.0	/8	16777216
11111111.10000000.00000000.00000000	255.128.0.0	/9	8388608
11111111.11000000.00000000.00000000	255.192.0.0	/10	4194304
11111111.11100000.00000000.00000000	255.224.0.0	/11	2097152
11111111.11110000.00000000.00000000	255.240.0.0	/12	1048576
11111111.11111000.00000000.00000000	255.248.0.0	/13	524288
11111111.11111100.00000000.00000000	255.252.0.0	/14	262144
11111111.11111110.00000000.00000000	255.254.0.0	/15	131072
11111111.11111111.00000000.00000000	255.255.0.0	/16	65536
11111111.11111111.10000000.00000000	255.255.128.0	/17	32768
11111111.11111111.11000000.00000000	255.255.192.0	/18	16384
11111111.11111111.11100000.00000000	255.255.224.0	/19	8192
11111111.11111111.11110000.00000000	255.255.240.0	/20	4096
11111111.11111111.11111000.00000000	255.255.248.0	/21	2048
11111111.11111111.11111100.00000000	255.255.252.0	/22	1024
11111111.11111111.11111110.00000000	255.255.254.0	/23	512
11111111.11111111.11111111.00000000	255.255.255.0	/24	256
11111111.11111111.11111111.10000000	255.255.255.128	/25	128
11111111.11111111.11111111.11000000	255.255.255.192	/26	64
11111111.11111111.11111111.11100000	255.255.255.224	/27	32
11111111.11111111.11111111.11110000	255.255.255.240	/28	16
11111111.11111111.11111111.11111000	255.255.255.248	/29	8
11111111.11111111.11111111.11111100	255.255.255.252	/30	4

Fuente:

<http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=455>

1.10 MPLS (*Multiprotocol Label Switching*)

MPLS es hoy en día una solución clásica y estándar al transporte de información en las redes. Aceptado por toda la comunidad de Internet, fue hasta hoy una solución para el envío de información utilizando *Routing* de paquetes con ciertas garantías de entrega. MPLS es una red privada IP que combina la flexibilidad de las comunicaciones punto a punto o Internet y la fiabilidad, calidad y seguridad de los servicios. *Private line*, *Frame Relay* o ATM. A su vez los avances en el hardware y una nueva visión a la hora de manejar las redes, están dando lugar al empleo creciente de las tecnologías de conmutación, aportando velocidad, calidad de servicio y facilitando la gestión de los recursos en la red. Asigna a los datagramas de cada flujo una etiqueta única que permite una conmutación rápida en los routers intermedios (solo se mira la etiqueta, no la dirección de destino).³²

MPLS es una tecnología diseñada para:

- Redes WAN y MAN.
- Para redes LAN, pueden ser utilizados: *Integrated Services* (IntServ) y *Differentiated Services* (DiffServ).
- Redes de alta velocidad.
- Gran cantidad de conexiones simultáneas.

³² Redes MPLS: <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml>

1.10.1 Características básicas

- Crear redes flexibles y escalables con un incremento en el desempeño y la estabilidad. Esto incluye Ingeniería de tráfico y soporte de VPNs, el cual ofrece Calidad de Servicio (QoS) con múltiples clases de servicio (CoS).³³
- Las etiquetas con el mismo destino y tratamiento se agrupan en una misma etiqueta, los nodos mantienen mucho menos información de estado.
- Las etiquetas se pueden apilar, de modo que se puede encaminar de manera jerárquica.
- En MPLS el camino que se sigue está prefijado desde el origen (se conocen todos los saltos de antemano), se pueden utilizar etiquetas para identificar cada comunicación y en cada salto se puede cambiar de etiqueta.³⁴
- MPLS realiza la decisión del “*forwardeo*” de paquetes basado en el contenido de una “etiqueta” en lugar de realizar un complejo *lookup* basado en la dirección IP destino. Esta técnica brinda muchos beneficios a las redes basadas en IP.

³³ Características MPLS: <http://acens.com/descargas/portfolio.pdf>

³⁴ Redes MPLS: <http://es.wikipedia.org/wiki/MPLS>

- La tecnología IP ofrece un servicio no orientado a conexión mediante el transporte de datagramas, los cuales no mantiene un “estado” de la comunicación entre dos nodos ni ofrecen circuitos virtuales. MPLS es una nueva tecnología de conmutación creada para proporcionar circuitos virtuales en las redes IP.³⁵

1.10.2 Principales aplicaciones³⁶

- **Redes de alto rendimiento:** las decisiones de encaminamiento que han de tomar los routers MPLS en base a la LIB son mucho más sencillas y rápidas que las que toma un router IP ordinario (la LIB es mucho más pequeña que una tabla de rutas normal). La anidación de etiquetas permite agregar flujos con mucha facilidad, por lo que el mecanismo es escalable.
- **Ingeniería de tráfico:** se conoce con este nombre la planificación de rutas en una red en base a previsiones y estimaciones a largo plazo con el fin de optimizar los recursos y reducir congestión.
- **QoS:** es posible asignar a un cliente o a un tipo de tráfico una FEC a la que se asocie un LSP que discurra por enlaces con bajo nivel de carga.
- **VPN:** la posibilidad de crear y anidar LSPs de gran versatilidad a MPLS, la cual hace muy sencilla la creación de VPNs.

³⁵ Redes MPLS: <http://es.wikipedia.org/wiki/MPLS>

³⁶ Recursos MPLS: <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml>

- **Soporte multiprotocolo:** los LSPs son válidos para múltiples protocolos, ya que el encaminamiento de los paquetes se realiza en relación con la etiqueta MPLS estándar, no a la cabecera de nivel de red.
- **Funciones de ingeniería de tráfico:** a los flujos de cada usuario se les asocia una etiqueta diferente.
- **Ordenamiento:** MPLS se basa en el etiquetado de los paquetes tomando como base a criterios de prioridad y/o calidad (QoS).
- **Transporte:** la idea de MPLS es realizar la conmutación de los paquetes o datagramas en función de las etiquetas añadidas en capa 2 y etiquetar dichos paquetes, según la clasificación establecida por la QoS en la SLA (Acuerdo de Nivel de Servicio).
- **Eficiencia:** MPLS permite ofrecer QoS independientemente de la red sobre la que se implemente.
- **Portabilidad:** El etiquetado en capa 2 permite ofrecer servicio multiprotocolo y ser implementado sobre multitud de tecnologías de capa de enlace: ATM, *Frame Relay*, Líneas Dedicadas, LANs.

1.10.3 Protocolos y tecnologías en las que trabaja

- Enfocado en el IPv4.
- Abierto a otros protocolos como IPv6, IPX.

- No está restringido únicamente a la tecnología de capa 2.
- Puede ser entendida como la ubicación entre la capa 2 y 3.
- Trabaja sobre ATM, *Ethernet*, *Frame Relay* y PPP.

1.10.4 Funcionamiento

La base del funcionamiento está en el tratamiento que aplican a las tramas, según su etiquetado. La conmutación multinivel se basa en combinar la conmutación de la capa 2 de ATM con la capa 3 de enrutado clásico IP, añadiendo una etiqueta por flujo de paquetes con un origen y un destino. El conmutador procesa los paquetes iniciales pasándolos por un módulo de enrutado clásico³⁷, integrado en el propio dispositivo, mientras construye una tabla de rutas en base a esas etiquetas que procesa. Las tramas que sigan un camino ya conocido pueden ser reenviadas más rápido en función a su etiqueta, sin necesidad de esperar a que sea procesado el paquete por su dirección IP. Es decir para saber por dónde encaminar un paquete, hay que hacer menos operaciones, por lo que se tarda menos tiempo en desecharlo.

La información de etiqueta se transporta de distintas formas. Como un encabezado entre las capas de enlace de datos y red, como parte de la capa dos o formando parte del encabezado de la capa de red.³⁸

³⁷ Funcionamiento MPLS: <http://www.danysoft.com/free/MPLS.pdf>

³⁸ Transporte MPLS: <http://www.idg.es/dealer/impart.asp?clave=117217>

De esta forma la conmutación no se apoya en los protocolos de señalización y encaminamiento, métodos para conectar mediante una tecnología determinada, por lo que puede ser implementada perfectamente sobre cualquier tipo de red convencional.

MPLS es una estructura que además tiene capacidad para acarrear tráfico *multicast* y no sólo *unicast*, tráfico de un origen a varios destinos. En el tratamiento que aplican los conmutadores al tráfico que manejan entran en juego dos componentes con funciones bien diferenciadas, por una parte el componente de reenvío y por otra, el de control. En el reenvío se conjugan la información de etiqueta y la información de rutas que mantiene el *switch*. En control se trata que los conmutadores que manejan esta forma de procesar tramas compartan información, intercambien sus tablas de rutas construidas con base a etiquetas. Con estos dos elementos en juego cuando un conmutador recibe un paquete etiquetado, utiliza la información de esa etiqueta como un índice para buscar en su TIB (*Tab Information Base*, Base de Información de Etiquetas) para localizar una entrada igual. Las tablas se construyen con la información sobre rutas que se encarga de recopilar el componente de control, que se aprovecha de los protocolos tradicionales de enrutado clásico, como puede ser OSPF, para crear y mantener una base de información de reenvío, FIB (*Forwarding Information Base*).³⁹

Cuando localiza un registro que se ajusta a la entrada recibida, sustituye esta información por una nueva etiqueta de salida y la reenvía por la interfaz asociada a la etiqueta entrante.⁴⁰

³⁹ Redes MPLS: <http://www.danysoft.com/free/MPLS.pdf>

⁴⁰ Funcionamiento MPLS: <http://www.idg.es/dealer/impart.asp?clave=117217>

La tabla FIB, se construye con la información que recopila cada conmutador y la que recibe del resto de conmutadores con los que se relaciona, aquellos dependientes de una misma autoridad administrativa, a lo cual se le llama dominio MPLS. Las rutas de conmutación de etiquetas que se registran en estas tablas reciben la denominación de LSP (*Label Switched Paths*, Rutas de Etiquetas Conmutadas).

Con esta forma de trabajo, el conmutador MPLS opera realmente como un *router*, pero obtiene mejores tasas de reenvío debido al procesamiento que realiza de los paquetes en función del Id que se proporciona llamado índice, sin necesidad de analizar la cabecera IP. Le basta con procesar la etiqueta de entrada, aplicar su etiqueta según la tabla LSP y reenviar. Si el destino se encuentra fuera del ámbito de dominio MPLS no hay problema de incompatibilidad.

El *router* elimina la etiqueta y encamina el paquete al siguiente salto, el cual ya lo transporta de forma tradicional IP. Una simplicidad de operación que permite que los *routers* MPLS no tengan que ser dispositivos complejos, dotados de inteligencia.

El reenvío y control que realizan puede ser implementado directamente a nivel de hardware, simplificando su construcción disminuyendo sus costes y simplificando su manejo.

1.10.5 Beneficios de MPLS en sistemas de pequeño/mediano tamaño

- Reducción de costos en equipamiento y acceso.
- Posibilidades de VoIP, video, tolerancia a fallos y otros.
- Acuerdos de nivel de servicio atractivos, reales y sostenibles.
- Monitoreo para planificación anticipada de necesidades.
- Implantación de VPNs más seguras y eficientes para todo tipo de tráfico.
- Facilidad de implementación y costos bajos de migración.

2 QoS (CALIDAD DE SERVICIO) EN REDES IP Y MPLS

2.1 Características

La calidad de servicio (QoS) es el rendimiento de extremo a extremo de los servicios electrónicos, tal como lo percibe el usuario final. Los parámetros de QoS son: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Una red debe garantizar un cierto nivel de calidad de servicio para un nivel de tráfico que sigue un conjunto específico de parámetros.⁴¹ La implementación de políticas de calidad de servicio se puede enfocar en varios puntos, según los requerimientos de la red, los principales son:

- Asignar ancho de banda en forma diferenciada.
- Evitar y/o administrar la congestión en la red.
- Manejar prioridades de acuerdo al tipo de tráfico
- Modelar el tráfico de la red

QoS es el efecto colectivo del desempeño de un servicio que determina el grado de satisfacción a la aplicación de un usuario. Para que en una red pueda ofrecer el manejo de QoS extremo a extremo (*end2end*), es necesario que todos los nodos o puntos de interconexión por los que viaje el paquete de información, posean mecanismos de QoS que ofrezcan un desempeño adecuado a la aplicación en cuestión.

