

**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**  
**DOCTORADO**

**TESIS**

**PARÁMETROS DETERMINANTES DE LA CALIDAD DE SERVICIO,  
EN REDES TELEINFORMATICAS CORPORATIVAS IP/MPLS,  
PARA LA TRANSMISION DE DATOS Y SEÑALES ISOCRONAS**

Alumno: Maximiliano Cesar Augusto Fusario.

Director de Tesis: Patricia Crotti

Miembros del tribunal de Tesis: Dario Piccirilli, Claudio Freijedo, Romina De Franceschi

Fecha de defensa de la Tesis: 20/9/2022

*“La educación es lo que queda una vez que olvidamos todo lo que se aprendió en la escuela”.*

*(Albert Einstein)*

## Indice

Agradecimientos	5
Resumen	6
Palabras Claves	8
Introducción General	8
<b>Capítulo 1. Arquitectura de las redes IP/MPLS, características técnicas.</b>	<b>13</b>
Introducción.	13
1.1. La arquitectura TCP/IP y las redes teleinformáticas.	14
1.2. El funcionamiento del protocolo IP en la red Internet.	18
1.3. Enrutamiento de los datagramas IP.	21
1.4. Introducción a los protocolos ATM y MPLS.	26
1.5. Principio de funcionamiento de las redes ATM.	27
1.6. Estructura de las redes MPLS.	31
1.7. Funciones de la red a partir de las etiquetas MPLS.	30
1.8. Niveles de calidad de servicio en MPLS.	33
1.9. Arquitectura de las redes con tecnología IP/MPLS.	34
1.10. El MPLS y las redes Virtuales Privadas o VPN.	36
Conclusiones del capítulo 1.	39
<b>Capítulo 2. Calidad de servicios en redes corporativas IP/MPLS.</b>	<b>44</b>
Introducción.	43
2.1. Calidad de servicio best effort en redes IP.	45
2.2. Tipos de tráfico en la red.	45
2.3. Marcado del tráfico para la implementación de QoS	47
2.3.1. Marcado del tráfico en redes que operan con protocolo IEEE 802.1q.	47
2.3.2. Mapeo de la información de marcado de la capa dos a la capa tres.	50
2.3.3. Marcado de las prioridades de los paquetes en MPLS.	51
2.4. Métodos para el control de la calidad de servicio en una red con congestión.	52
2.5. Las redes globales IP/MPLS de las empresas de telecomunicaciones para la implementación de redes corporativas.	56
2.5.1. Introducción a las redes globales	56
2.5.2. Arquitectura de una red global de una empresa de telecomunicaciones.	57
2.5.3. Gestión de la red global.	61
2.5.4. Modalidades de acceso al servicio de una red global IP/MPLS	61
2.5.5. Calidad de servicio en una red IP/MPLS	67
2.5.5.1. Clases de Servicio	68
2.5.5.2. Implementación de QoS en una red IP/MPLS	69
2.5.5.3. Parámetros que definen la QoS de la red.	71
2.6. Calidad de servicio en una red especificadas a través del SLA.	80
Conclusiones del capítulo 2	83
<b>Capitulo 3. La encuesta a futuros profesionales de TIC</b>	<b>94</b>
Introducción	94

3.1. La encuesta y la hipótesis de la tesis.	95
3.1.1. Encuesta a estudiantes de la Carrera de Ingeniería de Sistemas.	95
3.1.2. La encuesta y su relación con la hipótesis de la tesis.	96
3.2. Realización de la encuesta	96
3.3. Análisis cuantitativo de las respuestas a la encuesta.	98
3.4. Resultados obtenidos en la encuesta para las preguntas 1 a 7.	99
3.4.1. Pregunta N°1, relativa a la capacitación de los estudiantes respecto a la calidad de servicios de las redes.	99
3.4.2. Pregunta N°2, relativa a las características técnicas de las redes IP/MPLS.	100
3.4.3. Pregunta N°3, relativa a los servicios brindados por las redes teleinformáticas.	101
3.4.4. Pregunta N°4, relativa a los costos de los abonos mensuales en función de la calidad de servicio contratada.	102
3.4.5. Pregunta N°5, relativa a los parámetros principales correspondientes a la calidad de servicio de las redes incorporados al SLA contractual.	103
3.4.6. Pregunta N°6, relativa a la relación entre la calidad de servicio de la red y la performance de las aplicaciones.	105
3.4.7. Pregunta N°7, relativa a los parámetros secundarios subsumidos en los parámetros principales de la calidad de servicio.	106
Conclusiones del capítulo 3	108
<b>Conclusiones finales.</b>	<b>111</b>
<b>Anexo I: Clausulas particulares y acuerdo de servicio en un pliego de licitación para la implementación de una red Corporativa IP/MPLS.</b>	<b>124</b>
<b>Referencias bibliográficas.</b>	<b>138</b>
<b>Tabla de Acrónimos.</b>	<b>141</b>

## **Agradecimientos**

*A la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires por brindarme la oportunidad de culminar mi carrera profesional y docente con la participación en el Doctorado.*

*A la Dra. María Teresa Casparri que con entusiasmo y dedicación conduce la Secretaría de Doctorado y Posdoctorado de la Facultad, alentando permanentemente a los doctorandos.*

*A mi Directora de Tesis Dra. Patricia Susana Crotti por sus valiosos consejos y recomendaciones, sin los cuales, no habría culminado el trabajo de Tesis.*

*A los estudiantes que completaron la encuesta, pertenecientes a las carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, futuros profesionales de TIC, por su valiosa colaboración.*

*Maximiliano Cesar Augusto Fusario*

## Resumen y Palabras claves

La informática y las telecomunicaciones son dos especialidades que han experimentado la evolución más vertiginosa en las últimas cuatro décadas. Desde la década de los 80, en el siglo pasado, tuvieron avances constantes en ambas áreas que persisten aun en la actualidad.

A la informática y a las comunicaciones se sumó la tecnología emergente de los sistemas de control, es así, como el concepto de Industria 4.0 o industria inteligente, que se caracteriza por la integración de la informática, las redes de comunicaciones, especialmente Internet, y los sistemas de control automático, dio lugar a IoT<sup>1</sup> (Internet de las Cosas). De esta forma se produce la conexión horizontal de los procesos de fabricación y la comunicación vertical de los sistemas ciber - físicos con los sistemas de planificación y control de la producción.

Las tecnologías emergentes que impulsan a la industria 4.0 son las siguientes: Internet de las Cosas (IoT), Big Data<sup>2</sup> y Cloud Computing<sup>3</sup>.

Dichas tecnologías tienen un elemento común e imprescindible para su funcionamiento que son las redes corporativas y la calidad de servicio. Sobre este último tema trata el presente trabajo de investigación.

Al respecto Tanenbaum (2003) agrega:

Cada uno de los tres últimos siglos fue dominado por una tecnología. El siglo XVIII fue la era de los grandes sistemas mecánicos que acompañaron la Revolución Industrial. El siglo XIX fue la edad de la máquina de vapor. Durante el siglo XX la tecnología clave fue la obtención, el procesamiento y la distribución de la información. Entre otros acontecimientos, vimos la instalación de redes mundiales de telefonía, la invención de la radio y la televisión, el nacimiento y crecimiento sin precedentes de la industria de la computación, así como el lanzamiento de satélites de comunicaciones (pag.1).

---

<sup>1</sup> IoT: Internet of Things

<sup>2</sup> BIG DATA: es el proceso de recolección de grandes cantidades de datos y su inmediato análisis para encontrar información oculta, patrones recurrentes, nuevas correlaciones, etc.

<sup>3</sup> CLOUD COMPUTING: conocida también como servicios en la nube, es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de una red, que usualmente es Internet.

Entre las tecnologías emergentes en el campo de las telecomunicaciones y redes móviles sobresale la tecnología 5G<sup>4</sup>. La tecnología 5G, se destaca por incorporar innovaciones técnicas y operativas significativas respecto a la tecnología actual 4G en lo concerniente a las prestaciones de acceso a la red Internet, como ser: incremento de la velocidad de transmisión de datos, reducción de la latencia (demora en la transmisión de datos desde la fuente al receptor final) y aumento de la cantidad de dispositivos conectados simultáneamente a la red. 5G constituye, sin lugar a duda la tecnología emergente más importante en el campo de las comunicaciones por internet sin cable. No obstante, el amplio espectro que abarcan las redes de telecomunicaciones, en este trabajo de investigación, centraremos el análisis en redes alámbricas<sup>5</sup> que operan con tecnología IP/MPLS<sup>6</sup>, para conectar redes LAN<sup>7</sup> Ethernet.

Al respecto, Huidobro Moya (2006), agrega:

La historia de Ethernet comienza en 1970, en base a los experimentos de Robert Metcalfe con la recién estrenada red ARPANET<sup>8</sup> y la introducción de mejoras en el protocolo ALOHA que se utilizaba para la transmisión por radio entre diversas islas de Hawai para aumentar su rendimiento. (p.237)

Asociado con la conectividad, de por sí imprescindible, la tecnología IP/MPLS cuenta con parámetros de calidad de servicio (QoS)<sup>9</sup>, diferentes para cada enlace y aplicación, que aseguren su funcionamiento y eficiencia. Estos parámetros permiten la operatoria de los sistemas informáticos y de los demás servicios que se brindan a través de la red, para la transmisión de datos y señales isócronas<sup>10</sup>, como por ejemplo videoconferencias, programas de radio, televisión en línea, aplicaciones institucionales, VOIP<sup>11</sup>, aplicaciones multimediales, etc.

Se estudiarán las principales características técnicas y el alcance de los parámetros determinantes que definen la calidad de servicio que se deberían incluir en los contratos a celebrar con las empresas de telecomunicaciones para la implementación de redes corporativas<sup>12</sup>. Para optimizar los costos de las comunicaciones y obtener el máximo

---

<sup>4</sup> 5G: Quinta Generación en redes móviles

<sup>5</sup> REDES ALAMBRICAS: Redes cuyos enlaces están constituidos por cables, mayormente fibra óptica.

<sup>6</sup> IP/MPLS: Internet Protocol/ Multiple Protocol Label switching.

<sup>7</sup> LAN: Local Area Networks.

<sup>8</sup> ARPANET: Advanced Research Projects Agency Network.

<sup>9</sup> QoS: Quality of Service

<sup>10</sup> SEÑALES ISOCRONAS: Señales que dependen del tiempo como la voz y el video.

<sup>11</sup> VoIP: Voz sobre IP

<sup>12</sup> REDES CORPORATIVAS: Vinculan dependencias de una empresa u organismo a través de las redes IP/MPLS pertenecientes a las empresas de telecomunicaciones.

beneficio en la contratación de los enlaces, es necesario definir los servicios y aplicaciones que harán uso de los mismos, a efectos de no sobredimensionar el ancho de banda y la calidad de servicio requerida.

Es por ello que se deben determinar los factores mas relevantes que definen la calidad de servicio que se requiere en las redes con la tecnología emergente IP/MPLS, a efectos de satisfacer las necesidades de las organizaciones y empresas, que posibiliten la transmisión eficaz de las aplicaciones isócronas y de datos, especialmente las de misión crítica<sup>13</sup>.

Con respecto a las tecnologías emergentes de comunicaciones Uyles Black (2003) afirma:

Las tecnologías emergentes se han diseñado para ofrecer alto rendimiento, con velocidades de transmisión muy altas y con retardos muy bajos. Efectivamente, los estándares integrados, con alto rendimiento y bajo retardo, son las piedras angulares de estas tecnologías” (p.4).

**Palabras Claves:** red corporativa, calidad de servicio, red Internet, señales isócronas, MPLS.

## **Introducción General**

Para la selección del tema de tesis se tuvo en consideración los siguientes aspectos determinantes:

La gravitación predominante que tienen las redes corporativas y la calidad de servicios de las mismas, para las empresas y organismos en relación al funcionamiento de los sistemas institucionales de misión crítica, como así también, en la transmisión de datos y señales isócronas.

Mi actividad profesional a cargo del área de Control de Calidad de las redes teleinformáticas en el Consejo de la Magistratura, dependiente del Poder Judicial de la Nación. Asimismo, mi actividad docente en la Catedra de Tecnología de Comunicaciones, de la Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas. Como así también, en la Cátedra de Redes de Información en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.

---

<sup>13</sup> APLICACIONES DE MISIÓN CRÍTICA: Son aplicaciones que posibilitan la operatoria de la empresa u organismo, sin las cuales se afecta dicho funcionamiento.

Para analizar los factores determinantes que afectan la problemática de la calidad de servicio en las redes corporativas IP/MPLS y su influencia en el rendimiento y performance de las aplicaciones de misión crítica y/o de la transmisión de señales isócronas se efectuará una encuesta, detallada en el capítulo 3, en la cual se evaluará la opinión técnica de estudiantes universitarios de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.

Resulta relevante analizar los factores inherentes a la calidad de servicios de una red corporativa IP/MPLS que afectan principalmente a la performance de las aplicaciones ,en función de la opinión técnica de los futuros profesionales de TICs, dado que éstos probablemente se ocuparán en el futuro de tareas tales como: desarrollo de aplicaciones informáticas, administración de redes, dirección de las áreas de sistemas tanto en organismos estatales como empresas, consultorías, licitación para la provisión de redes, como así también, el control de la calidad de servicios, aplicación de penalidades por incumplimientos y el mantenimiento preventivo y correctivo de las redes.

Las especificaciones técnicas de la contratación de los servicios de telecomunicaciones de una red corporativa se detallan en el acuerdo de servicios (SLA)<sup>14</sup>, incluido en el contrato, que en muchos casos no resulta coincidente con los servicios efectivamente contratados. Por lo cual, por ejemplo no alcanza solo con definir la velocidad máxima de transmisión del enlace o ancho de banda, dado que se pueden plantear, entre otras, las siguientes preguntas: ¿Qué pasa si se corta el servicio? ¿En cuánto tiempo debe brindar una respuesta el proveedor? ¿Si el proveedor no cumple con el acuerdo de servicio contratado, qué protección tiene el usuario? ¿Qué tipo de multas se puede aplicar al proveedor por incumplimiento del SLA? ¿Qué servicios o aplicación está afectada en su performance por incumplimiento de la calidad de servicio por parte de la empresa de telecomunicaciones?

Por otra parte, una vez contratados los enlaces corporativos a una compañía de telecomunicaciones que permite interconectar las diferentes dependencias de una empresa u organismo, existen diversos parámetros de la calidad de servicio, que deben tenerse en cuenta entre los cuales se destacan: la demora en la transmisión y la pérdida de paquetes de datos, ambos pueden generar una baja performance del servicio y/o aplicación. La gestión

---

<sup>14</sup> SLA: Service Level Agreement.

de estos parámetros tiene directa incidencia sobre los costos y la calidad del servicio brindada por la red del proveedor.

La calidad de servicios (QoS) especificada en los contratos a través del SLA celebrado entre la empresa de telecomunicaciones y el usuario define el nivel de servicios requeridos por estos y acordado por la empresa para cada enlace de la red corporativa, como así también el costo final mensual de la red. La sumatoria de los costos (abono) individuales mensuales de cada enlace constituye el abono mensual de la red.

Si bien, se han efectuado numerosas encuestas a usuarios y profesionales a cargo del área de sistemas que poseen redes corporativas, las mismas, tienden a reflejar la percepción subjetiva que dichos actores tienen respecto de este sistema debido a las experiencias personales o ajenas, exitosas o no, y no están basadas en un análisis profesional fundado en los factores técnicos determinantes que efectivamente condicionan la calidad de servicios de la red.

En este trabajo de investigación dichos factores serán evaluados por estudiantes (futuros profesionales de TICs), siendo este un aporte original al desarrollo de la temática en cuestión.

En consecuencia, el trabajo de tesis posibilitará identificar, desde la óptica de futuros profesionales de TICs, los factores determinantes que afectan la calidad de servicio en una red corporativa con tecnología IP/MPLS, como así también, aquellos factores que son subsumidos por los primeros.

Por otro lado, definir desde un punto de vista profesional dichos factores será la base para investigaciones futuras, las cuales, en función de las tecnologías emergentes que surjan en el ámbito de las redes como podría ser la tecnología 5G, propongan nuevas estrategias destinadas a controlar la calidad de servicios y su efecto en el funcionamiento de las aplicaciones y servicios que se proporcionan a través de la red.

Al efecto, debemos plantearnos la siguiente pregunta problematizante principal:

¿Cuáles son los factores determinantes, que plantea el uso de la tecnología IP/MPLS en las redes corporativas, en relación a la calidad de servicio, y que efectos causan en el desempeño de las aplicaciones de misión crítica, el costo del abono y la transmisión de señales isócronas?

Por otro lado, derivadas de esta pregunta surgen los siguientes interrogantes complementarios:

¿Como implementar en una red corporativa, con tecnología IP/MPLS, la calidad de servicios para las aplicaciones de misión crítica y la transmisión de señales isócronas?

¿Qué factores inciden en el abono mensual de los enlaces en una red corporativa de una empresa u organismo, además del ancho de banda del enlace?

¿Cuáles son los parámetros principales o determinantes que inciden en la calidad de servicio de una red IP/MPLS que afectan directamente la performance de las aplicaciones y que se incluyen en los SLA de los contratos y cuales no deberían incluirse entre los determinantes por estar subsumidos por estos últimos?