⁴¹ Calidad de Servicio: <http://www.monografias.com/trabajos23/voz-sobre-ip/voz-sobre-ip.shtml>

Los puntos de interconexión por los que pasa la información son los enrutadores, conmutadores, incluso los puntos de acceso al servicio (SAPSs, *Service Access Points*) entre las capas del modelo (o *stack*) de comunicación que se use.⁴² Cuando se establece una conexión con un nivel de QoS especificado, los parámetros de éste se traducen y negocian entre los diferentes subsistemas involucrados. Solamente cuando los subsistemas han llegado a acuerdos y pueden otorgar garantías respecto a los parámetros especificados, hará que se satisfagan los requerimientos de QoS en ambos extremos del enlace.

El problema severo de calidad de servicio no se da por el hecho de transmitir voz o video en línea sino por la interactividad del servicio, es decir, si lo que se pretende es por ejemplo escuchar radio en Internet, se está frente a un servicio de voz en línea, en este caso el retardo no es relevante porque escuchar la radio con algunos segundos de atraso respecto de la emisión no es demasiado importante, las pérdidas pueden solucionarse con mecanismos tradicionales y se agrega un buffer en la aplicación destino que pre-memorice algunos segundos de transmisión. Sin embargo en un servicio interactivo esto no es posible y las retransmisiones no aportan una solución a las pérdidas. El otro parámetro que aunque es de segundo orden es muy importante en aplicaciones interactivas es el *jitter*. El *jitter* es la variación del retardo por ejemplo, la reconstrucción de una señal de voz se debe hacer a la misma frecuencia a la que fue muestreada. Si el retardo de los paquetes es variable esto no es posible. Para solucionar el problema el *jitter* se puede agregar retardo para absorber esta variabilidad, pero si el servicio es interactivo el margen de maniobra es muy pequeño.⁴³

⁴² Características de QoS: http://electronicosonline.com/noticias/notas.php?id=3430_0_1_0_M17

⁴³ Problemas en QoS: <http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/artes/publicaciones/TesisPablo.pdf>

Para garantizar QoS se requiere de la participación de un conjunto de elementos, estos elementos los podemos dividir en tres grupos generales:

- **Aplicaciones:** Aquí la aplicación debe de manejar la señalización necesaria para hacer la negociación de parámetros con la red.
- **Acceso LAN:** Que tipo de arquitectura de red se usará, protocolos, mecanismos de calendarización, control de tráfico y control de admisión.
- **Acceso WAN:** Es la arquitectura de transporte de información que ofrece la capacidad de mantener el mínimo de retardo y pérdidas de información, por medio de mecanismos de diferenciación y control de tráfico.

La meta fundamental de QoS es proporcionar prioridad incluyendo la anchura de banda dedicada, inquietud controlada y estado latente (requeridos por un cierto tráfico en tiempo real e interactivo) y las características mejoradas de la pérdida.

2.2 Ingeniería de tráfico

La ingeniería de tráfico (TE) es una disciplina que procura la optimización de la *performance* de las redes operativas. La ingeniería de tráfico abarca la aplicación de la tecnología y los principios científicos a la medición, caracterización, modelado y control de tráfico que circula por la red.

Las mejoras del rendimiento de una red operacional, en cuanto a tráfico y modo de utilización de recursos son principales objetivos de la ingeniería de tráfico. El objetivo es en este caso el optimizar la utilización de los recursos de la red de manera que no se saturen partes de la misma mientras otras permanecen subutilizadas. Todo lo anterior apunta a un objetivo global, que es minimizar la congestión al mismo tiempo que intentar incrementar la eficiencia de la utilización de los recursos. Claramente la congestión es un fenómeno nada deseable y es causada por ejemplo, por la insuficiencia de recursos en la red. En casos de congestión de algunos enlaces, el problema se resolvía a base de añadir más capacidad a los enlaces. La otra causa de congestión es la utilización ineficiente de los recursos debido al mapeado del 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, creando cuellos de botella mientras otros puedan estar subutilizados.⁴⁴

2.2.1 Ingeniería de tráfico en redes MPLS

El rápido crecimiento de Internet y de los distintos servicios ofrecidos como voz IP (VoIP), videoconferencias, etc. Estimula la necesidad de los ISPs (*Internet Service Providers*) de poseer sofisticadas herramientas de gestión de redes de manera de lograr un uso óptimo de los recursos de la red, al mismo tiempo que se debe determinar con cuidado por donde dirigir el tráfico de cada demanda de manera de no ver comprometidos los SLAs (*Service Level Agreements*).⁴⁵

⁴⁴

⁴⁵ Ingeniería de Tráfico: <http://telcom2006.fing.edu.uy/trabajos/mvdtelcom-002.pdf>

A inicios de los 90s, los esquemas para adaptar de forma efectiva los flujos de tráfico a la topología física de las redes IP eran bastante rudimentarios. 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).⁴⁶

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. 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.

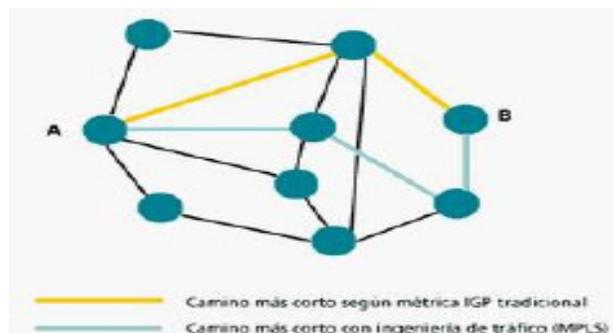
⁴⁶ Ingeniería de Tráfico: <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml>

- 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 menos costes de planificación y gestión para el administrador y con mayor calidad de servicio para los clientes.⁴⁷

En la figura 11 se ilustra un ejemplo que se puede observar la comparación de un par de rutas que se encuentran definidas para dos puntos que se desean comunicar.

Figura 11. Ingeniería de tráfico



⁴⁷ Ingeniería de Tráfico: <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml>

La componente del *packet forwarding* de TE (*Traffic Engineering*) contiene a MPLS, es la responsable de dirigir un flujo de paquetes IP a lo largo de un camino predeterminado a través de la red por medio del intercambio de etiquetas. Esas etiquetas son las que permiten que se establezcan las rutas que siguen los paquetes entre dos nodos de la red, conocidas con el nombre de ruta conmutada de etiquetas o LSPs.⁴⁸

2.2.2 Ruteo explícito

La principal característica de MPLS que permite realizar TE es el ruteo explícito. Una ruta explícita es una secuencia de nodos lógicos entre un nodo de ingreso y uno de egreso que se definen y establecen desde un nodo de la frontera. Una ruta explícita puede ser una lista de direcciones IP. También pueden especificarse los primeros N saltos solamente si luego la ruta definida por el protocolo de ruteo IP. Puede usarse también en una ruta explícita el concepto de Nodo Abstracto, el cual es una colección de nodos presentados como un solo paso en una ruta explícita. Un ejemplo de nodo abstracto puede ser un sistema autónomo. Si el nodo de ingreso quiere establecer una ruta que no sigue el camino que sigue por defecto el protocolo de ruteo IP, se debe utilizar un protocolo de distribución de etiquetas que soporte la definición de rutas explícitas. Existen dos definidos por el IETF los cuales son CR-LDP y RSVP. La ruta LSP puede ser restringida por la capacidad de recursos y la capacidad de los nodos de cumplir con los requerimientos de QoS. Esto lleva al concepto de “*constrained route*” (CR) o ruta de restricciones.⁴⁹

⁴⁸ Componentes Ingeniería de Tráfico: <http://telcom2006.fing.edu.uy/trabajos/mvdtelcom-002.pdf>

⁴⁹ Ruteo Explícito: <http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/artes/publicaciones/TesisPablo.pdf>

2.3 Requerimientos de QoS para aplicaciones

En la tabla IV se muestran los requerimientos necesarios para el tipo aplicaciones a transportar por la red:

Tabla IV. Requerimientos de QoS para aplicaciones

Aplicación	Fiabilidad	Retardo	Jitter	Ancho de Banda
Correo electrónico	Alta(*)	Alto	Alto	Bajo
Transferencia de ficheros	Alta(*)	Alto	Alto	Medio
Acceso web	Alta(*)	Medio	Alto	Medio
Login remoto	Alta(*)	Medio	Medio	Bajo
Audio bajo demanda	Media	Alto	Medio	Medio
Video bajo demanda	Media	Alto	Medio	Alto
Telefonía	Media	Bajo	Bajo	Bajo
Videoconferencia	Media	Bajo	Bajo	Alto

Fuente: <http://k001operator.ad-sistemas.com/data/files/ebooks/IG20T5CapaRed.pdf>

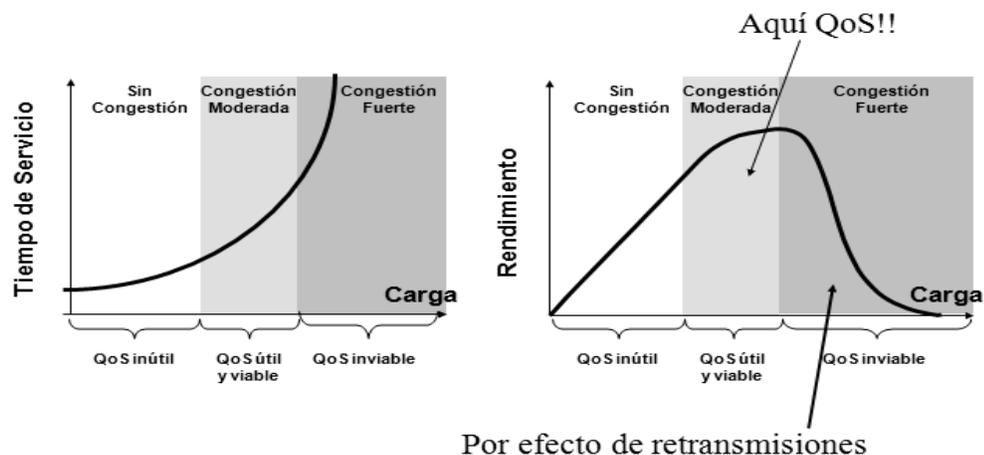
(*) La fiabilidad alta en estas aplicaciones se consigue automáticamente al utilizar el protocolo de transporte TCP.⁵⁰

⁵⁰ Requerimientos QoS: <http://www.slideboom.com/presentations/100915/calidad-deservicio>

2.4 Congestión y QoS

Proporcionar la calidad de servicio sería de una manera muy sencilla si las redes nunca se congestionaran. Para ello habría que sobredimensionar todos los enlaces, algo que no siempre es posible o deseable. Para dar QoS con congestión es preciso tener mecanismos que permitan dar un trato distinto al tráfico preferente y cumplir el SLA (*Service Level Agreement*). El SLA suele ser estático y definido en el momento de negociación del contrato con el proveedor de servicio o ISP (*Internet Service Provider*).⁵¹ Es por ello que podemos observar en la figura 12 los efectos que genera la congestión para el rendimiento del servicio prestado.

Figura 12. Efectos de la congestión en el tiempo de servicio y el rendimiento



Fuente: http://www-2.dc.uba.ar/materias/tc/downloads/diapositivas/Notas_Congestion.ppt

⁵¹ Congestión y QoS: <http://informatica.uv.es/doctorado/SST/docto-2-qos.ppt>

2.5 Modelos de servicio

2.5.1 *Best Effort Service*

A continuación se mencionan varias características importantes que destacan en *Best Effort Service*:

- Es un modelo simple de servicio en el cual una aplicación envía información cuando ella lo desea, en cualquier cantidad, sin ningún permiso requerido y sin informar previamente a la red.⁵²
- La red reparte o envía la información si puede, sin asegurar ningún retraso, *throughput* o fiabilidad.
- Usa el modelo de cola FIFO (*first in, first out*).

2.5.2 *Integrated Service*

A continuación se mencionan varias características importantes que destacan en *Integrated Service*:

- Este modelo también es conocido en muchas áreas de QoS como *Guaranteed Level*. Se le llama así porque uno de los dos tipos de QoS que ofrece garantiza recursos íntegramente.

⁵² Modelos de servicio: <http://informatica.uv.es/doctorado/SST/docto-2-qos.ppt>

- En este modelo una aplicación realiza una petición de una clase de servicio específica a la red, antes de comenzar a enviar información.
- La petición se realiza mediante una señalización explícita, de modo que la aplicación informa a la red del perfil o características de su tráfico y pide una clase particular de servicio que pueda satisfacer sus requerimientos, tanto de ancho de banda como de retraso.
- La aplicación queda a la espera de enviar la información hasta recibir la confirmación de la petición por parte de la red.
- La red realiza un control de admisión en función de la petición realizada por la aplicación y los recursos disponibles en la red.
- La red mantiene información del estado de sí misma por flujos, mirando la clasificación, normas y el algoritmo de cola en cada estado.
- El mecanismo más importante para llevar a cabo el modelo “*Integrated Service*” es el llamado RSVP, *Resource Reservation Protocol*, que puede ser utilizado por las aplicaciones para enviar requerimientos de QoS al *router*.

2.5.3 Differentiated Service

A continuación se mencionan varias características importantes que destacan en *Differentiated Service*:

- Es un modelo de múltiples servicios que puede satisfacer diferentes requerimientos de QoS, el cual está basado en el uso de múltiples clases.⁵³
- No utiliza señales para especificar los servicios requeridos de la red previamente, lo cual diferencia del modelo *Integrated Service*.
- La red intenta hacer un reparto basándose en una serie de clases de QoS, especificadas en cada paquete. Esta clasificación se puede realizar usando diferentes métodos, como IP *Precedence* o DSCP (*Differentiated Service Code Point*).

DiffServ brinda una solución a los problemas de escalabilidad que presentaba *IntServ*. Esto lo logra a través de dar garantías a agregados de flujo y no a flujos individuales. Sin embargo presenta algunos inconvenientes. Si en virtud del ruteo de paquetes se produce hiperagregación de tráfico en algunas zonas de la red, puede degradarse el servicio incluso en las clases más altas y aún cuando en la red existan zonas poco cargadas. La arquitectura de los nodos interiores es más simple que la de los nodos de la frontera, en los nodos interiores se requiere implementar políticas de *scheduling* y *dropping* relativamente complejas y por tanto la configuración de ellos no sería tan simple como en una red IP tradicional. Esto trae problemas de operación y gestión de estas redes. También trae problemas de escalabilidad ya que el agregado de un nodo interior o el cambio de la topología del interior de la red puede requerir la reconfiguración de *shedulers* y *droppers* en diversos nodos de la red.⁵⁴

⁵³ *Differentiated Service*: <http://informatica.uv.es/doctorado/SST/docto-2-qos.ppt>

⁵⁴ Ingeniería de Tráfico: <http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/artes/publicaciones/TesisPablo.pdf>

2.6 Clases de Servicio (CoS) en MPLS

Las CoS le permiten asignar prioridades a distintos flujos de tráfico, de manera que sus datos más importantes tengan preferencia sobre tráfico menos crítico respecto al tiempo.

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 archivos (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*), llamado 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 este modelo, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la clase de servicio CoS en el correspondiente LSP.⁵⁵

MPLS puede transportar distintas clases de tráfico por los siguientes motivos:

- 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.

⁵⁵ CoS en MPLS: <http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/MPLS.PDF>

- Entre cada par de LSR exteriores se pueden provisionar múltiples LSPs, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda por ejemplo, un LSP puede ser para tráfico de máxima prioridad, otro para una prioridad media y un tercero para tráfico *best-effort*, tres niveles de servicio diferentes.⁵⁶

Actualmente existen diferentes empresas que desarrollan productos y servicios para la aplicación de MPLS y una gran variedad de CoS, lo que se trata de enfocar en estas clases de servicios es una estandarización de MPLS global para así tener los siguientes resultados:

- Aumento del uso de múltiples aplicaciones ERP para soportar procesos empresariales críticos.
- Aumento del uso y del interés por las redes LAN de aplicaciones de *streaming* de video y telefonía IP cada vez más sofisticadas.
- Mecanismos de QoS introducidos en servicios diferenciales de las redes de los clientes (*DiffServ*).

En la tabla V se describe un modelo propuesto de CoS que permite una mayor priorización y partición del ancho de banda, proporcionando un alto nivel de flexibilidad y escalabilidad para que los clientes puedan separar las distintas clases sin necesidad de realizar configuraciones complicadas. Los cambios realizados en la red del cliente son mínimos para soportar el nuevo modelo de CoS con transparencia global que simplifica y agiliza las configuraciones en distintas sedes de un mismo cliente.

⁵⁶ Clases de Servicio: <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml>

Tabla V. Modelo de Clases de Servicio (CoS)

Clases de Servicio para aplicaciones	Ejemplos de aplicaciones
<p>Voz: Servicio IP punto a punto capaz de ofrecer aplicaciones de Voz sobre IP, a los clientes que desean crear sus propias soluciones de voz.</p>	<p>Voz sobre IP.</p>
<p>Multimedia: Optimizado para soportar aplicaciones de video en tiempo real.</p>	<p><i>Streaming</i> de video, videoconferencias.</p>
<p>Datos seguros: Cada aplicación de datos crítica puede asignarse a una clase dedicada a datos seguros para destinar el ancho de banda a aplicaciones de datos importantes de forma individual. Esto evita que las aplicaciones de datos críticas tengan que competir por el mismo ancho de banda y garantiza el rendimiento de cada aplicación. Las clases de datos seguros construyen un servicio IP punto a punto.</p>	<p>Aplicaciones críticas sensibles a retrasos, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oracle, SAP, ERP, <i>Data, Warehousing</i>, Critix, servidor de clientes, aplicaciones multimedia.
<p>Datos estándar: Un servicio básico de transporte IP punto a punto para las aplicaciones de datos que soportan retraso, como por ejemplo el acceso a la intranet y correo.</p>	<p>Aplicaciones poco sensibles a retrasos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transferencia de archivos, navegación por intranets o Internet, otras aplicaciones que pueden aceptar retrasos de velocidad variable.

2.7 Integración de QoS y CoS para ancho de banda en MPLS

QoS no suele tener gran trascendencia para la transmisión estándar de datos, actualmente está adquiriendo cada vez más importancia, dada la creciente necesidad de transmitir diferentes protocolos por la misma línea, entre ellos video y voz. La introducción, desarrollo y aceptación de VoIP, ha puesto en relieve la drástica necesidad de QoS en redes corporativas, ya que este tipo de aplicaciones son bastante intolerantes al tiempo que tarda un dato a estar disponible desde que se realiza su petición (latencia) y a otros tipos de irregularidades.⁵⁷

En términos de QoS, MPLS ofrece un ancho de banda garantizado entre el emplazamiento y la red del proveedor de servicios. También proporciona enrutamiento entre emplazamientos y funciones básicas de gestión, sin que tenga que intervenir el usuario final. Sin embargo QoS sólo afecta a la conexión global, ya que MPLS solo conoce la cabecera del paquete.

El nivel de diferenciación ha pasado a ser extremadamente importante, especialmente con las ofertas de “Triple uso” que ofrecen voz, video e internet a través de la misma vía. Es importante diferenciar entre QoS y CoS ya que CoS es un término que se utiliza para diferenciar el tráfico de una red, esto es exactamente el fin para el que fue diseñada la función de etiquetado de MPLS, por el contrario QoS se refiere al rendimiento de la red y la eliminación de aspectos como la latencia y las variaciones.

⁵⁷ Clases y Calidad de Servicio: http://www.idg.es/whitepapers/ES_LR_MPLS_Sonicwall_Paperv2.pdf

MPLS fue diseñado para ofrecer prestaciones CoS las cuales son enrutar diferentes clases de flujos de datos de forma eficaz. CoS clasifica el flujo de datos separándolo en datos, video y VoIP, lo que permite aplicar diferentes prioridades a cada flujo de datos. Por el contrario QoS actúa más a nivel de paquete individual y se sitúa por encima de los parámetros de la clase de servicio. Mientras que CoS se aplica a todo el tráfico que pasa por una red MPLS, es importante señalar que la clasificación debe tener lugar antes de que el tráfico alcance el *router* de borde del proveedor de red. Además de las marcas de clasificación, los mejores entornos de conexión en red también incorporan marcas de gestión de ancho de banda y de QoS. Al agrupar diferentes categorías de tráfico MPLS puede diferenciar según CoS lo que ofrece eficacia desde el nivel del proveedor de servicios, así como de forma indirecta, CoS para el cliente, ya que su tráfico se encuentra en un grupo de categorías propio. De esta forma MPLS ofrece ancho de banda garantizado entre emplazamientos e ISP y entre ISP y emplazamientos remotos. Sin embargo, esta garantía solo afecta a la conexión global. Aparte de la función de etiquetado no puede diferenciar entre tipos de tráfico, como voz y datos y por lo tanto no puede ofrecer un verdadero entorno QoS.⁵⁸

⁵⁸ Clases y Calidad de Servicio: http://www.idg.es/whitepapers/ES_LR_MPLS_Sonicwall_Paperv2.pdf

3 ANÁLISIS DE ARQUITECTURA BÁSICA MPLS Y FUNCIONAMIENTO DE SUS ETIQUETAS EN EL MANEJO DE PAQUETES

3.1 Arquitectura básica MPLS

La división de control y de envío es una de las principales características que se engloban en MPLS siendo la parte de **control** en donde se construyen las tablas de ruteo y donde se señalizan las rutas, en cambio en la parte de **envío** se realizan las operaciones de intercambio de etiquetas creando los LSPs. Para la distribución de etiquetas MPLS trabaja actualmente por medio de dos algoritmos de señalización los cuales son RSVP (*Reservation Protocol*) o LDP (*Label Distribution Protocol*), utilizando cualquiera de estos algoritmos para establecer la distribución entre los diferentes nodos que componen el núcleo de la red MPLS.

Una red MPLS se compone de routers específicos de esta tecnología los cuales son los LSRs (*Label Switch Routers*), en el encaminamiento de paquetes se pueden realizar dos operaciones que en otras tecnologías es imposible como la de agregar tráfico y ruteo explícito.

En el primer nodo del núcleo MPLS se realiza el proceso de clasificación de tráfico el cual se basa en asignar una FEC (*Forwarding Equivalence Class*) a un LSP en base al destino y al tipo de tráfico a tratar en el enlace establecido.

Para realizar un ruteo explicito se debe de conocer los nodos que componen el LSP evitando así la congestión de tráfico algo que en el ruteo IP no es posible realizar debido a que el flujo de tráfico no utiliza adecuadamente el ancho de banda ni se tienen herramientas para realizar la diferenciación de las clases de tráfico que llegan a la red por lo que hace que en MPLS la ingeniería de tráfico resuelva estos inconvenientes.

3.1.1 Control

Es el encargado de asignar cada etiqueta a las rutas así como la distribución del tráfico en varios *MPLS-Enabled Routers* si en caso se llegara a dar una congestión. Todo *MPLS-Enabled Router* debe de tener una tabla de ruteo la cual para encaminar las etiquetas necesita el protocolo adecuado luego de ello se procede a realizar el intercambio de etiquetas las cuales indican los límites a las rutas. Hay dos protocolos para el intercambio de etiquetas los cuales explicamos a continuación:

- **TDP (*Tag Distribution Protocol*):** protocolo con el cual es posible realizar reconocimiento de etiquetas mejorando la eficiencia del transporte de información. Se utiliza como amarre entre las etiquetas idénticas a las etiquetas MPLS a las rutas establecidas en la tabla de ruteo.
- **LDP (*Label Distribution Protocol*):** se utiliza la LIB (*Label Information Base*) para mapear las etiquetas de entrada y las etiquetas de salida proporcionando en el mismo mecanismo la información que la interfaz genera en la salida.

3.1.2 Forwarding

En la tecnología MPLS no se reenvían los paquetes IP estos únicamente se cambian (agregan etiquetas) por medio de los *MPLS-Enabled Routers* siendo esta parte en la arquitectura MPLS donde la información creada en la parte de **Control** mencionada en el literal **3.1.1** es utilizada, es decir que en la parte de control es donde se construye la tabla de ruteo y en la parte de *forwarding* es en donde se recibe por medio de una FIB (*Forwarding Information Base*) la cual es la que almacena en cache la tabla de ruteo IP eliminando el proceso de *route-cache* haciendo de esta forma una comunicación más rápida entre los nodos asignados en el LSP.