¿Qué acciones se deberían llevar a cabo en relación con los parámetros inherentes a la calidad de servicio de una red IP/MPLS para generar un requerimiento menor del ancho de banda y un incremento en la velocidad de respuesta de las aplicaciones?

Como hipótesis principal se espera que, según la opinión técnica de los estudiantes futuros profesionales de TIC, los factores determinantes relativos a la calidad de servicio de una red IP/MPLS que afectan la performance de las aplicaciones de misión crítica y la transmisión de señales isócronas de instituciones y/o empresas sean: la pérdida de paquetes, la demora en el traslado de los paquetes, la variación de la demora, el ancho de banda del enlace y la disponibilidad de la red.

Por otro lado, las hipótesis específicas colaborativas de la principal son las siguientes:

La metodología a emplear para implementar la calidad de servicios en una red corporativa es mediante la utilización de la tecnología IP/MPLS, como arquitectura de la red, y la imposición en el SLA contractual con la empresa de telecomunicaciones de los parámetros de calidad de servicios adecuados para el tipo de tráfico a transitar por la red.

El abono mensual de cada enlace de la red estará definido por el ancho de banda, la pérdida de paquetes, la demora, el jitter<sup>15</sup> y la disponibilidad del enlace.

Las acciones que deberían implementarse para lograr un ancho de banda óptimo del enlace y una velocidad de respuesta interactiva para las aplicaciones se basan en la configuración, de cada uno de los parámetros que definen la calidad de servicios de los enlaces conforme

---

<sup>15</sup> JITTER: Variación en la demora de arribo de los paquetes al nodo receptor.

al tipo de tráfico que se cursara por el enlace (datos críticos, servicios multimediales y navegación por Internet).

Para la investigación se desarrollará estadística descriptiva con la elaboración de gráficos, dado que estos se obtienen a partir del estudio prospectivo. Respecto al método estadístico Orellana (2001) agrega:

La ventaja de los métodos estadísticos es que aplicados sobre datos obtenidos a partir de muestras aleatorias permiten cuantificar el error que podemos cometer en nuestra estimación (pag.2)

Como afirma Hurtado & Toro (2001) la investigación cuantitativa que llevaremos adelante tiene una concepción lineal es decir que existe claridad entre los elementos que conforman el problema.

La calidad de servicio en las redes de datos es un concepto que se manifestó con mayor preponderancia en el siglo XXI, cuando se puso de manifiesto la necesidad de transmitir aplicaciones multimediales, las cuales, requieren de mayor ancho de banda y retardos menores y por lo tanto dieron lugar a cambios de tecnología en las redes de datos.

Se abandono la transmisión de datos a través de modems de rango de voz, y para aprovechar los enlaces telefónicos analógicos se implementó la tecnología ADSL<sup>16</sup>. Por otro lado, la red de datos de los años 90 como fue la red X.25, quedo obsoleta y se paso a las redes Frame Relay<sup>17</sup> que también al poco tiempo no pudo satisfacer las nuevas velocidades de transmisión y la calidad de servicio requeridas por las aplicaciones multimediales.

Al respecto Stalling (2002) nos dice:

Entre las aplicaciones elásticas se encuentran aplicaciones comunes basadas en Internet, como la transferencia de archivos, correo electrónico, conexión remota, gestión de red, y acceso a la web...por ello, incluso si centramos nuestra atención en el tráfico elástico<sup>18</sup>, seria beneficioso disponer de un servicio de interredes basado en calidad de servicio. Sin dicho servicio, los encaminadores (routers) gestionan a ciegas los paquetes IP entrantes, sin importarles el tipo de aplicaciones ni si un paquete forma parte de una transferencia grande o de una pequeña. En tales circunstancias, si se produce la congestión, es improbable que se asignen los recursos

---

<sup>16</sup> ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

<sup>17</sup> FRAME RELAY: Retransmision de tramas.

<sup>18</sup> TRAFICO ELASTICO: Es el tráfico que no requiere un tasa de transmisión constante.

de modo que se satisfagan con justicia las necesidades de todas las aplicaciones. Cuando se incorpora el tráfico no elástico, las cosas son aún más insatisfactorias (pag.17).

## **Capítulo 1. Arquitectura de las redes IP/MPLS, características técnicas.**

### **Introducción**

Las redes corporativas actuales tienen una arquitectura basada en el empleo de la familia de protocolos TCP/IP<sup>19</sup> y MPLS<sup>20</sup>. El protocolo ruteable<sup>21</sup> IP se caracteriza por ser un protocolo no orientado a conexión<sup>22</sup> y no disponer de calidad de servicio. Mientras que el MPLS es un protocolo con calidad de servicio.

Los protocolos que tienen calidad de servicio realizan todas o algunas de las siguientes acciones que conforman un tratamiento confiable de los paquetes transmitidos: control de errores, control de flujo, control de congestión, secuenciación de los paquetes y administración del ancho de banda.

Con respecto al protocolo IP (Castro & Fusario, 2015) dicen:

El servicio IP se conoce como no confiable porque la entrega no está garantizada. Los datagramas se pueden perder, duplicar, retrasar o entregar sin orden, pero el servicio IP no detectará estas condiciones ni informará al emisor o al receptor. (pag.766).

El MPLS fue una consecuencia final del proceso de integración entre el protocolo IP y el ATM<sup>23</sup>. Este último, brinda una plataforma de comunicaciones con calidad de servicio y de muy alta capacidad. Ante esta situación las empresas de telecomunicaciones intentaron integrar ambos mundos, el de IP sin calidad de servicio y poco confiable con el de ATM muchos más confiable y rápido.

Se trató de combinar ambos mundos el de IP que se caracteriza por una entrega no garantizada de los datagramas y el de MPLS que garantiza la entrega y además brinda el camino más adecuado para los datagramas de un dado flujo, según la característica distintiva del mismo.

---

<sup>19</sup> TCP/IP: Transmission Control Protocol / Internet Protocol

<sup>20</sup> MPLS: Multiple Protocols Label Switching.

<sup>21</sup> PROTOCOLO RUTEABLE: Los paquetes generados por un protocolo ruteable pueden pasar de red en red, como es el caso del datagrama IP.

<sup>22</sup> ORIENTADO A LA CONEXIÓN: Son los protocolos que previo al pasaje de la información establecen la conexión con el otro extremo del enlace.

<sup>23</sup> ATM : Asynchronous Transfer Mode.

El MPLS además de garantizar la entrega de los datagramas IP, permite brindar calidad de servicio a la transferencia de datagramas IP, para ello dispone de las facilidades que ofrece el protocolo ATM, el cual, a través de su capa AAL<sup>24</sup> ofrece cuatro tipos diferentes de servicios.

### **1.1. La arquitectura TCP/IP y las redes teleinformáticas.**

La arquitectura TCP/IP fue uno de los factores determinantes para la conexión en red de las computadoras, las cuales hasta la década de los 80, operaban en forma autónoma.

Con referencia a estas últimas, Tanenbaum, (2003) agrega:

Los sistemas operativos actuales se diseñaron para computadoras autónomas. Las redes aparecieron después y por lo general se tiene acceso a ellas por medio de programas especiales, como navegadores web, protocolos FTP<sup>25</sup> o Telnet<sup>26</sup>. En el futuro, es probable que las redes sean la base de todos los sistemas operativos. Una computadora autónoma sin conexión a redes será tan rara como un teléfono sin conexión a la red. Y es probable que las conexiones de varios megabits por segundo sean la regla (pag.895).

La aparición del protocolo TCP/IP está relacionada en principio con la evolución de la red DARPA<sup>27</sup>. A finales de la década de 1960 la Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación del Departamento de Defensa de los EEUU comenzó una asociación con universidades y otros organismos de investigación para desarrollar el área de transmisión de datos y una red propia para controlar el avance de los proyectos de investigación asignados a la agencia.

Esto dio como resultado la creación de la red ARPANET que conectaba tres universidades, dos en California y una en Utah. En 1974 Vinton G. Cerf y Robert E. Kahn propusieron, a requerimiento del Ministerio de Defensa de EEUU, un nuevo conjunto de protocolos que fueron la base del IP<sup>28</sup> y TCP<sup>29</sup>.

En 1978 se realizó una prueba piloto con los nuevos protocolos, mediante una transmisión desde la autopista 101 en California, utilizando radio paquetes para conectarse a un nodo internacional, cruzando el continente mediante ARPANET, y después a través de una red satelital a un host ubicado en Londres.

A principios de 1980 se modificó el protocolo que poseía desde su origen la red ARPANET y se instaló en su lugar el TCP/IP diseñado por Vinton G. Cerf y Robert E. Kahn. No

---

<sup>24</sup> AAL: Adaptation ATM Level.

<sup>25</sup> FTP: File Transfer Protocol.

<sup>26</sup> TELNET: Telecommunication Network. Protocolo de red que permite acceder a otra máquina para manejarla remotamente

<sup>27</sup> Red DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency (Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa)

<sup>28</sup> IP: Internet Protocol.

<sup>29</sup> TCP: Transmission Control Protocol.

obstante, recién en 1983 el Departamento de Defensa adoptó el protocolo TCP / IP para la red que ya contaba con aproximadamente 300 nodos.

Una de las principales premisas que tuvieron en cuenta los diseñadores del TCP/IP fue la operatividad de la red aun ante la caída de varios nodos, dado que el gobierno de EEUU suponía que ante un ataque soviético necesitaban una red que siguiera funcionando independientemente de cuantos nodos estuvieran caídos. Recordemos que esta red se diseñó en plena época de la guerra fría entre EEUU y la Unión Soviética.

Este requerimiento dio como resultado el paradigma característico de funcionamiento de TCP/IP el modo datagrama, que a diferencia del modo por circuitos virtuales, encamina los paquetes denominados datagramas IP sin utilizar circuitos virtuales preestablecidos, sino que, cada vez que un datagrama acceden a un router<sup>30</sup> se lo encamina de acuerdo a lo que indique la tabla de enrutamiento del dispositivo en ese momento, cabe aclarar que dicha tabla es dinámica, adaptándose a las modificaciones que ocurran en la red, por ejemplo la caída de nodos y/o enlaces.

El modo de funcionamiento datagrama se diferencia del denominado circuitos virtuales básicamente porque cada datagrama que sale de la fuente no tiene una ruta virtual estática sino que a la salida de cada nodo de conmutación o router el protocolo IP decide cual es la interfase de salida mas adecuada según el algoritmo de enrutamiento utilizado en el router.

De esta forma un flujo de datagramas proveniente de la misma fuente puede generar datagramas que circulen por diferentes circuitos virtuales hasta llegar al nodo receptor. Esto por supuesto origina que los datagramas lleguen con una secuencia diferente respecto a la original de salida del nodo fuente.

En consecuencia, las redes IP no mantienen el secuenciamiento de los datagramas, según se originaron en el nodo fuente, tampoco recupera errores, ni datagramas perdidos, no controla el congestionamiento, ni el flujo, en resumen: no tiene calidad de servicio, no es orientado a conexión y por lo tanto no es confiable.

La Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2022) en Comunicaciones en Redes, publico: Un protocolo orientado a la conexión identifica el flujo de tráfico con un identificador de conexión en lugar de utilizar explícitamente las direcciones de la fuente y el destino. Típicamente, el identificador de conexión es un escalar (por ejemplo en Frame Relay son 10 bits y en Asynchronous Transfer Mode 24 bits). Esto

---

<sup>30</sup> ROUTER: Enrutador que encamina los datagramas según la dirección IP de destino de los mismos.

hace a los conmutadores de red substancialmente más rápidos (las tablas de encaminamiento son más sencillas, y es más fácil construir el hardware de los conmutadores). El impacto es tan grande, que protocolos típicamente no orientados a la conexión, tal como el tráfico de IP, utilizan prefijos orientados a la conexión (por ejemplo IPv6 incorpora el campo "etiqueta de flujo"). Se dice que un servicio de comunicación entre dos entidades es orientado a conexión cuando antes de iniciar la comunicación se verifican determinados datos (disponibilidad, alcance, etc.) entre estas entidades y se negocian unas credenciales para hacer esta conexión más segura y eficiente. Este tipo de conexiones suponen mayor carga de trabajo a una red (y tal vez retardo) pero aportan la eficiencia y fiabilidad necesaria a las comunicaciones que la requieran. Algunos protocolos orientados a la conexión son Transmission Control Protocol, Frame Relay y Asynchronous Transfer Mode.

Protocolo no orientado a la conexión:

En telecomunicaciones, no orientado a la conexión significa una comunicación entre dos puntos finales de una red en los que un mensaje puede ser enviado desde un punto final a otro sin acuerdo previo. El dispositivo en un extremo de la comunicación transmite los datos al otro, sin tener que asegurarse de que el receptor esté disponible y listo para recibir los datos. El emisor simplemente envía un mensaje dirigido al receptor. Cuando se utiliza esta forma de comunicación son más frecuentes los problemas de transmisión que con los protocolos orientado a la conexión y puede ser necesario reenviar varias veces los datos. Los protocolos no orientados a la conexión son a menudo rechazados por los administradores de redes que utilizan cortafuegos porque los paquetes maliciosos son más difíciles de filtrar. El protocolo IP y el protocolo UDP son protocolos no orientados a la conexión, pero TCP es un protocolo orientado a la conexión. Los protocolos no orientados a la conexión son descritos generalmente como sin estado porque los puntos finales no guardan información para recordar una "conversación" de cambios de mensajes. La alternativa al enfoque no orientado a la conexión es utilizar protocolos orientados a la conexión, que son descritos a veces como con estado porque pueden seguir una conversación. Recuperado de: <http://www.cidcame.uaeh.edu.mx/>.

Por otro lado, cabe preguntarse ¿cómo es posible que un protocolo de comunicaciones diseñado en la década de 1970 esté vigente y operando casi cincuenta años después? Para

responder a esta pregunta podemos analizar los siguientes factores que determinaron el éxito del TCP/IP:

- El TCP/IP es un protocolo independiente del hardware y de los sistemas operativos.
- No se encuentra afectado por la tecnología de los enlaces de datos.
- Soporta alta tasa de error de la red.
- Tiene capacidad de encaminamiento adaptivo.
- Genera redes “Planas” en las cuales el alta o baja de los nodos no afecta al resto de las redes.
- Fue impulsado originariamente por el DoD<sup>31</sup> que le dio soporte económico a su desarrollo y mantenimiento posterior.

En la figura se puede apreciar la arquitectura de la familia TCP/IP, la cual, tiene cuatro niveles o capas: la capa de aplicación, la de transporte, la de red o internet<sup>32</sup> y por último la capa denominada interfase de red.

Además, en dicha figura se puede apreciar el modelo TCP/IP y su comparación con el modelo OSI<sup>33</sup>. La capa de aplicación del modelo TCP/IP comprende las tres capas superiores del modelo OSI: aplicación, presentación y sesión.

Las capas de transporte y de red se corresponden en ambos modelos, aunque en el TCP/IP la capa de red se denomina internet. Por último, las capas de enlace y físico del modelo OSI es una sola en TCP/IP y se denomina interfase de red.

Con respecto al modelo OSI, Tomasi, (1996) nos dice:

Esta jerarquía fue desarrollada para facilitar las intercomunicaciones del equipo para el procesamiento de datos al separar las responsabilidades de la red en siete capas diferentes. El concepto básico de las responsabilidades de cada capa es que individualmente agregan valor a los servicios proporcionados por los conjuntos de capas inferiores. De esta manera para el nivel mas alto se ofrecerá el conjunto completo de los servicios necesarios para correr una aplicación de datos distribuida (pag. 558).

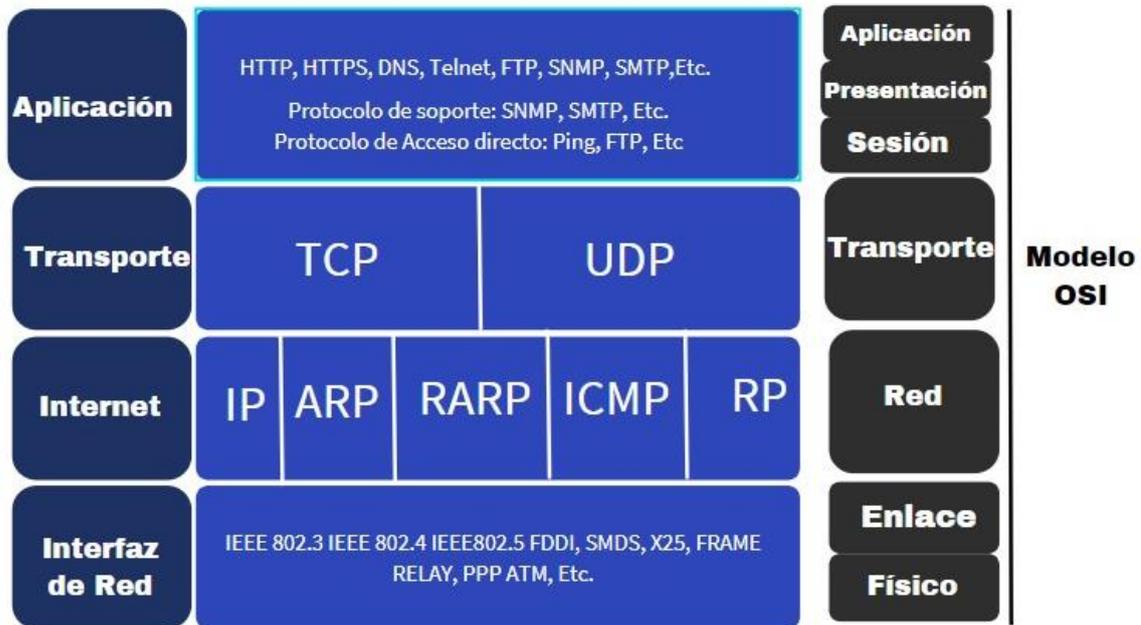
---

<sup>31</sup> DoD: Department of Defence. Departamento de Defensa de EEUU.