3.2 Niveles y etiquetas MPLS

La tecnología MPLS trabaja por medio de las etiquetas las cuales únicamente tienen funcionamiento localmente en el núcleo de dicha red por parte de los LSRs, los paquetes pueden estar asignados en más de un LSP o circuito virtual sin ningún cálculo extra ya que se utiliza una pila de etiquetas con las cuales se basan la toma de decisiones para su encaminamiento

3.3 Terminología de etiquetas para MPLS

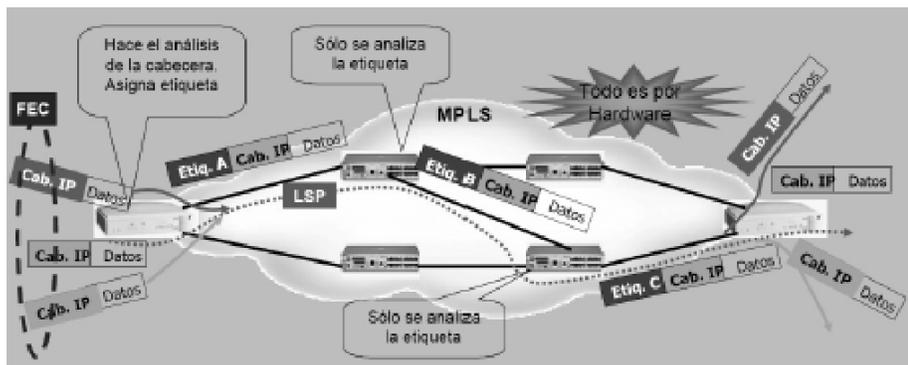
3.3.1 Forwarding Equivalence Class (FEC)

Es la etiqueta identificadora para los paquetes que provienen de la misma interfaz y que son asignados al mismo flujo de transporte en el LSP, en una FEC se pueden contemplar varios flujos de transporte pero un flujo únicamente puede pertenecer a una FEC no a varias. Para la clasificación de FECs se debe de considerar los siguientes aspectos:

- El LSR de egreso debe ser idéntico para la agrupación.
- Idéntico IP al cual se dirige el paquete según indique la tabla de ruteo.
- Similitud de tipo de aplicación a transportar (tipo de información).

En la figura 13 podemos observar un ejemplo de FEC y como se realiza el análisis de las etiquetas para su transporte.

Figura 13. Ejemplo FEC

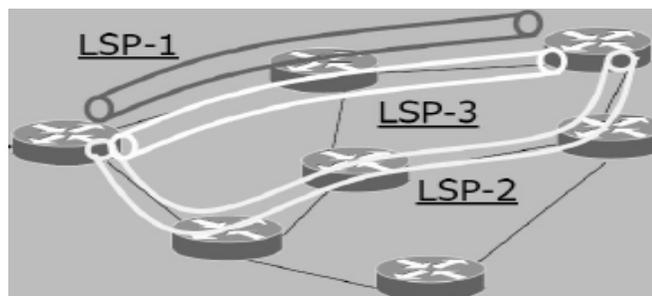


3.3.2 *Label Switched Path (LSP)*

Es el equivalente a un circuito virtual y sirve para indicar la ruta que se debe seguir por los paquetes por medio de los LSRs del núcleo de la red MPLS teniendo así un camino definido para el transporte de información.

En la figura 14 podemos observar los diferentes LSPs que se pueden tener dentro de una red MPLS, contemplando los LSR de ingreso y de egreso como un *tunnel* unidireccional.

Figura 14. Conmutación de etiquetas LSP



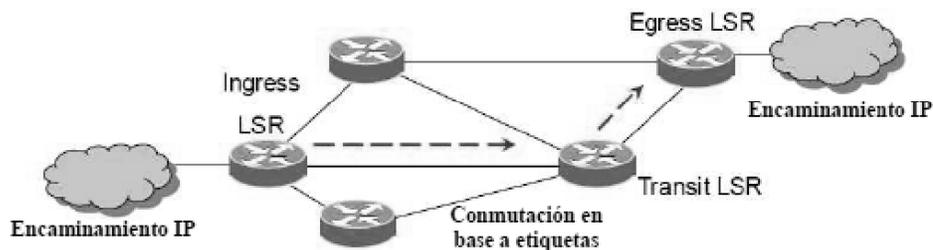
3.3.3 *Label Switching Router (LSR)*

Es un router propio de la tecnología MPLS que se basa en el tratamiento únicamente de las etiquetas (valores) no del paquete por completo (como se realiza en encaminamiento IP normal), existen LSRs de varios tipos según su ubicación los cuales son los siguientes:

- **LSR Interior (*Transit LSR*):** son los *routers* internos que sirven para encaminar los paquetes dentro del núcleo de la red MPLS. Estos routers corren varios protocolos IP, con el fin de cumplir con varios objetivos los cuales son el de aprender la topología de red, distribuir el estado de los otros LSRs que conforman el núcleo.
- **LSR Frontera de ingreso (*Ingress LSR*):** son los routers que se encuentran en el inicio de la red MPLS, los cuales indican el inicio del LSP.
- **LSR Frontera de egreso (*Egress LSR*):** son los routers que se encuentran en la parte final de la red MPLS (salida) y encargados de eliminar las etiquetas de los paquetes.

En la figura 15 podemos observar la distribución de los diferentes tipos de LSRs dentro de una red MPLS.

Figura 15. Distribución de LSRs



Fuente: http://www.it.uniovi.es/docencia/Telematica/com/material/teoria/2008/Tema5_M_PLS_telematica.pdf

3.3.4 *Label Information Base (LIB)*

Es la tabla que utilizan los LSRs para su comunicación en donde se puede encontrar las asignaciones de interfaz con etiqueta tanto para entrada como salida e información relevante como los saltos a tomar por los LSPs.

3.3.5 *Label Distribution Protocol (LDP)*

Es el protocolo que utilizan los LSR para asignar las etiquetas dentro de la red MPLS. Los protocolos disponibles son el LDP, RSVP (protocolo de reservación de recursos) y la extensión a los protocolos OSPF, IS-IS. En la figura 16 se muestra como son distribuidos los protocolos en mención:

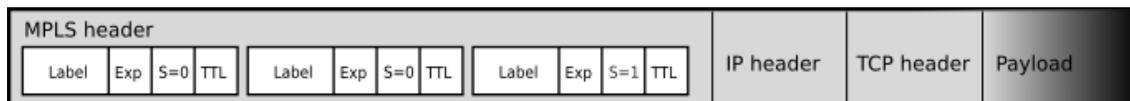
Figura 16. *Label Distribution Protocol (LDP)*



3.4 Cabecera MPLS

La etiqueta de MPLS es introducida como una cabecera entre la de nivel 2 y la de nivel 3. Esta cabecera es de 32-bit y es añadida a la cabecera IP mapeando el modelo de *routing* de nivel de red a un nivel de transporte, ya que se realiza un modelo de comunicación de rutas sobre dicha capa. En la figura 17 se muestra la cabecera MPLS con el tamaño de bits en cada sección.

Figura 17. Cabecera MPLS



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/MPLS>

Donde:

- **Label (20 bits):** segmento el cual identifica la etiqueta localmente para su transporte por medio de los LSRs.
- **Exp (3 bits, clases de servicio/experimental, CoS):** Campo que sirve para clasificar el tráfico en clases separadas para entregar servicio diferenciado, a veces se utiliza para descartar paquetes de una forma muy parecida a *DiffServ*.

- **S (1 bit):** indicador de etiqueta de pila, MPLS permite más de una etiqueta (*label stacking*). 1 indica que es la última etiqueta, 0 caso contrario.
- **Time to Live (TTL):** Campo que indica cuanto tiempo dura un paquete, equivalente TTL de IP, evita “*loops*”.

Los valores de la etiqueta pueden ser tres, los cuales son:

- **Valor 0:** Representa la etiqueta nula en IPv4. En caso de que exista esta etiqueta el LSR deberá eliminarla y tratar al paquete como un paquete de IPv4.
- **Valor 1:** Una alerta de *router*, puede ser usado para indicar que el paquete es de control y debe ser procesado.
- **Valor 2:** Equivalente al valor 0 pero para IPv6.

3.5 Análisis de aplicación de la arquitectura

Luego de conocer los aspectos de manejo de las etiquetas para la terminología de MPLS y su funcionamiento en la red, presentamos el análisis de la aplicación de la arquitectura básica para la red MPLS.

La red utilizada por MPLS es la red del ISP gestionando únicamente el servicio ya que no se encuentra ningún equipo de esta tecnología instalado en el cliente sino únicamente en los nodos terminales que se encuentran en el ISP contratado, la alta velocidad en comunicación garantizada por MPLS se basa en el conocimiento geográfico de su red haciéndola más óptima que si las distancias entre sucursales que comprenden la red es mayor de igual forma el ISP es el único involucrado dejando un servicio transparente para el cliente, las formas en que son creados los enlaces en el ISP hace que MPLS sea rentable para su comercialización debido a que son puntos fijos dentro del ISP.

En lo que se refiere al transporte de paquetes el añadir una etiqueta entre el nivel 2 y nivel 3 de estos, garantiza la agrupación por flujo según se menciona en lo referente al tratamiento de las FECs dando así a los paquetes una ruta para su comunicación entre cada LSR comprendido dentro del núcleo de la red siendo estos *routers* los encargados de analizar únicamente las etiquetas para ir encaminando los paquetes a su destino, entre cada LSR se elimina la etiqueta que el LSR anterior colocó, cambiándola constantemente mientras se avance en el LSP establecido por el primer LSR (frontera), el LSP es el encargado de garantizar por medio de sus niveles de rendimiento que no existan fallos ni congestión entre los enlaces haciendo una comunicación bastante eficaz dentro de la red.

IPv4, IPv6, IPSec son algunos protocolos soportados por MPLS que ofrecen una garantía respecto al ancho de banda debido a la ingeniería de tráfico que se puede aplicar para la prioridad del tráfico a manejar según los criterios establecidos por el ISP para realizar estas tareas de segmentación ofreciendo así por esta tecnología un canal multiprotocolo para el transporte de paquetes de información.

Dentro de todas las características se debe dejar en claro que MPLS trabaja únicamente en la red del ISP, garantizando los servicios y entregas únicamente en las fronteras del núcleo siendo el cliente el que debe de tomar los riesgos de lo que pueda pasar fuera de estas fronteras, por lo que lo aconsejable es tener sus enlaces lo más cercanos posibles a la red local, evitando recorrer grandes distancias en redes que no se conocen quedando así MPLS como una inversión sin trascendencia y sin impacto en el transporte de alta velocidad para la empresa.

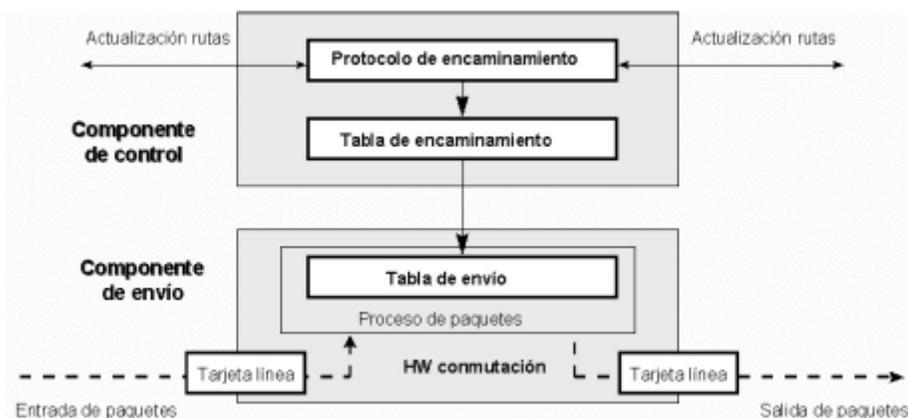
MPLS realiza la etiquetación de paquetes pero no un envío seguro por lo que para realizar esta tarea es necesaria crear una forma de encriptación para el transporte de la información solucionándolo instalando un *firewall* en las fronteras de los clientes para que tanto el ingreso como egreso de la red del cliente sea segura y ya en la red interna MPLS se trabaje con normalidad.

4 ANCHO DE BANDA Y TRANSPORTE DE PAQUETES DE INFORMACIÓN EN LAS REDES MPLS

4.1 Convergencia hacia IP, conmutación IP

El problema en la historia de las redes IP siempre fue la falta de interoperabilidad debido al usar tecnologías privadas entre las capas 2 y 3 siendo MPLS la solución a este problema integrando técnicas de conmutación, operando en forma multinivel para la optimización del ancho de banda, separando las funciones de *routing* y *forwarding* así como el análisis de etiquetas en el transporte de información. En la figura 18 se detalla en un diagrama de bloques estos dos componentes básicos para la solución de conmutación multinivel MPLS.