<sup>32</sup> INTERNET: No se refiere a la red Internet sino a “conexión entre redes”.

<sup>33</sup> OSI: Open System Interconnection

# Arquitectura TCP/IP



**Figura 1: Arquitectura TCP/IP**

**Fuente: Propia.**

## 1.2. El funcionamiento del protocolo IP en la red Internet.

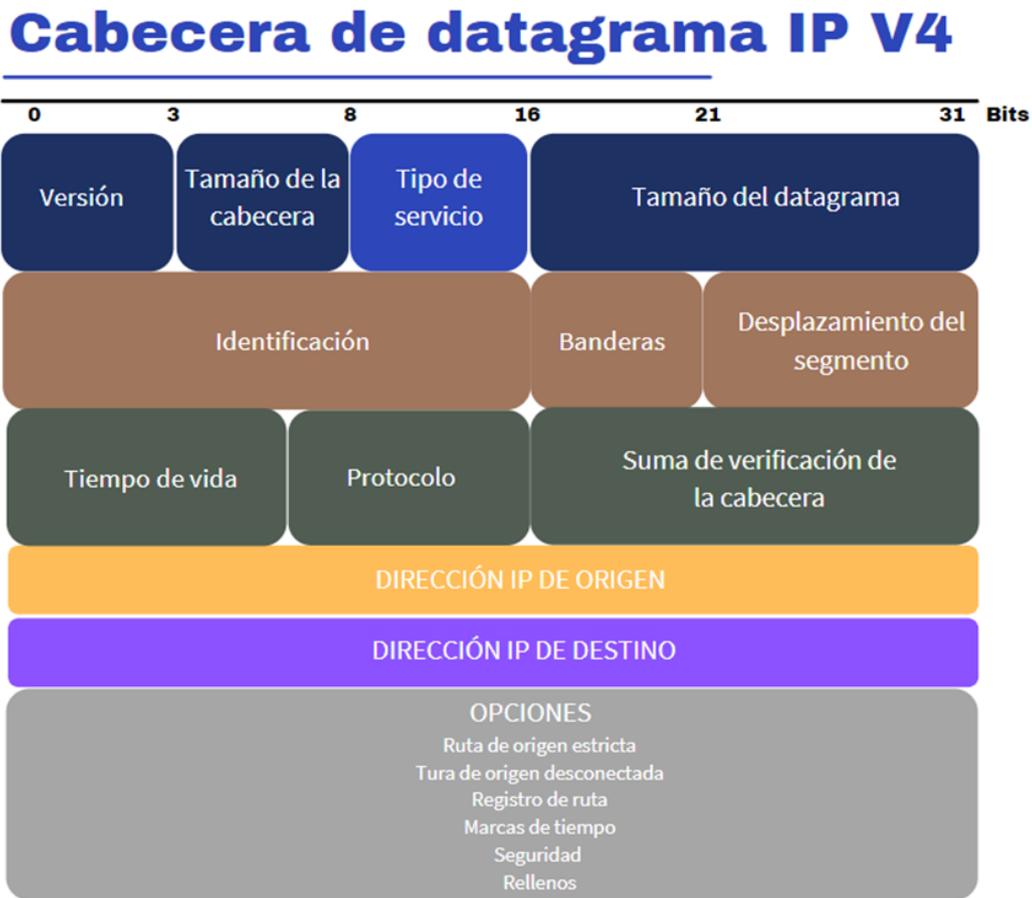
El protocolo IP juntamente con el TCP constituyen el núcleo fundamental de la familia TCP/IP y en consecuencia de la red Internet, al respecto Lew (1998) afirma:

El IP es un protocolo de la capa de red (Capa 3) que tiene información de direccionamiento e información de control que permite el ruteo de paquetes...tiene dos responsabilidades principales: ofrecer la entrega de datagramas basada en el mejor esfuerzo y sin conexión a través de una red; y ofrecer la fragmentación y el reensamblado de datagramas para soportar los enlaces de datos don tamaños diferentes de las MTU (Unidades de Transmision Maxima), (p.366).

Como se mencionó anteriormente la red basada en el protocolo IP no tiene calidad de servicio, se la conoce también como best effort en inglés y la traducción más apropiada es la que la red hace el esfuerzo que está a su alcance para brindar el mejor servicio.

No obstante, en la práctica no brinda calidad de servicio alguna, como se detalló anteriormente.

En la cabecera del datagrama IP existe un campo denominado TOS<sup>34</sup> (tipo de servicio), según se puede apreciar en la figura 2. En dicho campo se puede especificar el tipo de servicio que se necesita para transmitir adecuadamente el datagrama.



## Campo Tipo de servicio



**PRIORIDAD: 0 NORMAL... 7 ALTA**  
**D: Solicita mínimo RETARDO**  
**T: Solicita la máxima capacidad de transmisión.**  
**R: Solicita el canal de máxima Confiabilidad**  
**C: Costo**

**Figura 2: Cabecera del datagrama IP y campo tipo de servicio**

**Fuente: Propia.**

<sup>34</sup> ToS: Type of Service.

No obstante, la indicación del tipo de servicio que se requiere para el datagrama IP no puede concretarse por parte del IP ni de los routers dado que estos enrutan el tráfico según los protocolos de enrutamiento que no toman en cuenta el campo ToS. Cuando los datagramas circulan en una red ATM esta si tiene calidad de servicios a través de la capa AAL no obstante, no es posible indicarle, a dicha red como tratar o administrar el flujo de datagramas IP de una dada aplicación. Todo pasa como si no hubiera comunicación entre el IP y el ATM.

Es por ello que se emplea el protocolo MPLS, para aprovechar las ventajas de la red ATM en lo concerniente a brindar diferentes tipos de servicios, de esta forma se crean caminos virtuales o circuitos virtuales que permiten satisfacer esa necesidad de servicios especiales para determinados flujos de datagramas IP. En consecuencia, el MPLS interprete dicho requerimiento y lo materialice en la red a través del soporte que al efecto que brinda el ATM.

El campo ToS, en su versión original estaba compuesto por 8 bits, de los cuales los tres primeros determinan la prioridad que tiene el datagrama IP (000 indica mínima prioridad y 111 la más alta), el bit “D” (Delay) cuando está activado (es uno) significa que el datagrama debería direccionarse por el camino de menor demora, el bit “T” (Throughput)<sup>35</sup> cuando está activado significa que el datagrama debe ir por el camino de mayor ancho de banda.

Por otro lado, el bit “R” (Reliability<sup>36</sup>) activado implica que el datagrama debe transmitirse por el camino más confiable y por último el bit “C” (Cost) activado implica que el datagrama debe ir por el camino de menor costo. Cabe aclarar que solo uno de estos bits o flags puede estar activado. El campo denominada TOS no es tenido en cuenta al desarrollar las tablas de enrutamiento que manejan los routers para encaminar el datagrama IP. Al respecto Ford, Lew, Spanier, & Stevenson, (1998) nos dicen:

Los protocolos de ruteo IP son dinámicos. En el ruteo dinámico, las rutas se calculan dinámicamente a intervalos regulares a través de software incluido en los dispositivos de ruteo. Esto contrasta con el ruteo estático, donde los ruteadores son establecidos por el administrador de la red y no cambian sino hasta que el administrador de la red los modifica. Para hacer posible el ruteo dinámico, se utiliza una tabla de ruteo IP, formada por pares de dirección destino/salto siguiente (pag.378).

No obstante, este esquema ha quedado obsoleto y actualmente ha sido reemplazado por el DiffServ, denominado DSCP<sup>37</sup>, en este nuevo esquema, que se detallará en el capítulo 2, se convierten los tres bits de prioridad arriba indicados en 6 bits que explicitan el tipo de

---

<sup>35</sup> THROUGHPUT: Capacidad de un enlace de transmitir datos.

<sup>36</sup> RELIABILITY: Confiabilidad del enlace.

<sup>37</sup> DSCP: Differentiated Services Field Codepoints

servicio requerido para el datagrama y los dos últimos bits se emplean para indicar congestión (Explicit congestión Notification).

El campo tipo de servicio esta insertado en la primera palabra de 32 bits de la cabecera del datagrama IP, otros campos de dicha palabra son la versión del datagrama, la cual puede ser 4 o 6, la longitud de la cabecera medida en palabras de 32 bits, puede varias de un mínimo de 5 palabras a un máximo de 15. El ultimo campo es la longitud total del datagrama medida en octetos que puede llegar a 64 Kbytes.

### **1.3. Enrutamiento de los datagramas IP.**

Como se mencionó anteriormente el protocolo ruteable IP es el responsable del traslado de los segmentos TCP, con calidad de servicio, y de los datagramas UDP, sin calidad de servicio, de las aplicaciones de los usuarios.

Como se mencionó oportunamente el IP es un protocolo no orientado a la conexión y sin calidad de servicio. Y su funcionamiento genérico en la red es el siguiente: Cuando un datagrama IP arriba a un router se verifica mediante el mecanismo checksum<sup>38</sup> la existencia o no de errores en su cabecera, no se controla la integridad de la carga del datagrama.

Al respecto, Castro & Fusario (2015) afirman:

La suma de verificación o checksum es una forma de control por redundancia muy simple que permite proteger la integridad de los datos verificando que no se hayan corrompido. Este método se emplea en numerosos protocolos utilizados en redes de área extendida, en especial los empleados en Internet, en particular en la suite conocida como TCP/IP... además también se emplea para verificar errores en las comunicaciones entre dispositivos, manejar archivos comprimidos y datos almacenados...(p.214).

Si el checksum del datagrama IP fue correcto se verifica que tenga tiempo de vida superior a uno, luego se selecciona la interfase de salida en función de la dirección de red de destino y por último se decrementa el tiempo de vida (TTL)<sup>39</sup> en un segundo si no hay congestión y si la hubiera se descuenta del tiempo de vida los segundos de demora, por último, se calcula el nuevo campo checksum y se envía el datagrama por la interfase de salida previamente determinada.

---

<sup>38</sup> CHECKSUM: Suma de verificación.

<sup>39</sup> TTL: Time To Live

Cabe aclarar que si la dirección de red destino no figura en la tabla de enrutamiento del router se envía el datagrama al router por default<sup>40</sup> previamente determinado por el administrador. Con respecto al funcionamiento del mecanismo de encaminamiento Martin y Leben (1994), nos dicen:

Cuando un host tiene que encaminar un datagrama con una dirección IP correspondiente a otra red física, consulta la tabla de enrutamiento para determinar si dicha dirección se encuentra en la tabla. Si no la encuentra envía el datagrama IP al router por defecto. Los host remiten directamente los datagramas IP cuyas direcciones de destino no están en la tabla de enrutamiento al router por defecto (pag.113 – traducción propia).

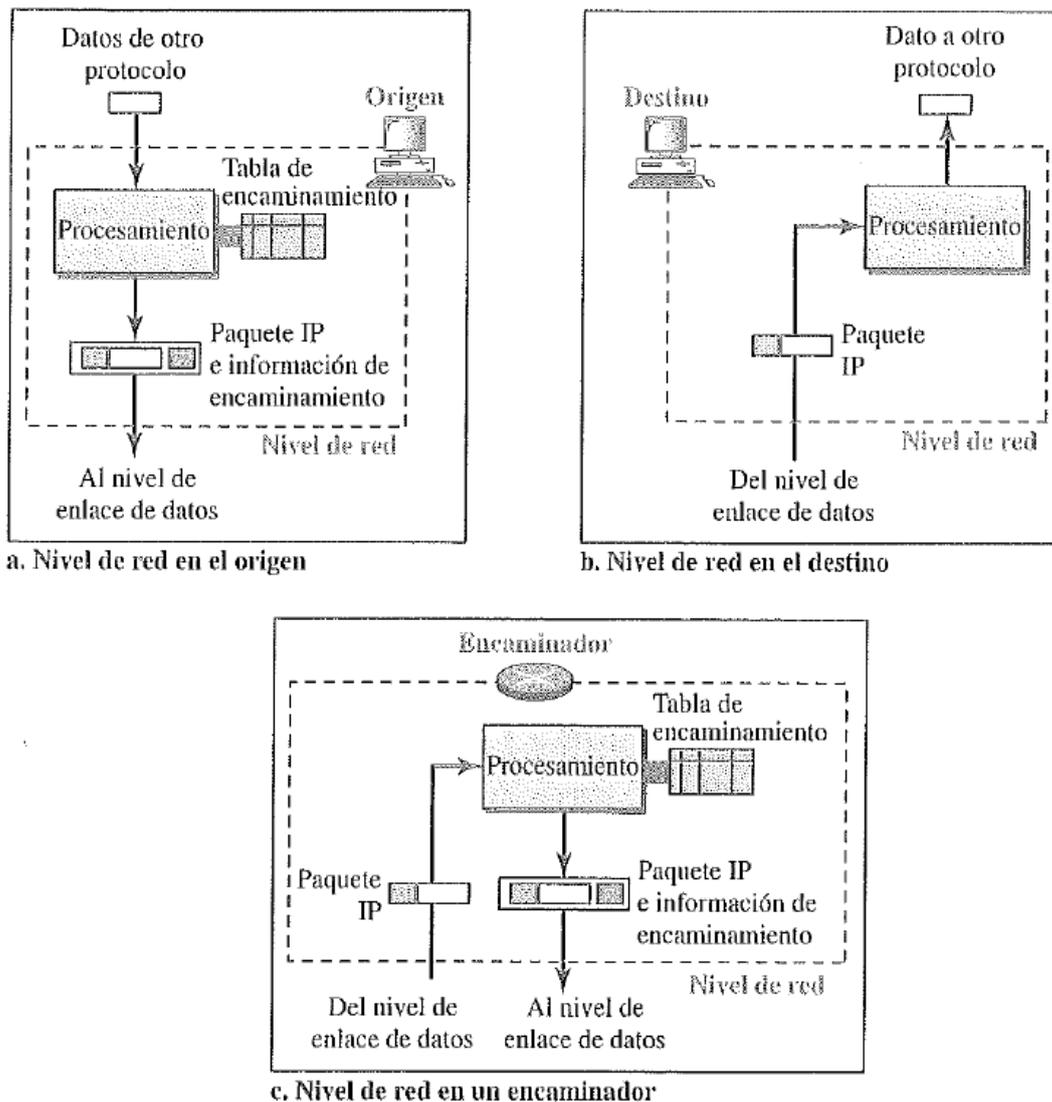
El nivel de red en el router es el responsable de comprobar su tabla de encaminamiento para encontrar la información de la ruta adecuada para el encaminar al datagrama. De esta forma, encuentra la interfase de salida apropiada para tratar de llegar al destino final. En este último el nivel de red es el responsable de la verificación de la dirección final y se asegura que la dirección de destino del paquete es la misma que la dirección de red del host.

Las tablas de enrutamiento se confeccionan mediante protocolos de encaminamiento dinámicos, según los siguientes tres métodos: vector de distancia, estado del enlace o el método híbrido que involucra una combinación de los dos primeros. Por otro lado, los protocolos de enrutamiento utilizan diferentes métricas como son: demora, ancho de banda, número de saltos, costo, confiabilidad del enlace, nivel de ocupación del enlaces o carga del mismo, etc. también pueden utilizar una combinación ponderada de varias métricas.

En la figura 3 se puede observar que el nivel de red o internet del modelo TCP/IP en el host origen es el responsable de generar un paquete (datagrama IP) a partir de los datos provenientes de la capa de transporte. La cabecera del datagrama creado contiene, entre otras informaciones, las direcciones IP de origen y de destino del datagrama.

---

<sup>40</sup> ROUTER POR DEFAULT: Router por defecto, es el router al cual se le envían los datagramas que tienen como dirección de destino una red que no se encuentra en la tabla de encaminamiento del router.



**Figura 3: Nivel de red en el host origen, en el router y en el host final**

**Fuente: Forouzan (pag.545)**

De esta forma cuando el administrador de la red selecciona un protocolo de enrutamiento para la red, como podría ser: RIPv2<sup>41</sup>, OSPF<sup>42</sup>, IS-IS<sup>43</sup>, BGP-v4<sup>44</sup>, IGRP<sup>45</sup>, EIGRP<sup>46</sup>, etc, no solo esta seleccionando el método para confeccionar la tabla sino también las métricas a utilizar.

Los protocolos que operan con el método del vector de distancia como el RIPv2, IGRP, BGP-v4, se caracterizan porque calculan la distancia a la red destino en función del

<sup>41</sup> RIP: Routing Information Protocol  
<sup>42</sup> OSPF: Open Shortest Path First  
<sup>43</sup> IS-IS: Intermediate System to Intermediate System  
<sup>44</sup> BGP-v4: Border Gateway Protocol v4  
<sup>45</sup> IGRP: Interior Gateway Routing Protocol  
<sup>46</sup> EIGRP: Enhance Interior Gateway Routing Protocol

parámetro o métrica que emplea dicho protocolo, por ejemplo el RIP utiliza el número de saltos (routers) por los que debe transitar el datagrama hasta llegar a la red destino.