Figura 18. Separación funcional de control y envío de paquetes



En la separación de control y envío es tan indispensable utilizar protocolos estándar para la comunicación con los otros LSRs del núcleo, la parte de control se basa en la auditoría y constante consulta de la generación del LSP para cada etiqueta de cada paquete a transportar y la parte de envío busca la tabla generada en el primer LSR (frontera de ingreso) para ir actualizando la misma entre cada encaminamiento en la red, esto se plasma en la cabecera de los paquetes mediante la inserción de etiquetas en el mismo por la parte de control sabiendo de ante mano en que interfaz se trasladara cada paquete marcándolo por medio de la FEC la cual únicamente sirve para agrupar pero no modificar las cabeceras de los paquetes.

Actualmente solo hemos mencionado en qué momento son creados los LSPs o Circuitos Virtuales, pero es momento de aclarar que se realizan por medio de los algoritmos que generan el intercambio de etiquetas en donde se definen los enlaces de comunicación que se deben asignar a las rutas en donde se transportará la información recibida proveniente de los extremos o fronteras del núcleo de la red MPLS.

4.2 Requisito del encaminamiento tradicional de nivel 3

Un requisito tradicional es el de los *firewalls* que se instalan para el acceso a cualquier red corporativa para garantizar la seguridad de la empresa. Este es un requisito mínimo del cual no se puede olvidar cualquier administrador de la red.

Toda red MPLS cuenta con infraestructura propia para manejar su información tal el caso de los LSRs siendo estos mismos los que en su frontera de salida (eliminación de etiquetas) se deben comunicar con dispositivos que operan en nivel 3 convencionales para la entrega de información desde su emisor siendo esta la decisión la cual se toma en el núcleo luego de analizar las rutas si se envía por un LSP o utilizando routing convencional la cual es la que se trata de ignorar o eliminar para utilizar la red MPLS con todas sus garantías de transporte que hoy en día aporta.

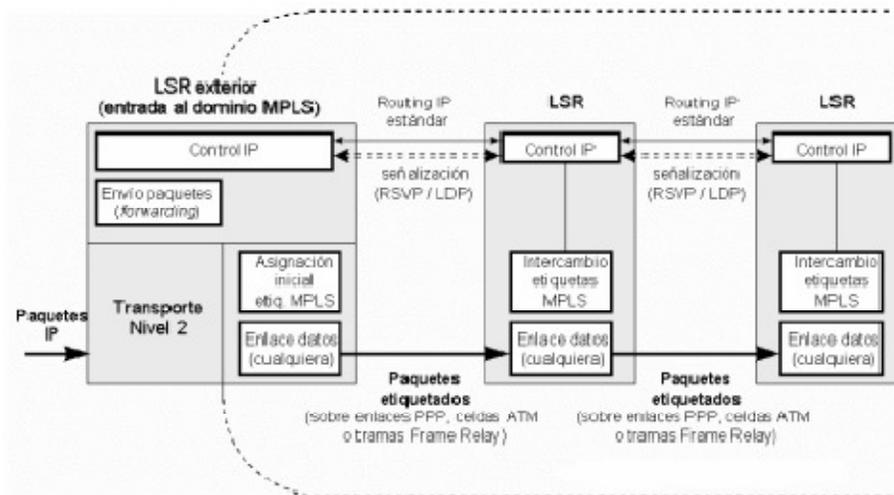
4.3 Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS

El envío de paquetes se basa en el intercambio de etiquetas por medio de los caminos definidos LSPs ya sean de tipo simplex o de tipo dúplex según sea el sentido de la comunicación dependiendo del número de *hops* comprendidos en el enlace establecido por los LSRs, los cuales transportan los paquetes basándose en la lectura de las etiquetas por medio de los protocolos RSVP o LDP.

A diferencia de otras tecnologías (ATM, *Frame Relay*) en donde se tenía que trabajar con diferentes tipos de tablas de ruteo cada una para una arquitectura diferente para el análisis de los paquetes para su transporte, esto queda eliminado, ya que MPLS trabaja únicamente en base a etiquetas haciendo más estándar la comunicación agilizando la operabilidad y transmisión de información entre cada nodo comprendido en los enlaces de la red.

En la figura 19 observamos un esquema funcional del envío de paquetes en MPLS.

Figura 19. Envío de paquetes en MPLS

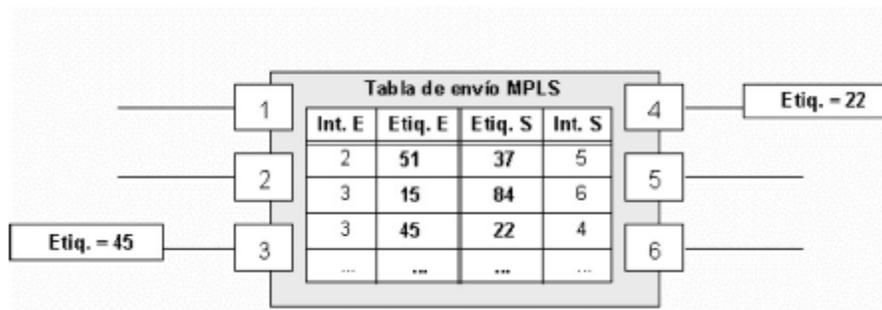


4.3.1 Utilización de Circuitos Virtuales

La solución para obtener una ruta predefinida se realiza por medio de un Circuito Virtual en donde este es creado al momento de comenzar el enlace utilizando dicha conexión para mantener la ruta en todo el trayecto de los paquetes a transmitir, es tarea de cada LSR el almacenar las rutas y encaminar cada paquete según su Circuito Virtual o LSP asignado, la forma de asignarlo es por medio de un número identificador almacenado en cada paquete que sirve a lo largo de sus entradas y salidas para que cada LSR pueda encaminarlo.

Estos circuitos virtuales son los que recorren los paquetes a lo largo del proceso de transmisión dentro del núcleo de la red MPLS cada grupo de paquetes pertenecen a una FEC, la tabla que analizan los LSRs mantiene la información de las interfaces de entrada y salida haciendo que la salida de uno sea la entrada de otro y así formar el camino hacia el destino para el cual el enlace comprendido entre los LSRs frontera y por cada LSR interno que encamina los paquetes es el Circuito Virtual que estamos mencionando, en la figura 20 tenemos un ejemplo de una tabla de envío de un LSR en donde podemos apreciar en dicha tabla las etiquetas recopiladas y porque interfaz se debe de transmitir.

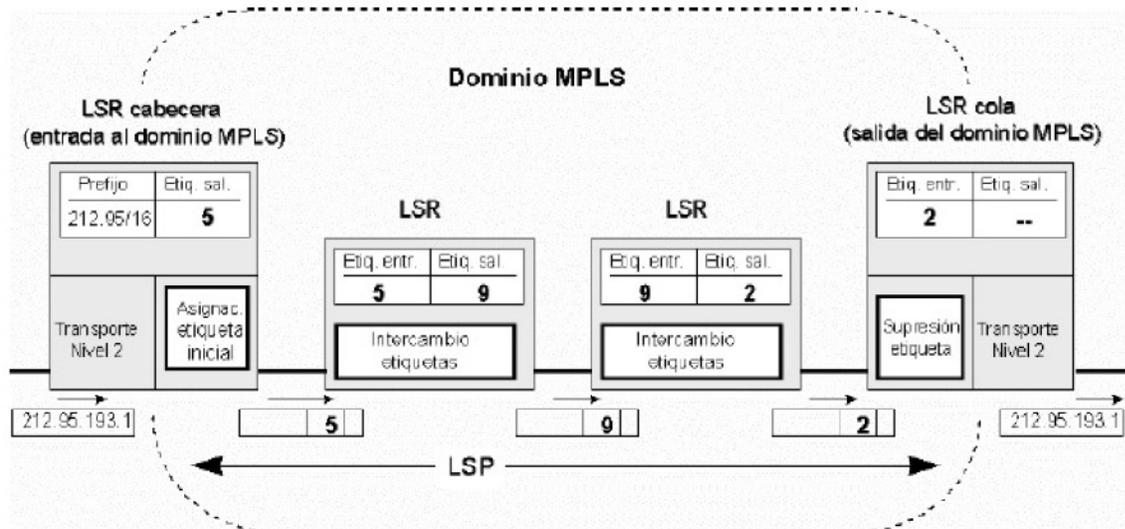
Figura 20. Tabla de envío de un LSR



Un ejemplo más detallado del encaminamiento de paquetes por medio de sus etiquetas se puede observar en la figura 21 en la cual apreciamos como el LSR de entrada es el que agrega la etiqueta inicial y va encaminando el paquete al siguiente LSR por el LSP definido. Cada LSR únicamente consulta la tabla según el algoritmo de intercambio de etiquetas en donde luego del análisis aplicado vuelve a modificar la tabla con la información del siguiente LSR al cual va a ser enviado el paquete.

El proceso anterior descrito es el realizado en el interior de la red MPLS (núcleo) pero la función del último LSR es la de eliminar la tabla de intercambio de etiquetas y enviar el paquete de forma tradicional por el dispositivo encargado de la transmisión IP (*router* convencional) por lo que volvemos a aclarar que esta tabla y todo el proceso de intercambio de etiquetas es un mecanismo interno de la red para agilizar el transporte de información siendo en la frontera de salida en donde vuelve a transmitirse de forma normal hacia el destino que requiere la información que se envió, la implementación de una red MPLS es aplicable sobre cualquier tecnología de transporte como lo es *Frame Relay*, PPP, ATM, LAN. MPLS utiliza los campos para etiquetas de *Frame Relay* y ATM si en caso se tiene implementada la red sobre esta tecnología de ser otra se utiliza una cabecera genérica estándar de cuatro octetos.

Figura 21. Ejemplo de envío de un paquete por un LSP



4.4 Distribución de etiquetas

La decisión de asignar una determinada etiqueta a una FEC es decidido por el LSR de ingreso, mientras que el LSR de egreso o salida únicamente elimina toda información relevante al proceso interno que realiza MPLS, la distribución de etiquetas puede ser de dos formas las cuales son: bajo demanda y sin solicitud para lo cual en la figura 22 se ejemplifica dicha distribución para el ámbito de una red MPLS.

Figura 22. Distribución de etiquetas en MPLS



Fuente: <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=14>

4.4.1 Protocolos de distribución de etiquetas

Antes de que se puedan crear los LSPs se deben asignar las LIB, a este proceso se le llama distribución de etiquetas. Los protocolos de distribución de etiquetas son el conjunto de mecanismos o procedimientos que permiten a dos LSR aprender entre ellos sus distintas reglas de ruteo de etiquetas, MPLS permite la utilización de varios mecanismos de señalización los cuales son:

- **LDP:** es el protocolo especificado para la distribución de etiquetas basado en la información de *routing* IP.
- **CR-LDP:** protocolo que se deriva del protocolo LDP y permite *routing* explícito con QoS.
- **RSVP-TE:** protocolo derivado de RSVP estándar que permite *routing* explícito con QoS.

4.4.2 Ubicación de la etiqueta MPLS

La etiqueta MPLS está distribuida dentro de cierto número de redes de transporte para lo cual en la figura 23 se muestra la distribución de las etiquetas según los paquetes correspondientes al tipo de red a manejar.

Figura 23. Ubicación de la etiqueta MPLS



4.5 Tratamiento del campo TTL (*Time to Live*) en el transporte de paquetes en MPLS

El campo TTL dentro de los paquetes a transportar en MPLS se inicializa al momento de entrar al núcleo tomando esta tarea el LSR de ingreso dicho valor es el que ya viene con el paquete en la cabecera IP, por cada encaminamiento por cada LSR que avanza el valor es restado en uno dejando intacto el de la cabecera IP ya que este valor no se modifica dentro del núcleo MPLS es hasta el momento de que el paquete llega al LSR de egreso en donde se realiza un intercambio de valores colocando en la cabecera IP el valor del campo TTL de la etiqueta MPLS, si el valor es 0 el paquete no es tomado en cuenta en el tráfico de la red quedando obsoleto.