Una vez que el router calcula, en función de la información que le brindan los routers vecinos, la distancia a la red en cuestión eligen el camino de menor costo o distancia y el resto de los caminos calculados los desecha. Este cálculo lo realiza periódicamente y el resultado se utiliza para actualizar la tabla de ruteo correspondiente.

Este método es rápido y sencillo, no obstante, tiene el inconveniente que una vez actualizada la tabla de ruteo con la nueva ruta si inmediatamente surge un inconveniente o interrupción de la ruta no se pueden encaminar los datagramas hacia la red cuya ruta se interrumpió hasta que nuevamente se actualice la tabla, con el inconveniente de la acumulación de datagramas en el router con destino la red en cuestión y un posible congestionamiento en la interfase de salida.

El método del estado del enlace utilizado por protocolos como IS-IS, OSPF, es más complejo y requiere mayores recursos en el router, específicamente capacidad de almacenamiento y procesamiento, y la diferencia fundamental con el vector de distancia es que calcula todos los caminos posibles hacia la red destino y almacena dichos cálculos en una base de datos.

Por otro lado, si no hay alteraciones en la red no se efectúan cálculos periódicos de nuevas rutas sino que las actualizaciones solo se realizan cuando ocurren alteraciones en la red.

Pero a diferencia del método anterior si ocurre una falla en la ruta vigente hacia la red en cuestión no habrá que esperar un nuevo cálculo, sino que se recurre a la base de datos creada por el protocolo y se selecciona la siguiente ruta con menor distancia o costo. En este caso la convergencia hacia la nueva ruta es inmediata y no se produce congestionamiento en las interfases.

Existen protocolos como el EIGRP que utilizan un método híbrido entre el estado del enlace y vector de distancia.

Por último, podemos agregar que estos protocolos de enrutamiento no tienen en consideración la calidad de servicio que se solicita para un dado flujo de datagramas IP, debido a que enrutan solo en función de la métrica considerada en el protocolo de enrutamiento seleccionado y no tienen en consideración la información que se implantó en el campo tipo de servicio del datagrama IP (ToS), que es la que la aplicación solicita para el tratamiento del datagrama, por ejemplo seleccionar el camino de menor retardo o el de mayor

ancho de banda, etc. En la figura 4 se resumen las ventajas y desventajas de los métodos descriptos.

## Características del Vector - Distancia

### Ventajas

- Es un algoritmo de Ruteo totalmente distribuido.
- Necesitamos poca memoria y los procedimientos son relativamente sencillos.

### Desventajas

- No hacen ningún procesamiento para elegir una ruta.
- Convergen muy lentamente (Time to Infinity)

## Características del Estado del Enlace

### Ventajas

- Es un algoritmo de Ruteo totalmente distribuido.
- Frente a un cambio de topología se actualiza rápidamente.
- Soluciona el problema de la convergencia del Vector - Distancia.
- Procesa sus datos para elegir la mejor ruta asociada a la métrica.
- En cada router tenemos una idea de la topología de la red.
- Necesitamos poca memoria y los procedimientos son relativamente sencillos.

### Desventajas

- Son más complejos.
- Requieren más memoria.

Figura 4: Características de los protocolos que operan con el vector de distancia y el estado del enlace

Fuente: Propia

#### 1.4. Introducción a los protocolos ATM y MPLS.

La tecnología MPLS se basa en el transporte de datagramas IP, que como se mencionó anteriormente dado que el IP es un protocolo sin calidad de servicio, con el agregado del protocolo MPLS se le confiere a la red la capacidad de encaminar los datagramas IP y priorizar el traslado de los mismos según la calidad de servicio indicada en el campo (ToS) que se requiera para cada datagrama de la aplicación.

El protocolo de datos que se utilizó al comienzo de la década del 90 para la transmisión de datos fue el X.25, luego fue reemplazado por el Frame Relay y a su vez este por el ATM.

Estos dos protocolos hasta la aparición del MPLS eran los preferidos para el transporte de datos a alta velocidad, en especial por proporcionar mayor confiabilidad y rendimiento que la tecnología anterior (el X.25) y además porque possibilitaban la transmisión de audio y video, en especial el ATM que optimizó la transmisión de estas señales isócronas<sup>47</sup>.

Con respecto a las redes Frame Relay, también conocidas como relevo de tramas, Uyles Black (1999) dice:

El propósito de una red de relevo de tramas es proporcionar a un usuario final una red virtual privada (VPN) de alta velocidad capaz de apoyar aplicaciones con necesidades de transmisión de tasa de bits elevada. Esta red ofrece al usuario tasas de acceso T1/E1 con un costo menor que el que tendría arrendar líneas T1/E1 comparables (pag.87).

Por otro lado, sobre el ATM, Coloma, (2000) agrega:

Dado que el modo síncrono ni el modo paquete se mostraron apropiados para soportar de una forma integrada los distintos servicios previstos y futuros de la RDSI-BA, el CCITT se planteó la necesidad de definir un nuevo Modo de Transferencia para ello. Este modo de transferencia se definió en 1988 y recibió la denominación de Modo de transferencia Asíncrono (pag.63).

Asimismo, Halsall F (1998) afirma:

Una estrategia para poder manejar la transmisión y la conmutación en los servicios multimedia consiste en separar las diferentes fuentes de los medios y proporcionar a cada una de ellas los medios para operar en forma independiente. Un enfoque alternativo consiste en adoptar un sistema de transmisión que sea independiente del medio de origen, pero que cuente con la suficiente flexibilidad para manejar cualquier tipo de medio. En ello se fundan las redes de transmisión y conmutación basadas en celdas. (pag 596).

---

<sup>47</sup> SEÑALES ISÓCRONAS: Señales que dependen del tiempo (como el audio y video) para su transmisión en tiempo real, no así los datos.

## 1.5. Principio de funcionamiento de las redes ATM.

El protocolo ATM generado a fines de la década de los 80 se diseñó para reemplazar a los protocolos de las redes LAN y también a los de WAN. De esta forma se pensó que existiría un solo protocolo y esto evitaría la conversión de pasar de un protocolo a otro al cambiar de red, con la consiguiente disminución del rendimiento y de la velocidad de transmisión de datos. Al respecto Olifer, (2009) agrega:

De acuerdo con los planes de los diseñadores, ATM debía asegurar varias de las siguientes capacidades: El sistema de transporte simple para transmitir simultáneamente tráfico computacional y multimedia (voz y video), el cual es muy sensible a los retardos; la QoS para cada clase de tráfico debe corresponder a sus requerimientos. La jerarquía de las velocidades de transmisión que abarcan desde las decenas de Megabits por segundo hasta varios gigabits por segundo, con un ancho de banda garantizado para aplicaciones críticas (pag.723).

Por otro lado, en lo concerniente a las principales características del ATM Millan Tejedor, (2018) sostiene:

La tecnología ATM se basa en la multiplexación y conmutación de celdas o pequeños paquetes de longitud fija, combinando los beneficios de la conmutación de circuitos (capacidad garantizada y retardo de transmisión constante), con los de la conmutación de paquetes (flexibilidad y eficiencia para tráfico intermitente). Proporciona ancho de banda escalable, que va desde los 2 Mbps a los 10 Gbps; velocidades muy superiores a los 64 Kbps como máximo que ofrece X.25<sup>48</sup> o a los 2 Mbps de Frame Relay. Además, ATM es más eficiente que las tecnologías síncronas, tales como la multiplexación por división en el tiempo o TDM (Time Division Multiplexing) en la que se basan PDH<sup>49</sup> y SDH<sup>50</sup>. Puesto que ATM es asíncrono, las ranuras temporales están disponibles bajo demanda con información identificando la fuente de la transmisión contenida en la cabecera de cada celda ATM.

---

<sup>48</sup> X:25: Protocolo por conmutación de paquetes. Fue el primero en configurar una red dedicada a la transmisión de datos, pero no era apta para transmitir señales isócronas (voz y video).

<sup>49</sup> PDH: Pleosynchronous Digital Hierarchy

<sup>50</sup> SDH: Synchronous Digital Hierarchy

Podemos afirmar que las características distintivas de las redes ATM son su capacidad de integración de distintos tipos de tráfico, la optimización de la latencia para los diferentes caudales, la asignación dinámica del ancho de banda, y la optimización de la velocidad del enlace para las diferentes velocidades máximas.

El protocolo ATM utiliza paquetes de longitud fija de 53 bytes, (48 octetos de información y 5 de cabecera) denominado celda ATM. Durante la conexión la información se transmite a través de canales virtuales previamente establecidos dado que la red es orientada a la conexión.

La eficiencia en la transmisión se incrementa dado que no se realizan controles de errores en el campo de datos de las celdas y el control de flujo se efectúa en el ETD<sup>51</sup> del usuario.

Con respecto al nivel físico de las redes ATM Roldan, (2018) nos dice:

El modo ATM no prescribe la utilización de ningún medio físico en particular. Asimismo, no presupone ningún interfaz físico para la transmisión de los bits de las celdas ATM. A partir de estas premisas, el ATM Forum decidió acometer como primer paso en su labor, la normalización del transporte de las células utilizando cualquiera de los interfaces físicos normalizados hasta el momento.

Barba Marti A (2001), con respecto al ATM Forum dice:

El ATM Forum es una organización internacional sin ánimo de lucro que trata de acelerar la cooperación industrial en tecnología ATM. Sus recomendaciones y especificaciones son seguidas por los principales fabricantes de equipos ATM y constituyen un estándar de facto en esta tecnología. (pag.113).

Cuando la red de transporte pública emplea tecnología ATM se pueden obtener servicios diferenciados según el tipo de tráfico. La red garantiza que las celdas lleguen a su destino en el mismo orden en el que fueron transmitidas, se mantiene el secuenciamiento<sup>52</sup>. Por otro lado, la transmisión de celdas es continua según la velocidad del enlace y si no hay información que transmitir se transmiten celdas vacías.

Con respecto al tamaño de las celdas Jesus Garcia Tomas, Santiago Ferrando y Mario Piattini (1997) afirman:

---

<sup>51</sup> ETD: Equipo Terminal de Datos

<sup>52</sup> SECUENCIAMIENTO: Se mantiene el orden de secuencia con el que se insertaron en la red.

El tamaño de la celda de 48 octetos de información se deriva de un compromiso entre una serie de características deseables para cada tipo de tráfico. Por una parte, por razones de eficiencia de transmisión es conveniente que las celdas sean de tamaño razonablemente grande. Desde el punto de vista de la transmisión de datos, también es aconsejable que las celdas tengan tamaños grandes para evitar una excesiva segmentación. Sin embargo, para las aplicaciones sensibles al retardo o a la variación de retardo, es aconsejable que las celdas sean de la menor longitud posible. Con las anteriores premisas se realizaron varias propuestas, desde 32 octetos, adecuadas para transmisiones telefónicas, hasta 64 octetos como tamaño mínimo razonable para la transferencia de datos. Es obvio que 48 octetos es un claro compromiso derivado de la media aritmética de las anteriores celdas (p.165).

La tecnología ATM, se planteo desde un comienzo para que opere en todo tipo de entornos: LAN y WAN<sup>53</sup>, que ademas sea escalable, con calidad de servicios, apta para transmitir datos y señales isocronas (audio y video) y que alcance velocidades del orden de lo Gigabits.

La capacidad de control del trafico por parte del ATM se logra mediante las siguientes acciones, detalladas en la Recomendación I.371 del ITU-T<sup>54</sup>:

- Administracion de los recursos de red.
- Control de la prioridad.
- Control de la politica de admision para la conexión.
- Control de los parametros de uso.
- Control de los parametros de red.
- Control de Congestion.
- Conformacion del trafico.

Con respecto a la conformacion del trafico<sup>55</sup> Handel R, Huber M y Schroder S (1995) agregan que la activacion de la conformacion del trafico altera las características de este ultimo variando el flujo de celdas en el circuito virtual, en orden de reducir la tasa pico de celdas, limitar la longitud de la rafaga o espaciar adecuadamente las celdas en el tiempo.

---

<sup>53</sup> WAN: Wide Area Network.

<sup>54</sup> ITU-T: International Telecommunication Union – Telecommunication. Encargado de la estandarizacion de las telecomunicaciones.

<sup>55</sup> CONFORMACIÓN DEL TRAFICO: Traffic Shaping

La convergencia continuada hacia IP de todas las aplicaciones existentes, junto a los problemas de rendimiento derivados de la solución IP/ATM, llevaron posteriormente (1997-98) a que varios fabricantes desarrollasen técnicas para realizar la integración de niveles de forma efectiva, sin las discontinuidades señaladas anteriormente. Esas técnicas se conocieron como “conmutación IP” (IP switching) o “conmutación multinivel” (multilayer switching). Una serie de tecnologías privadas -entre las que merecen citarse: IP Switching de Ipsilon Networks, Tag Switching de Cisco, Aggregate Route-Base IP Switching (ARIS) de IBM, IP Navigator de Cascade/Ascend/Lucent y Cell Switching Router (CSR) de Toshiba-condujeron finalmente a la adopción del actual estándar MPLS del IETF. El problema que presentaban tales soluciones era la falta de interoperatividad, ya que usaban diferentes tecnologías privadas para combinar la conmutación de nivel 2 con el encaminamiento IP (nivel 3) (Barbera, 2007).

El MPLS examina a los datagramas IP y en función del tipo de servicio que requieran le agrega, a cada trama<sup>56</sup> que transporta al datagrama, una etiqueta al entrar a la red que le posibilitará encaminarse por el trayecto acorde a la calidad de servicio solicitada.

Por ejemplo, si se trata de tráfico multimedia y se requiere que los paquetes lleguen en el menor tiempo posible al destino el MPLS elegirá la ruta más corta y más rápida posible.

En resumen, podemos afirmar que MPLS combina la inteligencia y la escalabilidad de los protocolos de ruteo de nivel 3 o nivel de red con la confiabilidad y capacidad de gestión de las redes de transporte como ATM.

## **1.6. Estructura de las redes MPLS.**

Hasta aquí hemos estudiado el funcionamiento de los datagramas IP, como así también, el principio de funcionamiento de las redes ATM. Esta última, orientada a la conexión y con calidad de servicio, a diferencia de IP que carece de dichas características.

Analizaremos a continuación como se vinculan ambos mundos a través del protocolo MPLS.

En la red MPLS existen routers especiales, los routers internos a la red que se denominan LSR<sup>57</sup> y los que se ubican en los bordes de entrada y salida de la red denominados LER<sup>58</sup>,

---

<sup>56</sup> TRAMA: Es el conjunto de campos (dirección, datos, control, etc) de un protocolo del nivel de enlace del modelo OSI. Por ejemplo la trama Ethernet o la trama Frame relay, etc

<sup>57</sup> LSR: Label Switching Router

<sup>58</sup> LER: Label End Router

estos últimos se emplean para insertar las etiquetas en las tramas que transportan a los datagramas IP y luego quitarlas de dichas tramas a la salida de la red MPLS.

De esta forma los conmutadores o los routers LSR del interior de la red MPLS conmutan los paquetes de datos de acuerdo a la información de las etiquetas, no tienen en cuenta la cabecera del datagrama, ni las direcciones IP. Esta operación es mucho más rápida que la que se efectúa en un router normal en una red que no sea MPLS.

Esto se fundamenta en el hecho que los routers no se introducen en el contenido de la cabecera del IP del paquete sino que la conmutación se basa sólo en una consulta simple a la tabla de etiquetas, previamente cargada en el router (LSR), para determinar a donde debe ir el paquete.

En resumen, en cada router de la red MPLS sólo se tiene que examinar la etiqueta para encaminar la trama que porta al datagrama por el camino preestablecido, en función del destino y de la calidad de servicio requerida para dicho paquete a largo de la red.

### **1.7. Funciones de la red a partir de las etiquetas MPLS.**

En la figura 5 se puede apreciar una etiqueta MPLS insertada entre la cabecera del datagrama IP y la cabecera del protocolo de nivel 2 empleado en la red. La cabecera se compone de 32 bits agrupados en cinco campos, el número de etiqueta está compuesto por 20 bits.

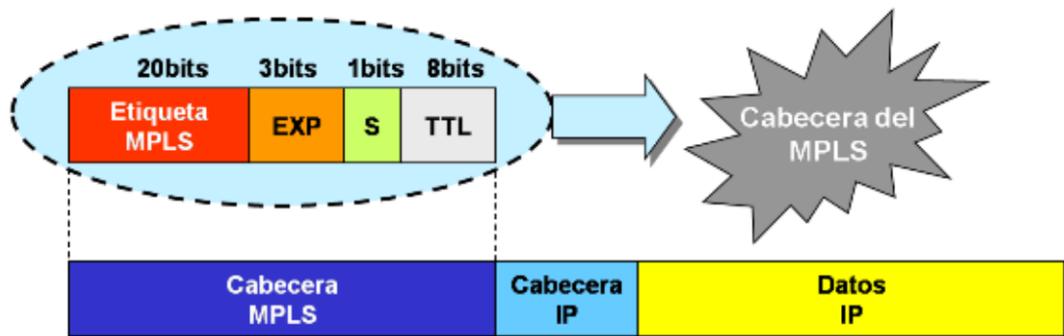
Como se indicó precedentemente en general como protocolo de nivel 2 se suele utilizar el ATM que permite implementar redes con calidad de servicio, de esta forma el MPLS es la herramienta que se emplea para dotar a las redes IP, que por su naturaleza no tienen calidad de servicio, en redes que sí lo tienen.