4.6 Gestión de ancho de banda y protección

El módulo de envío es el encargado de tomar el tráfico con el que se inicializa el enlace para aplicarle los criterios de QoS, según la topología de la red utilizando algoritmos para su comunicación entre las rutas o circuitos virtuales predefinidos en el LSR de ingreso. MPLS se caracteriza por garantizar al cliente QoS que se basa en la comunicación eficaz y eficiente en la cual todos los recursos utilizados trabajan adecuadamente con respecto a la velocidad en la que responden las peticiones o encaminan los paquetes, si se llegara a dar una congestión se evalúa las rutas alternas por las cuales un LSR puede reencaminar los paquetes tomando otro LSP o Circuito Virtual para esta tarea, esto hace que exista un equilibrio en la arquitectura MPLS para las conexiones de usuarios para consumo de aplicaciones *on line* debido a que las técnicas utilizadas proveen resultados exitosos para este tipo de transporte de información garantizando así la optimización del ancho de banda agilizando los procesos.

QoS es parametrizable por las siguientes características: balanceo de carga, peticiones, recursos, pérdidas y tiempos de respuesta. Cada módulo en el transporte analiza dichos criterios y en base a ello los encapsula para su encaminamiento adecuado según el LSP que se acople a las necesidades, el modulo de configuración de MPLS utiliza el protocolo estándar IP llamado SNMP (*Simple Network Management Protocol*) el cual permanece activo de manera continua para analizar el estado actual en el que se encuentra la red tomando información sobre la comunicación de los LSR que componen cada LSP y el ancho de banda consumido por los mismos, pérdidas, retrasos y el manejo de nuevas conexiones que deseen ingresar a la red tomando en cuenta también la caída de LSRs o de enlaces de comunicación.

4.6.1 Reasignación de ancho de banda

La reasignación de ancho de banda suele darse cuando existen LSRs o enlaces rotos por lo que se repite el proceso para reasignación de los recursos que se encuentran disponibles en la red o tomando la diferencia existente entre los anchos de banda de caminos que no son utilizados de manera continua sino de manera esporádica, es por ello que el módulo de configuración siempre se mantiene activo para reportar cualquier anomalía y actuar en el instante para las nuevas conexiones.

4.6.2 Reencaminamiento

Al no poder resolver el problema reasignando ancho de banda es porque la infraestructura de red y configuraciones (topología) se encuentra mal diseñada y habrá que modificarla donde se deben de tomar en cuenta las siguientes observaciones:

- Calcular nuevamente las rutas por las cuales se desea se transporte la información.
- Al no tener los medios o tiempo para realizar una modificación a la topología de red actual se resuelven los inconvenientes estudiando la eficiencia y eficacia en que se encuentran trabajando los recursos para reconfigurarlos y esperar una respuesta mejorada en la rapidez de manejo de las solicitudes y así resolver el problema sin hacer cambios voluminosos de infraestructura.

4.6.3 Gestión de fallos de red (funciones de *switchover*)

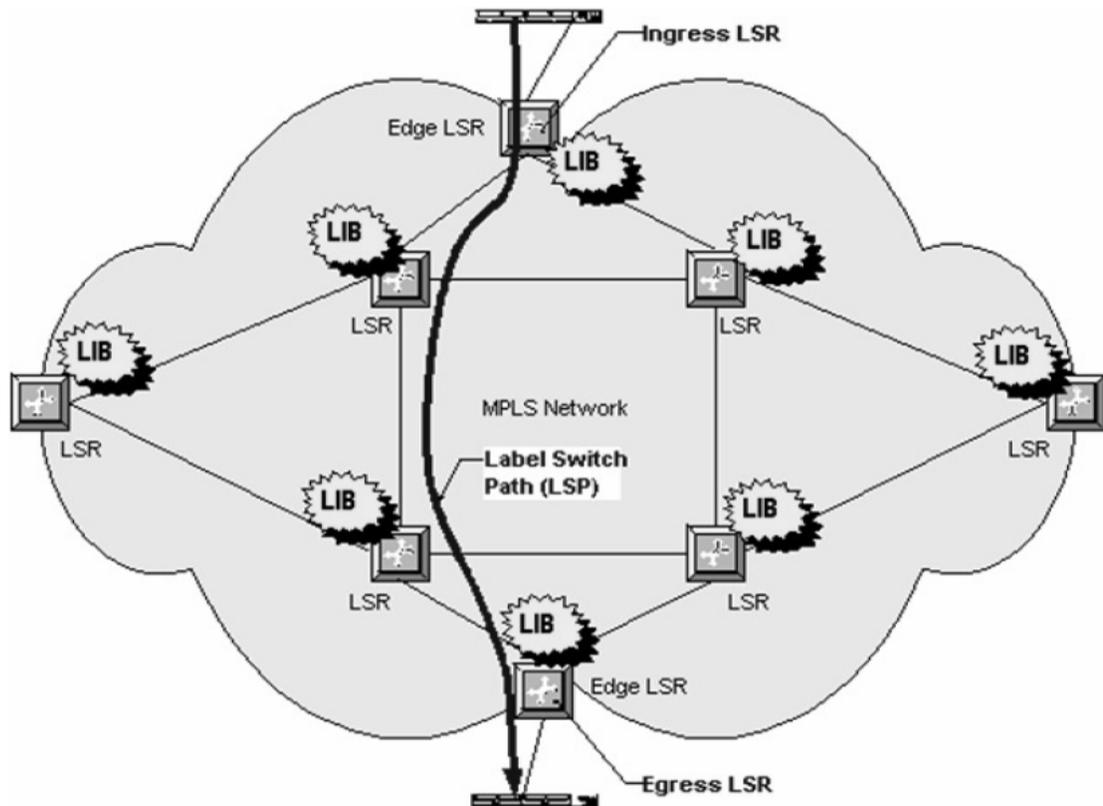
La gestión de fallos va asociada al concepto de solución inmediata ya que cuando un enlace falla en la red por el motivo de que este se cae es decir se encuentra roto y no puede seguir recibiendo y reenviando paquetes por lo que se deben realizar funciones para los caminos alternos o de respaldo que se encuentran disponibles activando las tablas de ruteo hacia estas rutas alternas reconfigurando el ancho de banda, este tipo de acoplamientos y cambios en la red deben de ser transparentes al usuario dado que su tiempo no debe de ser notorio y así agilizar las comunicaciones estando siempre alertas para las anomalías de tráfico que puedan generarse.

4.7 Ejemplo de MPLS

En la figura 24 se observan las siguientes características del ejemplo a realizar:

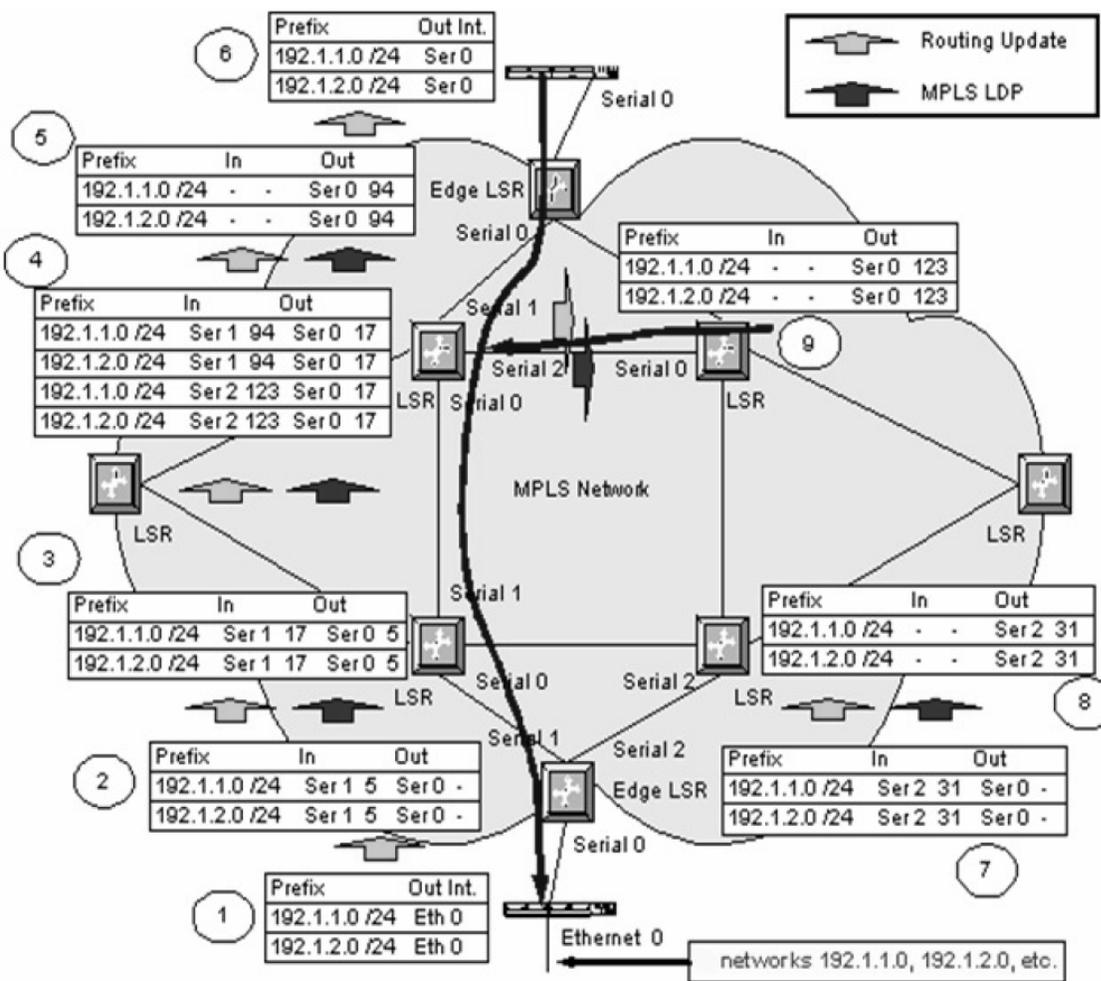
- Componentes de las rutas (LSPs).
- Tablas de ruteo para el encaminamiento de paquetes, las tablas son las que leen los LSRs en cada salto modificando la información para el siguiente salto (LIB).
- Los LSRs que se encuentran en las fronteras (ingreso/egreso) del núcleo de la red MPLS.

Figura 24. Ejemplo componentes de una red MPLS



- En el ejemplo se desea comunicar los routers de arriba y debajo de la figura 24 por el que deben de pasar por la red MPLS interna (núcleo) para poder lograr su objetivo.
- En la figura 25 se observa la asignación de las etiquetas y la interfaz en la cual se debe de transmitir el paquete según sea entrada o salida de cada LSR.

Figura 25. Tablas de asociación de LSRs



A continuación explicamos los pasos ilustrados en la figura 25 los cuales consisten básicamente en cómo se propaga la información en el LSP definido por la flecha negra.

- **Paso 1:** se hace una actualización a las tablas de ruteo por medio del router frontera en base a las redes de clase C conectadas.

- **Paso 2:** se agrega una etiqueta por medio del LSR en este caso se asignó la etiqueta con valor 5 la cual según se ve en la tabla cualquier etiqueta con este valor que ingrese por el *serial 1* debe de transmitirse sin ninguna etiqueta por el *serial 0*.
- **Paso 3:** la LIB del siguiente LSR guarda la etiqueta con valor 5 que se encuentra en el *serial 0* coloca la etiqueta con valor 17 y la encamina por el *serial 1*, utilizando el protocolo de envío LDP indica que a todo paquete de llegada en *serial 1* se transmite con etiqueta valor 5 por el *serial 0*.
- **Paso 4 y 5:** se repiten los pasos 1 al 3 y observamos que en el paso cuatro la tabla creció debido a los datos que se transmitirán al LSR de al lado el cual por ser un LSR de egreso posee únicamente datos de salida (paso 5) ya que debe de transmitir hacia el router convencional fuera del núcleo MPLS.
- **Paso 6:** para la comunicación externa el LSR de egreso se basa ya en un *routing* convencional que comenzó al recibir en el núcleo por el LSR inferior en el *serial 0* los paquetes a transportar en la red MPLS.
- **Paso 7 y 8:** la transmisión de información por parte del LSR en éstos pasos es simplemente reenviar información a partir del *serial 2* y así sucesivamente por los siguientes LSR que encuentre.
- **Paso 9:** la actualización de la LIB en este paso es similar al paso 4 debido al comportamiento de los paquetes etiquetados con valor 17 que serán transmitidos por la *serial 0*. Esto es en base a la actualización del *routing* del LSR izquierdo.

5 INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE RED MPLS EN CIRCUITOS VIRTUALES

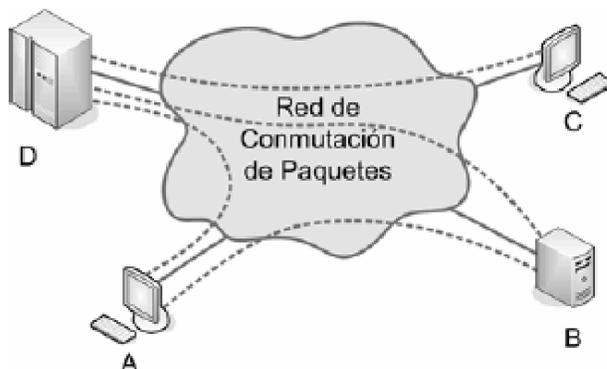
5.1 Circuitos Virtuales

Los Circuitos Virtuales son rutas definidas al momento de inicializar la conexión por lo que los paquetes de ante mano ya saben el camino por el cual van a ser transportados hasta su destino. Este Circuito Virtual se construye en base a que cada LSR guarda a donde debe de enviar los paquetes de ese enlace, pueden existir varios circuitos los cuales los LSR deben de ser capaz de reconocer y encaminar los paquetes correctamente siendo así un sistema robusto de comunicación debido a que para la transmisión de los paquetes mientras estos son encaminados se pueden utilizar infinidad de circuitos virtuales para la entrega no específicamente de origen a destino se utilizara uno sino pueden ser varios.

La palabra **paquete** quiere decir que al momento de realizar un transporte de información esta es dividida en pequeños bloques los cuales el tamaño es variable ya que dependen de la red en la que se encuentren la que dará el tamaño, por ejemplo al ver un video *on-line* no se descarga el video completo y luego se despliega al usuario, este es descargado por pedazos (bloques) los cuales son los llamados paquetes, bloques de información que pertenecen en conjunto a una aplicación o servicio solicitado en la red.

Los paquetes tienen cabeceras en las cuales se agrega información mientras son encaminados a lo largo de su ruta hacia el destino. Este control únicamente es interpretado por los LSRs o *routers* convencionales fuera del núcleo MPLS siendo propiamente este tipo de dispositivos los que toman las decisiones para asignar a los paquetes el Circuito Virtual que se deben transportar, en la figura 26 podemos ver más a detalle este ejemplo.

Figura 26. Circuitos Virtuales



5.1.1 Circuito Virtual Conmutado (SVC)

Un SVC es dinámico y es creado al inicializar el enlace de la conexión al momento de transmitir paquetes en la red y a su vez cuando el enlace se termina el SVC también es eliminado, un claro ejemplo es la red de teléfonos, siendo así la utilización de este tipo de Circuitos Virtuales en escenarios donde no es continua la comunicación y donde se realizan las conexiones de forma temporal en períodos de tiempo indefinidos pero que suelen ser cortos.

5.1.2 Circuito Virtual Permanente (PVC)

Este tipo de Circuito Virtual es lo opuesto al SVC, ya que un PVC es utilizado cuando existen varias conexiones que utilizan los mismos destinos, siendo así un tipo de conexión continua al contrario del SVC donde se utilizaban de forma esporádica. Un PVC es una solución tan indispensable ya que no se necesita de realizar configuraciones nuevas ni reconocimiento de nuevas rutas en las cuales se deben encaminar los paquetes, ya que como ya existen predefinidos al momento de realizar el enlace de la conexión ya se conoce la ruta en la cual se debe de transportar, un PVC suele tener demanda para su utilización por lo que se puede decir que un usuario puede tener bloqueado o reservado un circuito por estar utilizándolo para transportar información, un PVC puede ser utilizado por varios usuarios al mismo tiempo.

5.1.3 Operación y enlace

Entre cada enlace se realizan varias operaciones que consumen ancho de banda en la red, dicho ancho de banda debe de sustentar las necesidades de retardo que cada sesión requiere, siendo así como MPLS garantiza comunicaciones a alta velocidad porque se evitan los retardos y se mantiene la conexión y conmutación de paquetes de una forma estable por la infraestructura implementada, ya que el equipo convencional al momento de analizar el paquete por completo tarda más que si se analiza únicamente la etiqueta insertada que es así como trabaja MPLS elimina los retardos, garantizando un enlace siempre activo donde el ancho de banda es lo suficientemente satisfactorio para la entrega de los paquetes a transmitir.

En cada enlace se deben de seguir los siguientes criterios:

- Al inicializar una conexión los paquetes deben de seguir el mismo Circuito Virtual para mantener la integridad y evitar la pérdida de paquetes en la transmisión.
- Cuando se llega a la frontera es decir al LSR de ingreso es en donde la ruta, Circuito Virtual o LSP es asignado a todos los paquetes que tengan ese enlace.
- En la cabecera de los paquetes se mantiene un identificador de ruta en que son transmitidos los paquetes. Este identificador varía por cada circuito utilizado ya que hay que recordar que MPLS utiliza internamente identificadores, pero externamente cambia el tipo de infraestructura, por ende cambia la forma de tratar a los paquetes.

5.2 Conmutación basada en Circuitos Virtuales en MPLS

En varios puntos anteriores se mencionó cómo es tratada la comunicación para circuitos virtuales que se encuentran en el núcleo MPLS así como externamente, en la parte que es dentro de la red MPLS como se ha recalcado a lo largo de cada capítulo es minimizar retardos y proveer al usuario un ágil transporte de información esto se garantiza al tener Circuitos Virtuales Permanentes debido a que cada ruta ya está definida y cada paquete ya se sabe a qué ruta será asignada. La topología de MPLS debe de ser implementada de la forma que en cada salto entre LSR debe de estar solamente un dispositivo, para evitar el recorrido de grandes distancias.

Evitar los retardos, reenvíos, reasignaciones de ancho de banda implica que no se deben de realizar configuraciones extras, mientras el enlace se encuentra activo. Los paquetes en el transporte interno de la red MPLS son analizados de forma transparente y para los dispositivos externos es como que estuvieran ocultos, pero internamente se analizan para su encaminamiento, MPLS se basa en el transporte con base a Ingeniería de Tráfico en donde QoS implica criterios a tomar sobre cada paquete para verificar el tipo de ruta a tomar siendo así que el tipo de aplicaciones VoIP sean factibles hoy en día para empresas, porque se transmite por medio de MPLS de una forma sorprendente sin interrupciones en la transmisión. QoS es aplicado únicamente en la frontera de ingreso no por cada LSR que analiza las etiquetas, los protocolos utilizados son los que permiten que no se de esta reclasificación por cada LSR interno reduciendo costos que en otras infraestructuras son de alto impacto.

5.2.1 Ventajas

A continuación mencionamos las ventajas proporcionadas en la implementación de Circuitos Virtuales en la tecnología MPLS:

- Retardos establecidos.
- Se garantiza la entrega continua.

5.2.2 Desventajas

A continuación mencionamos algunas desventajas de la implementación de Circuitos Virtuales en la tecnología MPLS.

- Cuando no existen enlaces un circuito virtual no puede estar activo para poder usarlo por lo que debe de existir al menos un enlace para que se pueda usar dicho Circuito Virtual.
- El ancho de banda es la forma en que se consumen los Circuitos Virtuales, por lo que si esta no existe de manera que satisfaga las necesidades no es posible garantizar la utilización del mismo para la transmisión de información en la red.

5.3 Control de información integrando Circuitos Virtuales en MPLS

El envío de paquetes a través de circuitos virtuales comprende varias características como las que son como los LSRs analizan las tablas de ruteo para que en cada salto se transmitan los paquetes por el LSP definido, ya mencionamos un ejemplo en donde se identificaron las etiquetas e interfaces por las que se encamina pero ahora se aclararan conceptos básicos para la generación y distribución de las mismas a lo largo de la red MPLS con base a la tabla de ruteo que cada LSR guarda y forma el Circuito Virtual a utilizar.

5.3.1 Generación de las tablas de envío establecidas por los LSPs

Para generar la tabla de ruteo tiene que ver las características como infraestructura en la cual está montada la red (diseño de la topología), las cantidades de paquetes a transportar y los criterios que se dan por la Ingeniería de Tráfico para la segmentación y clasificación de transporte de paquetes en la red, para enviar la información como se mencionó en el capítulo anterior, se debe de elegir un algoritmo de distribución de etiquetas y con base a este se construyen las tablas de ruteo que los LSRs deben de interpretar para la asignación de LSPs a los paquetes que llegan. Esta generación de tablas consiste en establecer un camino y asociación entre interfaz/etiqueta en el transporte de cada paquete. Haciendo una analogía un LSP es creado al interpretar un mapa que es creado por los LSRs que conforman la ruta a seguir según la Ingeniería de Tráfico aplicada para el tratamiento de la información que llega en el LSR frontera de ingreso.

5.3.2 Distribución de información sobre las etiquetas a los LSRs

Para distribuir las etiquetas se necesita tener un camino marcado el cual es necesario al momento de crear un Circuito Virtual (LSP) entre cada LSR que comprende el LSP se debe de distribuir las etiquetas no únicamente utilizando un protocolo de encaminamiento por lo que se aplica el que se acople, como por ejemplo el protocolo RSVP que es el más estándar de entre los existentes para realizar este tipo de procesos de encaminamiento y distribución.

5.4 Integración de MPLS y Circuitos Virtuales en VPNs

5.4.1 VPN (Virtual Private Network)

Una VPN surge de la necesidad de administrar o trabajar sobre una red privada como por ejemplo, una LAN desde cualquier lugar, es decir realizar tareas remotas hacia el lugar de trabajo, esta infraestructura debe de estar disponible para varios usuarios para compartir los recursos necesarios que cada usuario desee consumir.

Para acceder a una VPN se debe de contar con acceso a internet y las configuraciones respectivas para ver las terminales de trabajo desde el hogar de un empleado, una VPN es una solución para soporte externo de una red privada (interna) muchas veces los administradores asumen que por tener conexiones externas aisladas de la red principal se posee un alto nivel de seguridad, pero esto no es aceptable ya que la seguridad implica cualquier tipo de conexiones no únicamente la auditoría interna, pues externamente existen los mayores riesgos por lo que este detalle en una VPN no debe de dejar pasarse por alto para garantizar el bienestar de la red.

5.4.2 Circuitos Virtuales convencionales y Circuitos Virtuales en MPLS

La desventaja de una VPN es que debe acoplarse a la infraestructura que se tenga desde el lugar donde se está conectando hasta el equipo remoto al cual se desea acceder creando un circuito virtual por cada dos routers.

Esta creación de tantos circuitos virtuales por cada usuario en los enlaces es bastante pesada, ya que se saturan los dispositivos físicos (*routers*) al tener que generar estas rutas a cada momento sobre la red colocando uno sobre otro sin tomar criterios para su comunicación es por ello que las VPNs tienen a ser lentas cuando se utilizan los circuitos virtuales convencionales sobre infraestructura de transporte IP normal.

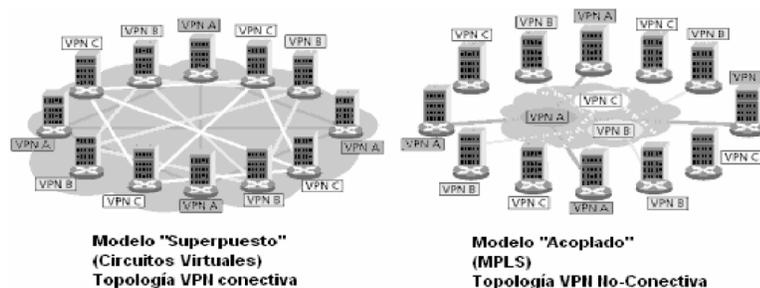
Al utilizar una red MPLS con los diseños de arquitectura planteados en el capítulo 3 se eliminan los inconvenientes de circuitos virtuales convencionales debido a que en la tecnología MPLS los circuitos virtuales no se crean por cada par de LSRs ya que al aplicar criterios para la Ingeniería de Tráfico MPLS es una tecnología muy eficiente que se acopla a la infraestructura y topología en la cual se implemente, al acoplarse se disminuye el tiempo de transmisión ya que no se consumen todos los recursos de cada LSR por lo que no se satura el equipo.