Esto permite a las TELCOs aplicar tarifas diferenciales según el tipo de servicio requerido por el cliente.

El protocolo MPLS posibilita generar una red privada IP que combina la flexibilidad de las comunicaciones Internet y la fiabilidad, calidad y seguridad de los servicios Private Line, Frame Relay o ATM. Ofrece niveles de rendimiento diferenciados y priorización del tráfico, así como aplicaciones de voz y multimedia. Y todo ello en una única red. (3Cu Electronica, 2017).

Por otro lado, en la figura 6 se describen los conceptos básicos del funcionamiento del MPLS, a la izquierda de la figura se encuentra la red origen del datagrama que se quiere transmitir. El router de ingreso a la red Ingress LER es el que introduce la etiqueta MPLS y

es el que tiene definido el camino virtual por el cual circulara dicho datagrama según el servicio que se pida para el mismo. Ese camino se denomina LSP<sup>59</sup>.

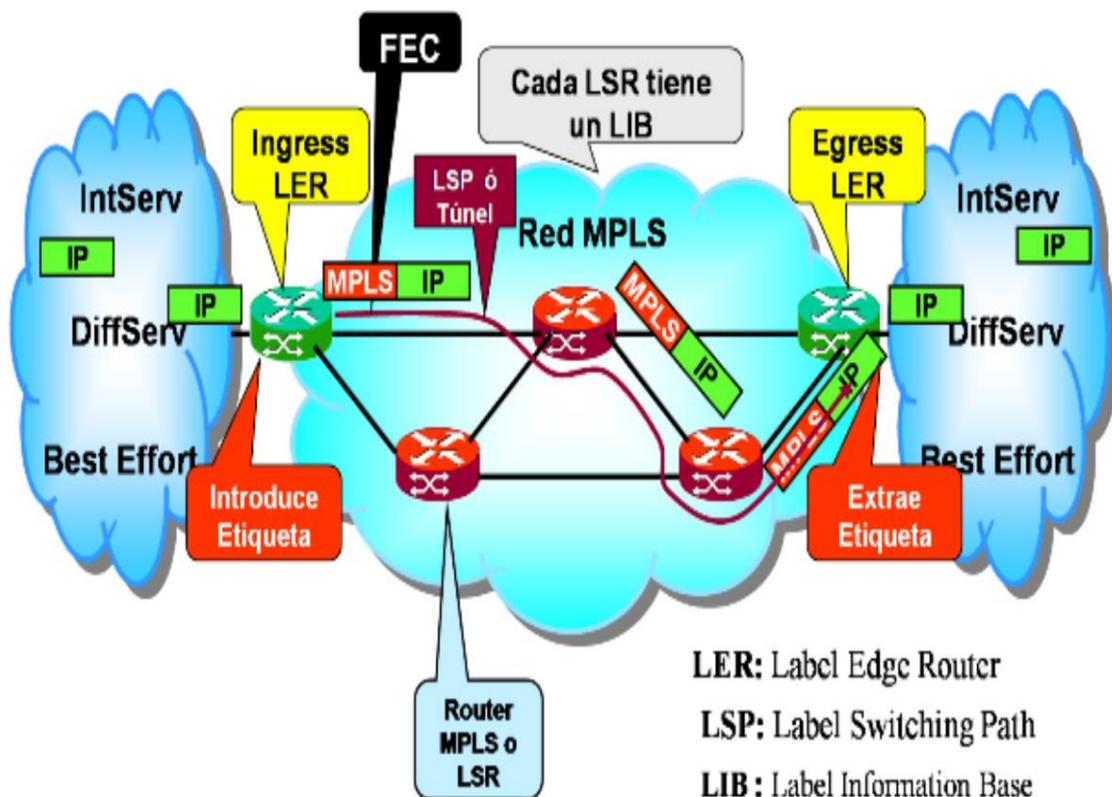


**Figura 5: Cabecera generica del MPLS**

Fuente: 3Cu Electronica

Los dos router de la figura 6 por los cuales pasa el LSP se denominan routers internos a la red MPLS o LSR y finalizan en un router LER que es el que quitara la etiqueta MPLS, la cual solo tiene significado dentro de la red MPLS.

Cada LSR tiene una base de datos Label Information Base (LIB) con los caminos virtuales correspondientes (LSP).



**Figura 6: Funcionamiento básico del MPLS**

Fuente: 3Cu Electronica

<sup>59</sup> LSP: Label Switching Path.

## 1.8. Niveles de calidad de servicio en MPLS

La red de entrada a una red MPLS puede tener diferentes niveles de calidad de servicio, como ser: Best Effort<sup>60</sup>, DiffServ<sup>61</sup> o IntServ<sup>62</sup>. El datagrama IP ingresa a través del router denominado LER (Label Edge Router) el cual introduce la etiqueta o cabecera MPLS descrita en la figura 5.

Podemos resumir que en las redes MPLS se establecen circuitos virtuales, denominados caminos lógicos o LSP, como el indicado en la figura 6, que determina los switches internos LSR de la red MPLS por los que debe pasar el datagrama IP con la etiqueta MPLS correspondiente, desde el LER de ingreso hasta llegar al LER de salida o egreso de la red. Para encaminar al datagrama en cada router LSR existen tablas denominadas LIB<sup>63</sup> que contiene la información del camino a seguir (número de etiqueta de entrada y de salida como así también la interfase).

Por último, el router LER de egreso extrae la etiqueta (que solo tiene significado y propósito en la red MPLS) y deja al datagrama IP apto para continuar a través de las redes LAN y/o WAN estándar.

También se puede observar en la figura 6 el término FEC (Forwarding Equivalence Class) asociado a la etiqueta. FEC o clase equivalente de envío define al conjunto de paquetes que se remiten sobre un mismo camino o path, aun cuando sus destinos finales sean diferentes.

Con respecto al encaminamiento en la red MPLS Halsall,F (2006) dice:

En la técnica MPLS básica, cada encaminador de conmutación de etiquetas (LSR) dentro de la red troncal tiene asignada una dirección IP y utiliza el protocolo OSPF para establecer la topología de la red troncal. Sin embargo, las rutas de caminos más cortos no se usan de forma directa, ya que se utiliza un protocolo denominado Protocolo de distribución de etiquetas (LDP) cuya función es la creación de un conjunto completo de caminos conmutados por etiquetas (LSP) entre los encaminadores LER de entrada a la red y de salida de la red.

Cada uno de los saltos dentro de los LSPs tiene asociada una etiqueta única. La utilización de OSPF en este modo tiene la ventaja de que los cambios en el

---

<sup>60</sup> BEST EFFORT: Calidad de servicio típico del protocolo IP, el protocolo efectúa el "mejor esfuerzo" por transmitir el paquete, pero no ofrece ningún servicio especial.

<sup>61</sup> DIFFSERV: Es una técnica que permite clasificar los paquetes IP en diferentes clases en función de la calidad de servicio requerida.

<sup>62</sup> INTSERV: Servicios Integrados, constituyen una arquitectura de red que gestiona los recursos necesarios para garantizar determinada calidad de servicio en la red.

<sup>63</sup> LIB: Label Information Base

encaminamiento pueden incorporarse de forma inmediata. La principal desventaja es que el conjunto de rutas de camino más corto calculadas puede contener puntos de congestión. (pag.419).

### **1.9. Arquitectura de las redes con tecnología IP/MPLS.**

En la figura 7 se detalla la topología<sup>64</sup> y la arquitectura<sup>65</sup> de una red VPN/IP/MPLS, en la misma se observa que la red denominada Backbone IP esta constituida por enlaces dedicados de la empresa empresa de telecomunicaciones proveedora de la red y opera bajo los protocolos IP y MPLS.

Con respecto a estas redes WAN, Tanenbaum (2003) afirma:

En la mayoría de las redes de area amplia la subred consta de dos componentes distintos; lineas de transmision y elementos de conmutacion. Las lineas de transmision mueven bits entre maquinas. Pueden estar hechas de cable de cobre, fibra optica o incluso, radioenlaces. Los elementos de conmutacion son computadoras especializadas que conectan tres o mas lineas de transmision. Cuando los datos llegan a una linea de entrada, el elemento de conmutacion debe elegir una linea de salida en la cual reenviarlos. Estas computadoras reciben varios nombres; conmutadores y enrutadores son los mas comunes (p.19).

Esta red generalmente se denomina red de transporte y se caracteriza por estar constituida por dos subredes; la subred de acceso con protocolos de comunicaciones de acceso directo por parte de los usuarios y una red central de alta velocidad generalmente conformada por switches ATM. En el caso de la figura 7 no estan discriminadas ambas subredes.

Esta red de transporte es compartida por muchas empresas u organismos, los cuales, no pueden intercambian informacion entre ellos a traves de la misma red, dado que cada empresa u organismo tiene la apariencia de exclusividad en el uso de la red de transporte. La red de transporte provista por la empresa de telecomunicaciones es segura dado que no utiliza vinculos ni nodos de Internet sino del proveedor.

En la red de la figura 7 se puede observar que los clientes que acceden a la red corporativa IP/MPLS, cuando lo hacen a traves de Internet, emplean enlaces cifrados mediante VPN<sup>66</sup>.

---

<sup>64</sup> TOPOLOGIA: Forma de conexión de los nodos con los enlaces. Las topologías básicas son: malla, bus, anillo, estrella y árbol.

<sup>65</sup> ARQUITECTURA DE LA RED: La arquitectura de una red de telecomunicaciones está constituida por la topología de la misma más los protocolos que rigen su funcionamiento.

<sup>66</sup> VPN: Virtual Private Network

Al respecto Telecom S.A nos dice.

El servicio VPN IP MPLS consiste en brindar a los clientes una solución mediante la cual podrá interconectar todos los sitios de su empresa basada en tecnología MPLS, pudiendo disponer de esta forma de la Intranet mencionada.

Esta solución se realiza utilizando recursos del Backbone IP de Telecom, el cual brinda la seguridad y confiabilidad propias de una red privada, necesarias para proteger la información interna de la empresa.

Cada Intranet es de uso exclusivo de cada cliente de tal manera que pueden utilizarse esquemas de direcciones IP privadas sin que se produzcan conflictos con servicios de otros clientes.

La TELCO<sup>67</sup> provee a cada cliente con la calidad de servicio que contrate, y como veremos mas adelante, este compromiso por parte de la empresa se materializa en un acuerdo de servicio denominado SLA, que el cliente debe verificar permanentemente.

Se puede observar en la figura 7 el esquema de red de una empresa que tiene tres sitios (A,B y C) vinculados por una red IP/MPLS. El sitio A conectado esta vinculado a la red IP/MPLS de transporte mediante dos routers y un enlace con calidad de servicio para tráfico de tiempo real, misión crítica y estándar. La comunicación entre los sitios A, B y C de la empresa se efectúa a través de la red IP/MPLS que es segura.

Para comunicar a los usuarios de Internet con los sitios A, B o C seguros, se debe implementar un enlace VPN a efectos de proveer seguridad en la comunicación.

El esquema descrito hasta aquí corresponde a la empresa TECOM S.A, mientras que en el Anexo I Anexo tecnico de Servicio VPN IP MPLS Internacional se describe el de la empresa Telefonica Data Corp S.A. Ambas empresas son las proveedoras de las mayores redes IP/MPLS de Argentina.

La red Global de de Telefonica tiene tecnologia IP / MPLS / Frame Relay / ATM con cobertura en Latinoamerica, Centroamerica, USA y Europa. Esta red Global sirve como elemento de interconexion de la Redes Nacionales de TData en cada pais y como punto de acceso a los backbones de Internet en Europa y USA.

---

<sup>67</sup> TELCO: Empresa de telecomunicaciones

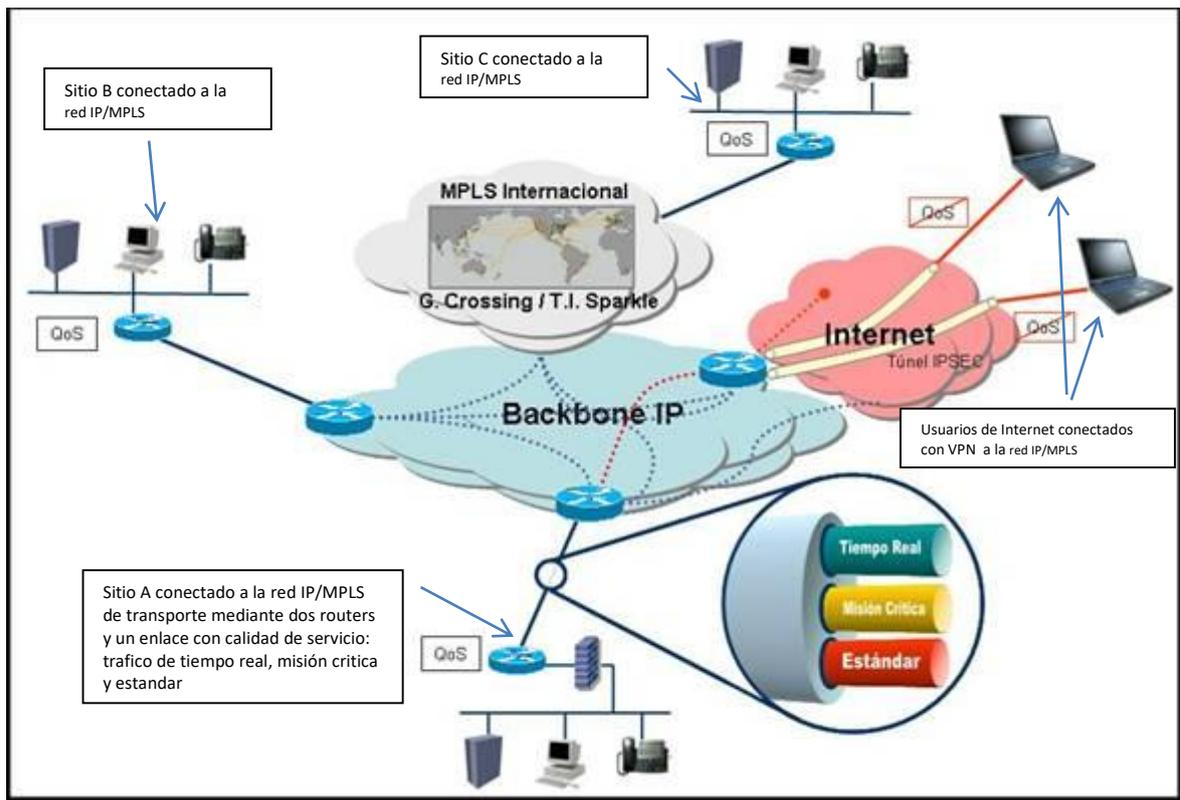


Figura 7: Arquitectura de una red VPN/IP/MPLS

Fuente: Telecom S.A.

### 1.10. El MPLS y las redes Virtuales Privadas o VPN.

Las redes privadas virtuales o VPN se caracterizan por brindar seguridad en la transferencia de datos, básicamente estableciendo una conexión virtual punto a punto mediante el uso de enlaces dedicados, encriptando o cifrando<sup>68</sup> la información.

Con respecto a las redes VPN en el sitio CCM (2017) nos dice:

Una red privada virtual se basa en un protocolo denominado protocolo de túnel, es decir, un protocolo que cifra los datos que se transmiten desde un lado de la VPN hacia el otro. La palabra "túnel" se usa para simbolizar el hecho que los datos estén cifrados desde el momento que entran a la VPN hasta que salen de ella y, por lo tanto, son incomprensibles para cualquiera que no se encuentre en uno de los extremos de la VPN, como si los datos viajaran a través de un túnel. En una VPN de dos equipos, el cliente de VPN es la parte que cifra y descifra los datos del lado del usuario y el servidor VPN (comúnmente llamado servidor de acceso remoto) es el elemento que descifra los datos

<sup>68</sup> ENCRIPADO O CIFRADO: Es el proceso mediante el cual el texto en claro se convierte mediante un código de cifrado en no inteligible. La operación inversa se denomina descifrado o descifrado.

del lado de la organización. De esta manera, cuando un usuario necesita acceder a la red privada virtual, su solicitud se transmite sin cifrar al sistema de pasarela<sup>69</sup>, que se conecta con la red remota mediante la infraestructura de red pública como intermediaria; luego transmite la solicitud de manera cifrada. El equipo remoto le proporciona los datos al servidor VPN en su red y este envía la respuesta cifrada. Cuando el cliente de VPN del usuario recibe los datos, los descifra y finalmente los envía al usuario. (Rescatado del sitio <https://es.ccm.net/s/vpn>)

Los principales protocolos de túnel para enlaces VPN son: PPTP<sup>70</sup>, L2F<sup>71</sup>, L2TP<sup>72</sup> e IPSEC<sup>73</sup>, el empleado con mas frecuencia es el IPSEC, este posibilita implementar las redes VPN las cuales permiten conectar diferentes sedes o dependencias de una empresa u organismo a través de regiones distantes y acceder a sistemas remotos en forma segura.

De esta manera se puede conectar mediante un enlace VPN desde un host de la red Internet (red no segura) a las bases de datos y/o servidores de una red corporativa segura. El protocolo MPLS es la base para implementar este tipo de conexión y el tráfico de la red VPN/IP basado en tecnología MPLS está permanentemente cifrado y transporta en forma segura, sin consumir recursos extra en los routers ni ancho de banda adicional en los enlaces.