Como se puede observar en la figura 27 en el modelo MPLS y el normal como existe la diferencia entre la creación de los enlaces ya que normalmente son creados directamente de origen a destino sin nodos intermedios haciendo enlaces sumamente grandes en distancia que son vulnerables a tener retardos en la transmisión, el acoplamiento de MPLS esto cambia ya que los enlace son creados en un circuito común (nube) para el cual únicamente los usuarios con credenciales de la VPN podrán ingresar, cada LSP puede asignarse a varias VPNs para optimizar los recursos. Al usuario final no le importa esta implementación sino que ve la velocidad en que se puede conectar y la estabilidad de la comunicación con los otros miembros registrados es donde MPLS genera la solución que todo cliente espera en una VPN.

La aplicación de QoS también se garantiza en la VPN ya que las técnicas de Ingeniería de Tráfico son idénticas y como se ha mencionado MPLS se acopla a cualquier tecnología de transporte por lo que se mantiene esta propuesta en la cual MPLS se basa para garantizar la optimización del ancho de banda en su comunicación.

En la figura 27 se ejemplifica cómo se acoplan los Circuitos Virtuales en MPLS para implementar una VPN.

Figura 27. Circuitos Virtuales acoplados a MPLS en una VPN



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml>

Las empresas actuales buscan estabilidad en sus conexiones así como niveles de velocidad altos en donde se garantice QoS para un control y administración adecuada de la infraestructura que utilizan. Hoy en día la tecnología que aporta esta solución es MPLS, la cual es un avance sorprendente del encaminamiento IP con técnicas de transporte con base a etiquetas.

6 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN DEL TRANSPORTE DE INFORMACIÓN EN REDES IP, MEDIANTE LA TECNOLOGÍA DE RED MPLS

Para dar a conocer la justificación del transporte de información en una red MPLS nos basamos en los criterios estudiados en una VPN ya que las empresas hoy en día en su mayoría están trabajando sobre VPNs y es por ello que el análisis está orientado al desempeño de la empresa para generar oportunidades y el buen desarrollo de las actividades propias que éstas realicen, garantizando calidad de servicio, ancho de banda y seguridad en las mejoras sobre la red IP actual en Guatemala, siendo MPLS el futuro de las comunicaciones de alta velocidad aportando un gran desempeño industrial y empresarial para el país.

6.1 Flexibilidad

Toda empresa actualmente encuentra implementada su infraestructura de tal forma que satisface sus necesidades de una u otra forma los recursos humanos deben ingeniarse estos resultados para el buen desempeño de la red tratando la manera de reducir los costos, si se desea una solución aplicando MPLS sobre una VPN se tiene un acoplamiento perfecto para cualquier lugar en donde se implemente sin importar dispositivos, ya que el núcleo es independiente a las fronteras que van a conectarse siendo así flexible al momento de su implementación.

6.2 Escalabilidad

El ISP es el encargado de agregar nuevos dispositivos a la VPN para evitar procesos de configuraciones extras o volver a realizar todo el trabajo como sucede en *Frame Relay* o ATM que son tecnología que no son escalables al momento de agregar un nuevo nodo en la red. MPLS evita este tipo de riesgos garantizando así un acoplamiento del nuevo nodo a la red de una manera perfecta y rápida.

6.3 Accesibilidad

La aplicación de MPLS permite que a una VPN puedan acceder a cualquier estación o equipo remoto por medio de cualquier tipo de solución a tomar para el acceso y toma de credenciales como por ejemplo xDSL y *Wireless* para empresas pequeñas o PDAs, y en empresas con mayor extensión en su área tecnologías TDM por si se desean realizar limitaciones de acceso por parte de otros enlaces de la VPN.

6.4 Eficiencia

Se garantiza el uso adecuado de los recursos existentes de la red actual optimizándola añadiendo la funcionalidad de MPLS donde se garantiza ancho de banda, calidad de servicio y sin congestiones en el transporte de información privada.

El tratamiento de datos que son delicados para la empresa es apoyado por el fácil acceso a los recursos de la VPN, la diferencia si se trabajara con ATM o *Frame Relay* es que estas incluyen un costo por los protocolos que se introducen a diferencia de MPLS que trabaja con cualquier protocolo, este coste adicional desaparece haciendo una migración muy adecuada para la comunicación de alta velocidad que hoy en día es tan esencial en cualquier empresa.

El cliente mide la eficiencia de la red en base al tiempo de respuesta en que son tratadas sus solicitudes, MPLS es eficiente en todo sentido pero primordialmente en este aspecto porque su infraestructura permite un ágil acoplamiento así como un tratamiento especial para cada necesidad de aplicación solicitada.

6.5 Calidad de Servicio (QoS) y Clases de Servicio (CoS)

Enviar un correo electrónico para dar continuidad a tareas de trabajo ya no es eficiente, por lo que se creó la necesidad del acceso remoto, siendo una VPN la que da esta solución, para estos enlaces se debe de contar con criterios para el tratamiento de la información a transmitir que en su mayoría son *on-line* para realizar tareas necesarias que deben cubrirse en horas no laborales o situaciones de emergencia, las técnicas que agilizan los procesos al aplicar MPLS son las técnicas de QoS y CoS de la Ingeniería de Tráfico en donde los paquetes son encapsulados según su tipo de aplicación por lo que MPLS basa toda su tecnología de transporte de alta velocidad gracias a estas técnicas en el tratamiento de paquetes.

6.6 Administración

Toda administración y manejo de configuraciones es independiente del cliente y el único responsable es el ISP que presta el servicio desligando así tener que involucrar al cliente en ajustes o problemas que se presenten, los cuales son tratados directamente con el proveedor.

6.7 Monitoreo y SLAs

Así como en la administración el monitoreo y cumplimiento de los SLAs es responsabilidad del ISP, asegurando que el cliente tenga un servicio que cumpla con todos los criterios estipulados en los SLAs que se generaron al momento de realizar el contrato del servicio.

6.8 Fácil migración

El ISP es quien implementa, diseña y configura las topologías de transporte por lo que es el que tiene experiencia en estas tareas complejas y al momento de realizar la migración esto es un traslado automático para prestar el servicio inmediatamente, acoplando las necesidades de la red y que MPLS resuelve, siendo así una manera sencilla de realizar estos cambios para cualquier empresa, ya que se desliga de trabajos infraestructurales internos y únicamente se debe de entrar en contacto con el proveedor, para emprender el viaje a la nueva era tecnológica.

6.9 Seguridad

MPLS como se mencionó en el capítulo 4, para ofrecer seguridad se deben instalar dispositivos en las fronteras que analicen el tráfico y conexiones para encriptar los paquetes a transmitir, ya que MPLS únicamente se basa en el análisis de etiquetas más no así en el tratamiento de la información contenida en cada paquete por lo que la autenticación es vital en este proceso al implementarse MPLS sobre una VPN brindando así un más alto nivel de seguridad como por ejemplo utilizando IPSec para las credenciales propias de cada miembro de la VPN.

6.10 Bajo costo

El bajo costo de la implementación de MPLS se basa en la independencia de la infraestructura del cliente al ser un servicio proporcionado y administrado por el ISP, por lo que no se requiere de dispositivos adicionales manejados por el cliente para llegar a tener acceso a la VPN.

La integración de Ingeniería de Tráfico en las empresas es algo tan indispensable pero es cuestión de que los servicios requeridos por la empresa los preste el mismo ISP como lo es voz, datos y video que hoy en día existen muchos ISP que nos permiten tener este paquete y en la cual no se tienen que subcontratar distintos ISPs para cada necesidad, MPLS acopla un servicio con estas características donde no importa que tráfico sea se trata con criterios de segmentación y asignación a flujos de transporte de acuerdo al tipo de aplicación.

CONCLUSIONES

1. MPLS puede funcionar sobre cualquier tecnología de transporte, el cual hace posible a las empresas de una fácil migración.
2. MPLS se muestra como una arquitectura base para las nuevas aplicaciones de red, debido a la variedad presentada en los servicios que un cliente puede adquirir, ya que genera eficiencia en la utilización de los recursos.
3. MPLS brinda a los ISPs la posibilidad de ofrecer Calidad de Servicio (QoS) con base a Acuerdos de Nivel de Servicio (SLAs), garantizando la Ingeniería de Tráfico que en otras tecnologías de redes IP no es posible de garantizar de una forma fiable como en MPLS.
4. La implementación de Circuitos Virtuales sobre una red agiliza el tráfico de la misma, al contemplar el camino desde el inicio de la conexión entre origen y destino.
5. Lograr la oportunidad de rutear el tráfico a velocidades mayores así como solucionar el transporte de información es gracias a que el router de esta tecnología (LSR) es capaz de encaminar el paquete con base a la lectura de una etiqueta, hace el proceso más eficiente que la forma simple de ruteo como lo es el *hop by hop*.
6. Integrar un Circuito Virtual al núcleo MPLS conformado por LSRs hace una red capaz de lograr el transporte de información, optimizando la totalidad del ancho de banda.

RECOMENDACIONES

1. Al momento de realizar una migración si la red actual presenta congestión no hace falta realizar instalaciones de infraestructura adicionales, ya que MPLS tiene la habilidad de reaccionar ante esta situación, asegurando que el tráfico sea ruteado de la manera más eficiente posible y confiable, para garantizar la Ingeniería de Tráfico.
2. Es importante no realizar instalaciones para la separación de ruteo y control de las actualizaciones al protocolo, ya que en MPLS esto ya se realiza automáticamente, siendo la parte del ruteo la responsable de transportar el paquete con base en una tabla de ruteo y la parte de control es responsable de la generación y administración de dicha tabla, así como también, se trabaja con el control de nodos para repartir información de ruteo.
3. Dependiendo de las características de Ingeniería de Tráfico se pueden crear diferentes Circuitos Virtuales o LSPs (*Label Switch Paths*) para paquetes que tengan diferentes requerimientos de Calidad de Servicio (QoS).
4. La implementación de la tecnología MPLS se debe garantizar por un Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA) donde se debe especificar el nivel de procesamiento de datos, garantizado en la transmisión donde se confronten los principales problemas que presentan las redes actuales, los cuales son velocidad, escalabilidad, manejo de Calidad de Servicio (QoS) y lo relacionado con la Ingeniería de Tráfico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alarcón, Vicente. Introducción a Redes MPLS. México: El Cid *Editor*, 2007. 169 pp.
2. *Website* MPLS, <http://catarina.udlap.mx/udla/tales/documentos/lep/rubiosd/capitulo2.pdf> : septiembre 2009.
3. *Website* MPLS, <http://www.iec.org/online/tutorials/mpls/topic03.html> : septiembre 2009.
4. *Website* MPLS, <http://www.networkdictionary.com/protocols/ldp.php> : septiembre 2009.
5. *Website* MPLS, <http://www.ramonmillan.com/tutorialeshtml/mpls.htm> : octubre 2009.
6. *Website* MPLS, <http://es.wikipedia.org/wiki/MPLS> : septiembre 2009.
7. *Website* MPLS, http://arantxa.ii.uam.es/~ferreiro/sistel2008/practicas/Entregas_desarrollo/J8_desarrollo.pdf : junio 2009.
8. *Website* MPLS, <http://informatica.uv.es/doctorado/SST/docto-2-qos.ppt> : junio 2009.
9. *Website* MPLS FAQ, <http://www.mplsrc.com/mplsfaq.shtml> : abril 2009.

10. *Website* CISCO,
http://www.ciscosystems.co.nz/en/US/docs/ios/12_0st/12_0st10/feature/guide/10st_cos.html: noviembre 2008.
11. *Website* MPLS,
<http://www.juniper.net/techpubs/software/junos/junos80/swconfig80-cos/html/cos-mpls.html> : junio 2008.
12. *Website* MPLS,
<http://www.flukenetworks.com/FNet/es-es/findit?Document=2821099> : diciembre 2008.
15. *Website* Topologías de Red:
<http://www.angelfire.com/mi2/Redes/topologia.html> : junio 2008.
16. *Website* MPLS, <http://www.acens.com/pressroom/la-tecnologia-mpls-al-servicio-de-las-redes-privadas.html> : mayo 2009.
17. *Website* MPLS, http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0729104-25109//TESI.pdf : mayo 2007.
18. *Website* MPLS, <http://www.mplsrc.com/> : enero 2008.
19. *Website* MPLS, <http://www.danysoft.com/free/MPLS.pdf> : mayo 2007.
20. *Website* Teoría de Redes, http://fmc.axarnet.es/redes/indice_m.htm : mayo 2007.
21. *Website* MPLS, <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml> : mayo 2009.