Al respecto, en la Revista Cloud.com (2018) se detalla:

Las VPN/IP basadas en tecnología MPLS permiten ofrecer soluciones seguras y de calidad empresarial para las empresas y clientes, son fáciles de desplegar y de mantener. Además de mucho más económicas que otras soluciones. El despliegue de un MPLS empieza en el núcleo de la red de un proveedor de servicios, esto proporciona un control total sobre la calidad del servicio, la ingeniería de tráfico y el correcto uso del ancho de banda a la vez que se reducen los requisitos necesarios en la parte del cliente para conectar con el servicio sobre MPLS. El protocolo MPLS nos permite sobre una misma red transportar múltiples protocolos distintos y de forma simultánea. Desplegar una VPN/IP sobre MPLS es como tener una red de Internet propia y privada con todas las prestaciones, su flexibilidad y por supuesto la sencillez que han hecho que Internet sea un éxito global. Podemos utilizar MPLS para VPN/IP para simplificar la complejidad y

---

<sup>69</sup> PASARELA: Router

<sup>70</sup> PPTP: Point To Point Tunnel Protocol

<sup>71</sup> L2F: Reenvío de capa dos

<sup>72</sup> L2TP: Protocolo de túnel de capa dos

<sup>73</sup> IPSEC: Protocolo de capa 3 creado por el IETF apto para enviar datos cifrados sobre IP.

reducir los problemas técnicos cuando queremos conectar cuantas sedes corporativas necesitemos, reduciendo costos y plazos de puesta en marcha.

En la publicación de Telecom S.A. (Unidad de Telefonía Fija - Telecom, 2009) agrega que las VPN basadas en MPLS ofrecen los siguientes beneficios:

**Escalabilidad:**

Las redes privadas virtuales basadas en MPLS emplean el modelo de redes peer to peer<sup>74</sup> y la arquitectura de nivel 3 no orientada a conexión para conseguir una solución altamente escalable. Para el modelo peer sólo es necesario establecer una sesión del EDC con el router del lado del proveedor de servicios y no con el resto de EDCs pertenecientes a la misma red privada virtual. La arquitectura no orientada a conexión permite la creación de redes privadas virtuales en el nivel de red, eliminando la necesidad de túneles o circuitos virtuales.

**Privacidad y seguridad:**

Las redes privadas virtuales basadas en MPLS ofrecen el mismo nivel de privacidad y seguridad que las equivalentes basadas en conexión mediante la limitación de distribución de rutas de una VPN a únicamente aquellos routers que son miembros de esa VPN.

**Facilidad en su creación:**

Proporcionan una plataforma para el rápido desarrollo de servicios IP de valor añadido, incluyendo intranets, extranets, voz, multimedia y comercio electrónico, y esto es debido a que MPLS es no orientado a conexión, no se necesitan topologías o mapas de conexión punto a punto específicos. Se pueden añadir sitios a las intranets y extranets y crear grupos cerrados de usuarios. Cuando se gestiona la red de esta forma, se posibilita la agrupación de cualquier sitio en múltiples redes privadas virtuales, maximizando la flexibilidad a la hora de creación de intranets y extranets.

**Simplicidad en la Migración:**

Las redes privadas virtuales con MPLS son únicas para el proveedor de servicios porque se pueden construir sobre cualquier arquitectura de red, incluyendo IP, ATM,

---

<sup>74</sup> PEER TO PEER: También denominadas P2P, posibilitan el intercambio directo de información entre dos computadores.

Frame Relay y redes híbridas. Del lado del usuario final, la migración se simplifica en cuanto a que no hay requerimientos de soportar MPLS en los routers del cliente ni tampoco es necesario modificación alguna en la intranet del cliente.

## **Conclusiones del capítulo 1: Arquitectura de las redes IP/MPLS, características técnicas**

Las organizaciones estatales, como así también, las empresas disponen de redes corporativas que les posibilitan la conexión entre sus dependencias, en muchos casos por razones económicas utilizan exclusivamente la red Internet, sin embargo, en otros casos por razones de seguridad constituyen redes propias mediante subredes de transporte públicas pertenecientes a diferentes empresas de telecomunicaciones, las cuales tienen una arquitectura basada en el empleo de la familia de protocolos TCP/IP y MPLS.

El protocolo ruteable IP utilizado en Internet se caracteriza por ser un protocolo no confiable que no garantiza la entrega de los datagramas, no es seguro ni confiable, básicamente por ser no orientado a conexión y no disponer de calidad de servicio.

Su funcionamiento genérico es el siguiente; cuando un datagrama IP arriba a un router se verifica mediante el mecanismo checksum la no existencia de errores en su cabecera, pero no se controla la integridad de la carga del datagrama. Si el checksum fue correcto se verifica que tenga tiempo de vida superior a uno, luego se selecciona la interfase de salida en función de la dirección de red de destino y por último se decrementa el tiempo de vida en un segundo si no hay congestión y si la hubiera se descuenta del tiempo de vida los segundos de demora, por último se calcula el nuevo campo checksum y se envía el datagrama por la interfase de salida previamente determinada. En caso que el checksum indique error en la cabecera, el tiempo de vida este vencido o el enrutamiento falle y no posibilite la llegada del datagrama al destino correspondiente, el datagrama se pierde irremediablemente y el protocolo IP no se encarga de solicitar su retransmision, esto explica que IP sea poco confiable.

Para aplicaciones de misión crítica y tráfico multimedia, una red que opera solamente con datagramas IP, no ofrece garantía de entrega ni calidad de servicio. Es por ello que hace aproximadamente diez años se introdujo el protocolo MPLS en la red corporativa. El MPLS es un protocolo con calidad de servicio, en consecuencia la red de telecomunicaciones puede

brindar diferentes clases de servicio, ya sea para señales isócronas como así también datos, y garantizar la entrega de los datagramas en tiempo y forma.

Los protocolos que tienen calidad de servicio realizan todas o algunas de las siguientes acciones que conforman un tratamiento confiable de los paquetes transmitidos: control de errores, control de flujo, control de congestión, secuenciación de los paquetes y administración del ancho de banda.

El MPLS fue una consecuencia final del proceso de integración entre el protocolo IP y el ATM. Este último, brinda una plataforma de comunicaciones con calidad de servicio de muy alta capacidad. Ante esta situación las empresas de telecomunicaciones intentaron integrar ambos mundos, el de IP, sin calidad de servicio y poco confiable, con el de ATM mucho más confiable y rápido, utilizando como puente entre ambos al protocolo MPLS.

El MPLS garantiza la entrega y además brinda el camino más adecuado para los datagramas de un dado flujo, según la característica distintiva de dicho flujo.

Retornando a la arquitectura TCP/IP podemos decir que uno de los factores determinantes para la conexión en red de las computadoras, las cuales hasta la década de los 80, operaban en forma autónoma. Una de las principales premisas que tuvieron en cuenta los diseñadores del TCP/IP fue la operatividad de la red, aun ante la caída de varios nodos, dado que el gobierno de EEUU que financió el desarrollo del TCP/IP suponía que ante un ataque externo (soviético) necesitaba una red que continuara funcionando independientemente de cuantos nodos estuvieran caídos. Recordemos que esta red se diseñó en plena época de la guerra fría entre EEUU y la Unión Soviética. Por aquel entonces no resultaba prioritario la calidad de servicio pero sí la disponibilidad de la red.

Este requerimiento de alta disponibilidad dió como resultado el paradigma característico que distingue el funcionamiento de TCP/IP: el modo datagrama, que a diferencia del modo circuitos virtuales, encamina los datagramas IP sin utilizar circuitos físicos o virtuales preestablecidos, sino que cada vez que un datagrama acceden a un router se lo enruta de acuerdo a lo que indique la tabla de encaminamiento del dispositivo (generalmente el router) en ese momento, cabe aclarar que dicha tabla es dinámica, adaptándose a las modificaciones que ocurran en la red, por ejemplo la caída o la activación de nodos y/o enlaces.

Por lo expuesto la red basada en el protocolo IP brinda un tipo de servicio denominado best effort en inglés y la traducción más apropiada es que la red hace el esfuerzo que está a su alcance para brindar el mejor servicio. No obstante, en la práctica no brinda calidad de servicio alguno, ni es confiable.

Es por ello que se emplea en forma complementaria al IP el protocolo MPLS que a su vez se apoya en el ATM para brindar diferentes tipos de servicio. De esta forma se crean caminos virtuales que permiten satisfacer la necesidad de servicios especiales para determinados flujos de paquetes IP.

Para conocer qué tipo de servicio debe brindar la red a un datagrama IP version 4, en la cabecera de éste, existe un campo denominado TOS (tipo de servicio). En dicho campo la aplicación especifica el tipo de servicio que se necesita para transmitir adecuadamente el datagrama, pero es necesario que el MPLS interprete dicho requerimiento y lo materialice en la red a través del soporte que al efecto le brinda el ATM.

El campo ToS está compuesto por 8 bits, los tres primeros determinan la prioridad que tiene el datagrama IP (000 indica mínima prioridad y 111 la más alta), el bit D (Delay) cuando está activado (es uno) significa que el datagrama debería direccionarse por el camino de menor demora, el bit T (Throughput) cuando está activado significa que el datagrama debe ir por el camino de mayor ancho de banda, el bit R (Reliability) activado implica que el datagrama debe transmitirse por el camino más confiable y por último el bit C (Cost) activado implica que el datagrama debe ir por el camino de menor costo. Cabe aclarar que solo uno de estos bits o flags puede estar activado a la vez.

No obstante, este esquema ha quedado obsoleto y actualmente ha sido reemplazado por el DiffServ, denominado DSCP, en este nuevo esquema, que se detallará en el capítulo 2, se convierten los tres bits de prioridad arriba indicados en 6 bits que explicitan el tipo de servicio para el datagrama y los dos últimos bits para indicar congestión (Explicit congestión Notification).

De esta forma, la tecnología MPLS le confiere a la red IP la capacidad de encaminar los datagramas según las características que el flujo de datos requiera, y priorizar el traslado de los mismos.

El MPLS examina los datagramas IP y en función del tipo de servicio que requieran le agrega, a cada trama que transporta al datagrama, una etiqueta al entrar a la red que le posibilitará encaminarse por el trayecto acorde a la calidad de servicio solicitada.

Por ejemplo, si se trata de tráfico multimedia y se requiere que los paquetes lleguen en el menor tiempo posible al destino el MPLS elegirá la ruta más corta y más rápida posible.

Si en cambio se trata de transmisión de datos críticos encaminara los paquetes por el camino de menor pérdida de paquetes y de mayor ancho de banda.

En la red MPLS existen routers especiales ubicados en el borde de la red que se emplean para colocar las etiquetas en las tramas que transportan a los datagramas y quitarlas a la salida de la red MPLS. De esta forma los conmutadores o los routers existentes en el interior de la red MPLS conmutan los paquetes de datos de acuerdo a la información de las etiquetas. Esta operación es mucho más rápida que la que se efectúa en un router normal en una red que no sea MPLS.

En las redes MPLS los routers LSR no se introducen en el contenido de la cabecera del IP del datagrama para determinar que camino debe tomar este último, sino que la conmutación se basa sólo en una consulta de la etiqueta inserta en la trama de transporte del datagrama que esta indicada en la etiqueta y luego en una consulta simple a la tabla de etiquetas LIB del router, previamente cargada en éste. De esta forma se determina la ruta a seguir por el paquete. El camino se establece en función del destino y de la calidad de servicio requerida para dicho paquete a largo de la red.

Podemos concluir que las redes actuales se implementan en función del protocolo ruteable IP y del protocolo MPLS. El primero genera redes que operan en el modo datagrama, vigente en la red Internet, y el segundo, le brinda calidad de servicio, cuestión que no posee el IP. A su vez, la transmisión se basa en el empleo del ATM como soporte del MPLS, también se pueden utilizar otros protocolos de nivel de enlace para un transporte adecuado.

Las redes IP/MPLS estan constituidas por enlaces dedicados pertenecientes a empresas de telecomunicaciones proveedoras de redes de transporte publicas que operan con los protocolos IP y MPLS y utilizan como transporte de alta capacidad enlaces ATM.

La red de transporte se caracteriza porque esta constituida por dos subredes; la subred de acceso con protocolos de comunicaciones de acceso directo por parte de los usuarios y una red central de alta velocidad generalmente conformada por switches ATM.

Esta red de transporte publica es compartida por muchas empresas, las cuales no pueden intercambian informacion a traves de la misma, dado que cada empresa u organismo tiene la apariencia de exclusividad en el uso de la red de transporte. La red de transporte provista por la empresa de telecomunicaciones es segura dado que no utiliza vinculos ni nodos de Internet sino del proveedor generando un servicio denominado VPN IP MPLS. Este consiste en brindar a los clientes una solución mediante la cual podrá interconectar todos los sitios de su empresa basada en tecnología MPLS, pudiendo disponer de esta forma de una red Intranet segura no conectada a Internet.

Cada Intranet es de uso exclusivo de cada cliente de tal manera que pueden utilizarse esquemas de direcciones IP privadas sin que se produzcan conflictos con servicios de otros clientes.

## **Capítulo 2: Calidad de servicios en redes corporativas IP/MPLS.**

### **Introducción**

En el capítulo anterior hemos analizado los principales componentes y características técnicas y operativas de las redes IP, ATM y MPLS. En este capítulo centraremos la investigación en los parámetros que definen la calidad de servicio (QoS) en las redes IP/MPLS.

La QoS es un componente fundamental de las denominadas redes convergentes<sup>75</sup> actuales y se caracteriza por controlar la congestión cuando la sumatoria del ancho de banda demandado por las aplicaciones y los servicios supera el ancho de banda total disponible. Por otro lado, también posibilita asignar diferente ancho de banda según los perfiles de tráfico y por último priorizar los servicios según su naturaleza.

En los enlaces, la congestión se produce cuando la capacidad del enlace es superada por la tasa de transmisión de la fuente<sup>76</sup>.

Para soportar los requerimientos inherentes a la calidad de servicio que se detallarán en este capítulo, como ser: ancho de banda, demora, jitter, pérdida de paquetes, etc de las aplicaciones que así lo requieren, sería ideal contar con una red Internet que brinde dicha calidad de servicios. Pero como se detalló en el capítulo 1 el protocolo IP, que es la base del funcionamiento de Internet, no es orientado a la conexión ni tampoco tiene calidad de servicio.

Las empresas de telecomunicaciones a través de sus redes IP/MPLS ofrecen servicios con diferenciación de tráfico, por lo cual, la investigación comenzó por determinar cómo logran materializarlo y cuál es el ámbito de aplicación. Primero se analizaron las tecnologías que utilizan los proveedores, los aportes que cada tecnología brinda para lograr la calidad de servicios deseada y como lo implementan.

Para desarrollar una red corporativa que tenga confiabilidad y calidad de servicio se debe establecer con la empresa de telecomunicaciones un acuerdo de servicio contractual de modo de asegurar los valores que deberán tener ciertos parámetros, que se detallarán mas adelante. Ese acuerdo se denomina Service Level Agreement (SLA) y especifica los parámetros de

---

<sup>75</sup> REDES CONVERGENTES: son aquellas en las cuales conviven servicios isócronos (voz, imagen) y datos.

<sup>76</sup> TASA DE TRANSMISIÓN DE LA FUENTE: Es la entropía por la velocidad de modulación.

QoS que la empresa asegura cumplir y en caso de no hacerlo se detallan las penalidades correspondientes.

El IETF<sup>77</sup> ha definido dos tipos de QoS, el Integrated Services (IntServ) y el Differentiated Services (DiffServ). En esta investigación estudiaremos el que actualmente tiene mayor difusión: el DiffServ.

## 2.1 Calidad de servicio best effort en redes IP.

La QoS en redes IP es la capacidad de la red de dar prioridad a un flujo de datagramas IP en detrimento de otros. Esta capacidad es imprescindible en redes donde hay congestión, no obstante, si la red está sobredimensionada este proceso es innecesario.

Cabe aclarar que una red o un enlace se encuentra sobredimensionado cuando su capacidad es siempre superior a la máxima tasa de información posible de incorporar a la red o enlace. El sobredimensionamiento origina un mayor ancho de banda que el necesario y en consecuencia se desperdician recursos.

Existen dos posibles estrategias para brindar trato diferencial a los paquetes que componen el tráfico: Reserva o Prioridad.

Recordemos que la congestión se produce cuando la red (interfase) recibe más paquetes que los que puede manejar y/o almacenar. Es en esas circunstancias que resulta necesario la QoS para contrarrestar o atenuar la congestión.

La congestión en el nodo ocasiona en primer lugar la demora o delay de los paquetes lo cual afecta principalmente al tráfico de voz y video, no así al de datos. Pero si la congestión continua el nodo puede verse en la necesidad de eliminar paquetes, que origina la pérdida de paquetes. Cuando el retraso de los paquetes no es uniforme sino variable, la variación del retraso se denomina Jitter, con un jitter alto es muy probable que se pierdan paquetes al ser eliminados estos por el nodo que tiene un tiempo de espera acotado para cada paquete.

La estrategia denominada IntServ utiliza el **método o estrategia de la reserva** que consiste en reservar recursos (capacidad de comunicación) en cada router (hasta el router de destino) para el flujo de paquetes considerado. Esta estrategia no requiere del marcado de los

---

<sup>77</sup> IETF: Internet Engineering Task Force.

paquetes. El método si requiere del protocolo RSVP<sup>78</sup> para que este realice la reserva de los recursos en los routers y enlaces.

El **método o estrategia de la prioridad** introduce marcas en los paquetes como ser: origen, destino, puerto origen y destino, etc. En función de estas marcas los routers de la ruta por los que el paquete transita brindan un trato diferencial a dicho paquete. El estándar que utiliza este método se denomina DiffServ.

## 2.2. Tipos de tráfico en la red.

En este punto del marco teórico relativo a la QoS debemos analizar los diferentes tipos o perfiles de tráfico en la red: datos, voz sobre IP y video sobre IP.

**El tráfico de datos:** no es afectado por las demoras y el jitter, debido a que no depende del tiempo. El factor que si debemos considerar es la pérdida de paquetes, a pesar que en la mayoría de las aplicaciones se emplea el protocolo TCP en la capa de transporte de TCP/IP y dicho protocolo corrige errores y recupera paquetes perdidos o con errores.

A pesar que la mayoría de las transferencias de datos se efectúa con el TCP y como se explicó anteriormente este protocolo recupera errores y retransmite la información dañada o perdida, se pueden presentar igualmente pérdidas de paquetes originadas por otras causas en los nodos como congestión, time out<sup>79</sup>, enrutamientos erróneos, errores de software y/o fallas de hardware. Por otro lado, el tráfico de datos es aleatorio e impredecible y pueden ocurrir ráfagas que ocupen todo el ancho de banda disponible.

**El tráfico de Voz sobre IP:** Este tipo de tráfico isócrono consume pocos recursos dado que dependiendo del codec<sup>80</sup> utilizado puede requerir de 30 a 128 Kbps. Pero por otro lado, tiene algunas exigencias importantes: no admite, en general, jitter mayor de 30 milisegundos, y demoras máximas de hasta 150 milisegundos. Como la voz se reproduce en tiempo real si se superan estos valores se experimentan en la recepción pérdidas de palabras. Con respecto a la pérdida de paquetes esta debe ser menor al 1% dado que el protocolo que transmite la voz digitalizada es UDP, y en consecuencia no hay posibilidad de retransmitir los datagramas UDP erróneos recibidos. Si bien la digitalización de la voz genera muchos paquetes repetidos

---

<sup>78</sup> RSVP: Resource Reservation Protocol

<sup>79</sup> TIME OUT: Cuando se vence el tiempo de respuesta del TCP receptor.

<sup>80</sup> CODEC: Equipo **C**odificador y **D**Ecodificador.

estos últimos son eliminados en la codificación por el mecanismo de la compresión, por lo cual, no se deben perder los paquetes comprimidos debido a que estos dan lugar en la recepción, cuando se descomprime el paquete, a números paquetes de voz digitalizada.

**El tráfico de video sobre IP:** Este otro tipo de tráfico isócrono, consume muchos recursos (ancho de banda desde 384 kbps hasta 30 Mbps) a diferencia del de voz sobre IP, debido a que la tasa de información de la fuente es mayor y por lo tanto la capacidad del canal también debe ser mayor para igualar a la tasa de información. También como en el caso anterior el tráfico es impredecible y puede ocasionar ráfagas que alcancen la capacidad máxima del canal. Es sensible a la pérdida de paquetes (menor al 1%) por la compresión y a la latencia (hasta 400 milisegundos).

### **2.3. Marcado del tráfico para la implementación de QoS**

Para comenzar a aplicar las políticas de QoS lo primero que hay que hacer es marcar los paquetes para luego asignarle una clase determinada, según el tipo de tráfico.

Existen diferentes forma de marcado, analizaremos a continuación los métodos de marcado según las redes:

#### **2.3.1. Marcado del tráfico en redes Ethernet que operan con protocolo IEEE 802.1q<sup>81</sup>:**

Este protocolo posibilita el etiquetado de las tramas Ethernet para generar VLANs<sup>82</sup> a través de diferentes switches. Para introducir la identificación de la VLAN a la cual pertenece una trama se debe modificar la estructura de la trama original Ethernet, según el agregado de los campos detallados en la figura 8.

De esta forma se puede clasificar el tráfico, por ejemplo el de una videconferencia será CoS<sup>83</sup> = 4. Cuando la trama IEEE 802.1d llega al router, este no propaga dicha trama, por lo cual, se debe transferir la indicación de la marca de tráfico al datagrama IP, que puede ser versión 4 o 6.

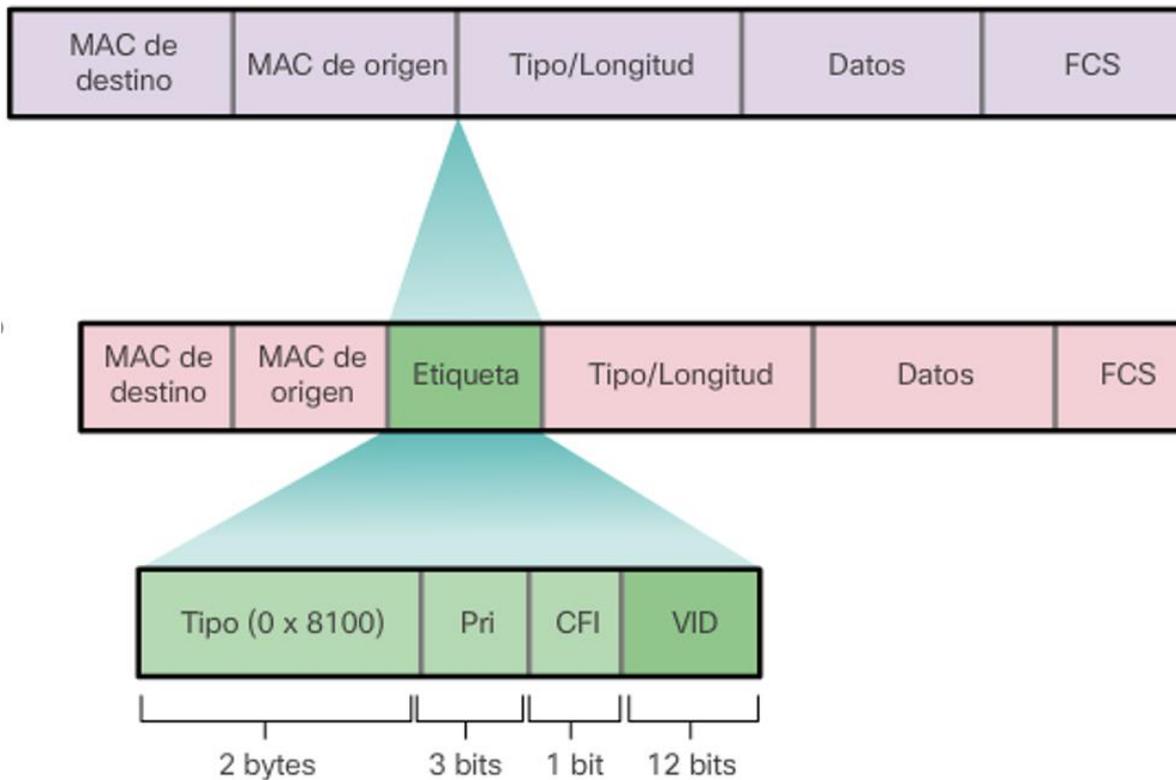
En la figura 9 se detallan los mecanismos que en cada caso se emplean. Para la versión IPv4 la prioridad se indicaba en el campo ToS (Type of Service) y la misma quedaba registrada en los tres primeros bits de dicho campo (P2, P1 y P0), correspondientes al RFC 791.

---

<sup>81</sup> Protocolo IEEE 802.1q: Estándar del IEEE para el etiquetado de tramas en redes VLANs.

<sup>82</sup> VLANs: Virtual Lan, redes virtuales.

<sup>83</sup> CoS: Class of Service



- Tipo: es un valor de 2 bytes denominado "ID de protocolo de etiqueta" (TPID). Para Ethernet, este valor se establece en 0x8100 hexadecimal.
- Prioridad de usuario: es un valor de 3 bits que admite la implementación de nivel o de servicio.
- Identificador de formato canónico (CFI): es un identificador de 1 bit que habilita las tramas Token Ring que se van a transportar a través de los enlaces Ethernet.
- ID de VLAN (VID): es un número de identificación de VLAN de 12 bits que admite hasta 4096 ID de VLAN.

**Figura 8: Marcado de una trama Ethernet para VLANs**

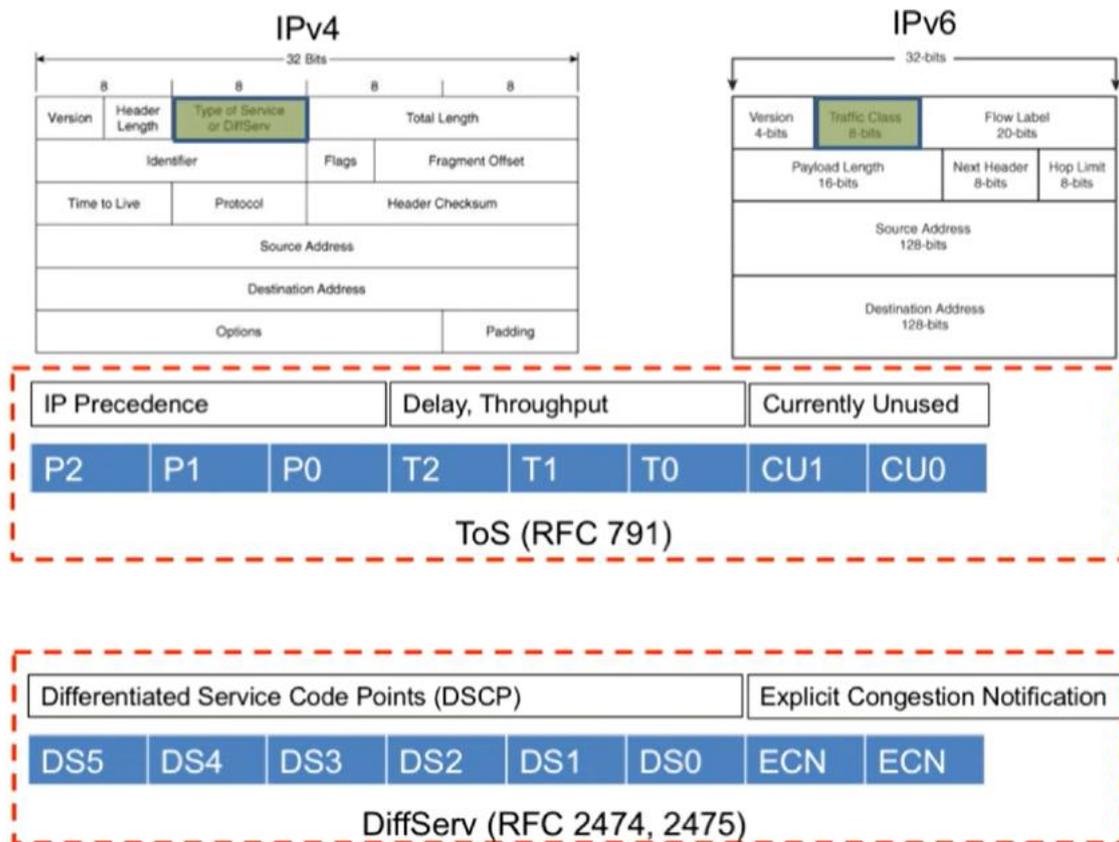
**Fuente: Interpolados. WordPress.com**

Las prioridades posibles del campo PRI son las siguientes:

- 111 (7) Reservado
- 110 (6) Reservado
- 101 (5) Trafico VOIP
- 100 (4) Videoconferencia
- 011 (3) Señalización para las llamadas
- 010 (2) Datos con prioridad alta.
- 001 (1) Datos con prioridad media.IEE
- 000 (0) Datos best effort (prioridad baja)

Como se detalló en el capítulo anterior, este mecanismo de ToS ha quedado obsoleto y actualmente ha sido reemplazado por los RFC 2474 y 2475, correspondientes al método DiffServ, denominado DSCP .

Los 8 bits del campo ToS que estaban constituidos por 3 primeros bits que indicaban prioridad del paquete, los tres siguientes correspondían a dealy, throughput y reliability y los dos últimos no tenían uso, en el esquema DSCP se convierten en 6 bits que indican el tipo de servicio y los dos últimos bits para indicar congestión (Explicit congestión Notification).



**Figura 9: Indicación de clase de servicio en datagramas IPv4 e IPv6**

Fuente: CISCO, pagina: [www.netlearning.cl](http://www.netlearning.cl)

Al respecto, Javier Rejon (2016), Calidad de servicio QoS, Mundo Telematico.com. nos dice:

Básicamente Diffserv de basa en marcar paquetes IP mediante un código llamado DSCP utilizando el campo ToS de la cabecera IP. Los router y switches de la red pueden interpretar el campo DSCP y priorizan el tráfico mediante técnicas de encolado. DSCP se transporta en los seis primeros bits del campo ToS, es decir, permite 64 valores diferentes. Pero para mantener cierta compatibilidad con los tres bits de Precedencia, el campo de seis bits del DCSP se dividió en dos grupos. Los

tres primeros bits tienen el mismo significado que el IP Precedence y marcan una prioridad en el paquete. Los tres últimos bits significan Drop Preference y también marcan un segundo nivel de orden en el posible descartado de paquetes. El valor que tiene más peso es el de Precedence. Si dos paquetes tienen el mismo Precedence, cuanto más pequeño sea del Drop Preference menos probabilidad de ser descartado. El código DSCP puede ser introducido en la cabecera IP por el propio host, para marcar el switch qué tráfico es más prioritario. Por supuesto los switches y routes pueden introducir el código DSCP a determinado tipo de tráfico que se considere prioritario en la red. Además, los switches y routes pueden también cambiar el código DSCP entrante por otro distinto, alterando el tratamiento de un determinado tipo de tráfico en la red. (Recuperado de <http://www.mundotelematico.com>).

### 2.3.2. Mapeo de la información de marcado de la capa dos a la capa tres.

Hemos visto que a nivel dos del modelo OSI las prioridades del paquete se marca con tres bits del campo PRI de la trama IEEE802.1q, no obstante, al pasar al nivel tres o nivel de red se emplea el campo DSCP en el datagrama IP que utiliza 6 bits, por lo cual, se debe mapear a la nueva prioridad en dicho campo. En la figura 10 se detalla la tabla con las equivalencias de prioridades, por ejemplo para tráfico de VOIP que tiene clase de servicio (CoS) 5 – Voice -en el nivel 2 corresponde la clase AF 46 en DSCP.

Application	CoS=IPP	AF	DSCP	ToS	ToS HEX	DP	8th bit	7th bit	6th bit	5th bit	4th bit	3rd bit	2nd bit	1st bit
Best Effort	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Scavenger	1	CS1	8	32	20		0	0	1	0	0	0	0	0
Bulk Data	1	AF11	10	40	28	Low	0	0	1	0	1	0	0	0
	1	AF12	12	48	30	Medium	0	0	1	1	0	0	0	0
	1	AF13	14	56	38	High	0	0	1	1	1	0	0	0
Network Mgmt.	2	CS2	16	64	40		0	1	0	0	0	0	0	0
Transaction Data	2	AF21	18	72	48	Low	0	1	0	0	1	0	0	0
	2	AF22	20	80	50	Medium	0	1	0	1	0	0	0	0
	2	AF23	22	88	58	High	0	1	0	1	1	0	0	0
Call Signaling	3	CS3	24	96	60		0	1	1	0	0	0	0	0
Mission-Critical	3	AF31	26	104	68	Low	0	1	1	0	1	0	0	0
Streaming Video	3	AF32	28	112	70	Medium	0	1	1	1	0	0	0	0
	3	AF33	30	120	78	High	0	1	1	1	1	0	0	0
	4	CS4	32	128	80		1	0	0	0	0	0	0	0
Interactive Video	4	AF41	34	136	88	Low	1	0	0	0	1	0	0	0
	4	AF42	36	144	90	Medium	1	0	0	1	0	0	0	0
	4	AF43	38	152	98	High	1	0	0	1	1	0	0	0
Voice	5	CS5	40	160	A0		1	0	1	0	0	0	0	0
	5	EF	46	184	B8		1	0	1	1	1	0	0	0
Routing	6	CS6	48	192	C0		1	1	0	0	0	0	0	0
	7	CS7	56	224	E0		1	1	1	0	0	0	0	0

Figura 10: Tabla de mapeo de marcado nivel 2 a nivel 3 (DSCP)

Fuente: CCNA R&S v3.0 - Conceptos de Calidad de Servicio (QoS), Netlearning Academy

### 2.3.3. Marcado de las prioridades de los paquetes en MPLS.

Como se detalló en el punto 1.7 en la etiqueta del MPLS existe un campo de tres bits denominado EXP en el cual se inserta la prioridad del paquete.

En la figura 11 se puede observar una captura de una trama que contiene una etiqueta MPLS y a continuación el datagrama IP.

En los cinco primeras líneas de la captura se detallan los datos extraídos de la cabecera de la trama Ethernet. En el recuadro se indican los campos de la etiqueta MPLS en la cual se detallan los valores de los siguientes campos:

- MPLS Label: 16 (corresponde al valor numérico de la etiqueta)
- MPLS EXP: 0 (prioridad del paquete, en este caso la mas baja).
- MPLS S: 1(ultima etiqueta)
- MPLS TTL: 254 (tiempo de vida)

Luego se puede observar en la captura que se detallan los campos del datagrama IP y por último se indica que a continuación se encuentra el datagrama ICMP<sup>84</sup>, el cual, no se desarrolla en el ejemplo.

La cabecera de nivel 2 (L2 Header) corresponde al protocolo de nivel 2 (nivel de enlace), en el caso de esta captura el protocolo es Ethernet. Luego siguen los campos de la etiqueta del MPLS (Label Value, Exp, S, TTL), y por ultimo comienza la cabecera del datagrama IP (L3 Header).

---

<sup>84</sup> ICMP: Internet Control Message Protocol.

L2 Header	Label Value	EXP	S	TTL	L3 Header
-----------	-------------	-----	---	-----	-----------

```

Frame 5: 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits)
Ethernet II, Src: Cisco_c4:f3:22 (00:23:04:c4:f3:22), Dst: Cisco_be:0e:c9 (00:16:c7:be:0e:c9)
Destination: Cisco_be:0e:c9 (00:16:c7:be:0e:c9)
Source: Cisco_c4:f3:22 (00:23:04:c4:f3:22)
Type: MPLS label switched packet (0x8847)
MultiProtocol Label Switching Header, Label: 16, Exp: 0, S: 1, TTL: 254
0000 0000 0000 0001 0000 .... = MPLS Label: 16
.... = MPLS Experimental Bits: 0
....1 .... = MPLS Bottom Of Label Stack: 1
.... 1111 1110 = MPLS TTL: 254
Internet Protocol Version 4, Src: 5.5.5.5 (5.5.5.5), Dst: 1.1.1.1 (1.1.1.1)
Version: 4
Header Length: 20 bytes
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00: Not-ECT (Not ECN-Capable Transport))
Total Length: 100
Identification: 0x006e (110)
Flags: 0x00
Fragment offset: 0
Time to live: 254
Protocol: ICMP (1)
Header checksum: 0xb01f [validation disabled]
Source: 5.5.5.5 (5.5.5.5)
Destination: 1.1.1.1 (1.1.1.1)
[Source GeoIP: Unknown]
[Destination GeoIP: Unknown]
Internet Control Message Protocol

```

**Figura 11: Captura de una trama MPLS**

**Fuente: CCNA CISCO (2015)**

#### 2.4. Métodos para el control de la calidad de servicio en una red con congestión.

Una de las principales acciones para controlar el congestionamiento en los nodos de la red se basa en el encolamiento o queuing de los paquetes que posibilita priorizar y reordenar los mismos, como así también, administrar los buffers<sup>85</sup> de los nodos, especialmente durante los periodos de congestión.

Los principales tipos de colas son las siguientes: FIFO<sup>86</sup>, WFQ<sup>87</sup>, CBWFQ<sup>88</sup> y LLQ<sup>89</sup>.

**El método FIFO:** en este método no hay manejo de prioridades el paquete que llega primero sale primero, es el método de encolamiento de las interfases Ethernet. No hay manejo de tráfico sensible y la cola es única.

**El método WFQ:** en la figura 12 puede visualizarse un esquema de una cola WFQ en la cual convergen paquetes con alta prioridad (verde), media prioridad (roja), prioridad normal (violeta) y baja prioridad (amarillo). Este método evita que un único flujo, por ejemplo, el de mayor prioridad consuma todo el ancho de banda disponible.

<sup>85</sup> BUFFER: Memoria que posibilita en los nodos almacenar temporalmente los paquetes, hasta cierta cantidad.

<sup>86</sup> FIFO: First In, First Out.

<sup>87</sup> WFQ: Weighted Fair Queuing

<sup>88</sup> CBWFQ: Class Based Weighted Fair Queuing

<sup>89</sup> LLQ: Low Latency Queuing

En forma dinámica divide el tráfico de entrada en colas de diferentes prioridades, almacenadas en un buffer, en cada una de las colas los paquetes se despachan según la técnica FIFO. En la figura 12 se observa que el primer paquete que arriba al router tiene prioridad media (rojo) el cual podrá ser despachado una vez que lo hayan sido los tres paquetes que están en la cola de alta prioridad (verde).



**Figura 12: Esquema de funcionamiento de una cola WFQ**

**Fuente: CCNA R&S v3.0 - Conceptos de Calidad de Servicio (QoS), Netlearning Academy**

**El método CBWFQ:** Este método se basa en el WFQ pero la diferencia consiste en que la implementación de las clases de tráfico que son las equivalentes a las colas de diferentes prioridades del método WFQ. Por ejemplo, la prioridad más alta será la clase 1, la prioridad media será clase 2, y así sucesivamente. Los paquetes de cada clase se transmiten según el método FIFO.

A cada clase se le asigna una cantidad máxima de paquetes que puede enviar por turno y también un ancho de banda máximo garantizado, para periodos de congestión.

Las clases se definen mediante las listas de acceso<sup>90</sup> (ACL), las cuales se configuran manualmente.

**El método LLQ:** Se basa en el CBWFQ pero asigna prioridad automática al tráfico isócrono como la voz y el video, tráfico sensible a la latencia. Esta particularidad de tratamiento del tráfico dependiente del tiempo (en tiempo real) no existe en WFQ, ni tampoco en CBWFQ.

<sup>90</sup> LISTAS DE ACCESO: Access Control List (ACL), conjunto de reglas que posibilitan permitir o denegar tráfico en función de condiciones preestablecidas.

## Políticas para la implementación de la calidad de servicio

Como se mencionó en el capítulo anterior las políticas relativas a la QoS de las redes son las siguientes:

**Best Effort:** Significa “el mejor esfuerzo”, en realidad con best effort no se ejecuta ninguna función inherente a la QoS, sino que por el contrario significa que el paquete hace lo que puede para llegar a destino. La red no ejecuta ninguna acción al respecto. Como ejemplo podemos citar una red que opera con IP.

**Servicios Integrados (IntServ):** Es la que brinda el mas alto nivel de QoS pero también el que utiliza la mayor cantidad de recursos de la red. Entre la fuente del paquete y el destino se establece la reserva de recursos necesarios en los nodos para garantizar la QoS mediante el protocolo RSVP<sup>91</sup>. Esta política esta siendo reemplazada por la DiffServ, por ser mas flexible y eficiente en la utilización de los recursos de red.

**Servicios diferenciados (DiffServ):** Se basa en la existencia de diferentes clases de trafico y el reconocimiento de dichas clases por parte de los nodos de la red, dentro del dominio de QoS de la red se le da a cada paquete el marcado e identificación correspondiente. Como se indicó precedentemente ofrece mayor flexibilidad y eficiencia que el método IntServ.

Los nodos finales en las redes (fuente y receptor) de los paquetes en general no soportan calidad de servicio, la QoS se comienza a aplicar en los dispositivos de red de borde<sup>92</sup>. La QoS se debe aplicar en todos los dispositivos de red por los que transitará el paquete<sup>93</sup>, esas políticas de QoS se pueden aplicar manualmente o mediante herramientas informáticas específicas, por ejemplo Cisco tiene la funcionalidad EASY QoS de la aplicación APIC EM que posibilita en forma automática aplicar la política de calidad de servicio en todos los nodos de la red.

Para llevar adelante las acciones que posibiliten la implementación de QoS, es necesario la realización de las siguientes tareas relativas a los datos: clasificación, marcado, priorización, determinación de las tasas máxima y mínima para el tráfico considerado.

---

<sup>91</sup> RSVP: Resource Reservation Protocol. Establece un circuito virtual de QoS entre fuente y destino

<sup>92</sup> DISPOSITIVO DE RED DE BORDE: Primer dispositivo, generalmente un router, que pertenece a la subred de acceso a la red de transporte.

<sup>93</sup> QoS EN CADA NODO DE RED: A esta característica se la denomina Per Hop Behaviour.

La clasificación permite categorizar los flujos<sup>94</sup> en clases de servicio (CoS) ,si bien existen cuatro tipos distintos de clasificación, en este estudio analizaremos la denominada “clasificación simple” que se basa en los campos del encabezado de los datagramas IP, y no requiere de la lectura de otros campos del datagrama.

En la figura 13 podemos observar las acciones que se deben implementar para poner en práctica la política de DiffServ en una red.

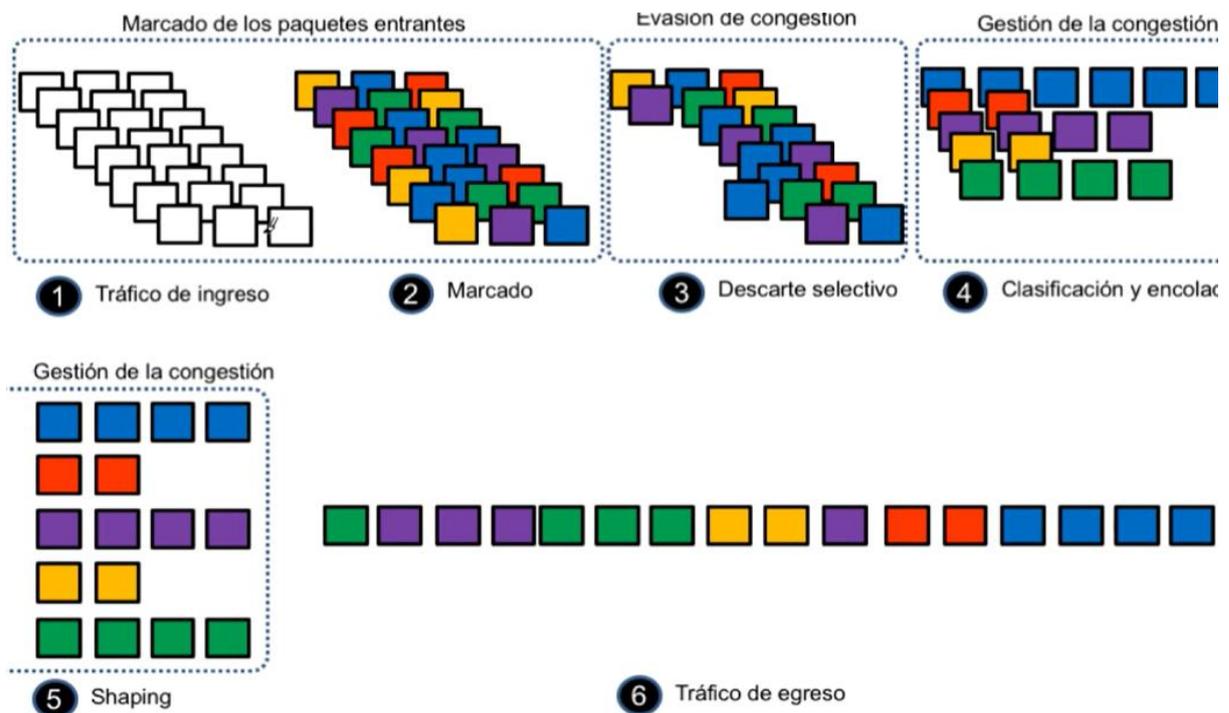
En la figura 13 se puede observar que el trafico de ingreso (1) no esta marcado y todos los paquetes tienen igual prioridad, esto es porque provienen de un host que no maneja QoS.

En la siguiente secuencia (2) marcado se produce el marcado de los paquetes en función de la prioridad, ancho de banda o clases u otro parámetro. Una vez marcado el trafico se puede descartar cierto tráfico (3) descarte selectivo y pasar a la siguiente etapa que consiste en aplicar el clasificado y encolamiento de los paquetes con alguno de los métodos descritos en el punto 2.2, por último, en el paso (5) se puede aplicar a las colas armadas las políticas como Shaping o ancho de banda.

Debemos distinguir entre trafico shaping y trafico policing. El primero consisten retener los paquetes en exceso en una cola en memoria y luego reenviarlos más tarde cuando se verifique un tráfico menor al máximo permitido, de esta forma, los paquetes no se pierden, solo se retrasan. Mientras que trafico policing se basa en eliminar los paquetes cuando los mismos superen la tasa máxima permitida, pero a diferencia de trafico shapinmg dichos paquetes si se eliminan.

---

<sup>94</sup> FLUJO: Conjunto de paquetes que comparten el mismo criterio de clasificación aunque provengan de diferentes caudales (direcciones IP diferentes o puertos también diferentes, etc)



**Figura 13: Acciones para implementar QoS en la red.**

**Fuente: CISCO, Recuperado de: [www.netlearning.cl](http://www.netlearning.cl)**

## 2.5. Las redes globales IP/MPLS de las TELCOs para la implementación de redes corporativas.

### 2.5.1. Introducción a las redes globales.

Comenzaremos definiendo el concepto de red corporativa: es un conjunto de redes LAN pertenecientes a una empresa (también identificadas como sitios de la empresa u organismo que quiere implementar una red corporativa), distribuidas en diferentes lugares geográficos de un país y/o también a nivel internacional, vinculadas en una conexión full mesh<sup>95</sup> para la transmisión de datos y señales isócronas a través de una red de transporte pública (red global) de una o varias empresas públicas de telecomunicaciones.

Por lo expuesto, la calidad de servicio (QoS) de la red corporativa debe ser brindada por la red global de las TELCOs, dado que las redes LAN no tienen QoS.

Existen otras formas o arquitecturas de red para implementar la conectividad entre los diferentes sitios de una empresa y formar una red corporativa y son los siguientes:

<sup>95</sup> CONEXIÓN FULL MESH: Todos los sitios se vinculan entre si directamente sin pasar por un nodo central.

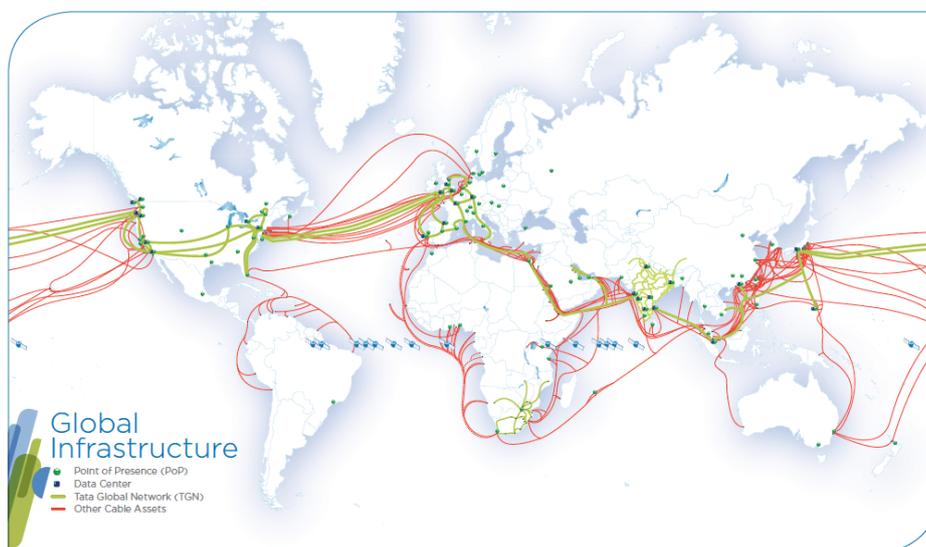
- **Enlaces dedicados punto a punto:** esta es una arquitectura de red que tiene buen nivel de seguridad dado que los enlaces son dedicados, no obstante es de muy alto costo y no tiene flexibilidad.
- **Utilización de la red Internet y para establecer VPNs entre todas las dependencias o sitios de la empresa:** Esta solución es muchos más económica que la anterior pero no brinda calidad de servicio, es muy poco flexible y compleja de implementar y mantener.
- **Utilización de una red de transporte pública de una empresa de telecomunicaciones con tecnología Frame Relay:** No brinda calidad de servicio, y las capacidades de transmisión es limitada especialmente para señales isócronas, es una tecnología obsoleta.
- **Utilización de una red de transporte pública de una empresa de telecomunicaciones con tecnología IP/MPLS:** Esta solución, es la más eficiente y es la que brinda calidad de servicio, seguridad compatible con las VPNs, escalabilidad y administración sencilla. El costo dependerá de la calidad de servicio contratado, como así también, del ancho de banda de los enlaces.

### 2.5.2. Arquitectura de una red global de una empresa de telecomunicaciones.

Las empresas de telecomunicaciones internacionales como el caso de Telefónica, Telecom, etc han implementado redes globales de tecnología IP que abarcan varios continentes, al respecto Telefonica Data Corp S.A. (2003), Anexo técnico de Servicio VPN IP MPLS Internacional, detalla:

TData dispone de una Red Global de tecnología IP / MPLS / Frame Relay / ATM con cobertura en Latinoamérica, Centroamérica, USA y Europa. Esta Red Global de TData sirve como elemento de interconexión de equipos de clientes de las redes nacionales de TData en cada país y como punto de acceso a los backbones de Internet en Europa y USA. El portfolio de productos y servicios de TData, ofrece soluciones de comunicaciones integrales (datos, voz y video) a nivel internacional, con posibilidad de gestión extremo a extremo de cliente. La conexión transatlántica de la Red Global entre USA (New York y Miami) y Europa (Londres y Madrid), se realiza con accesos de fibra óptica de alta capacidad con velocidades de acceso STM – 16 a 2,5 Gbps. (Referencia: TDC-ANEXO-VPN-IP- MPLS -1.0)

En la figura 14 se detalla la red Internacional de Telefónica, se puede observar que abarca todos los continentes que en su mayoría son enlaces de fibra óptica y/o satelitales.



**Figura 14: Red Internacional de Telefónica**

**Fuente: Redes Telemáticas . (<https://redestelematicas.com>)**

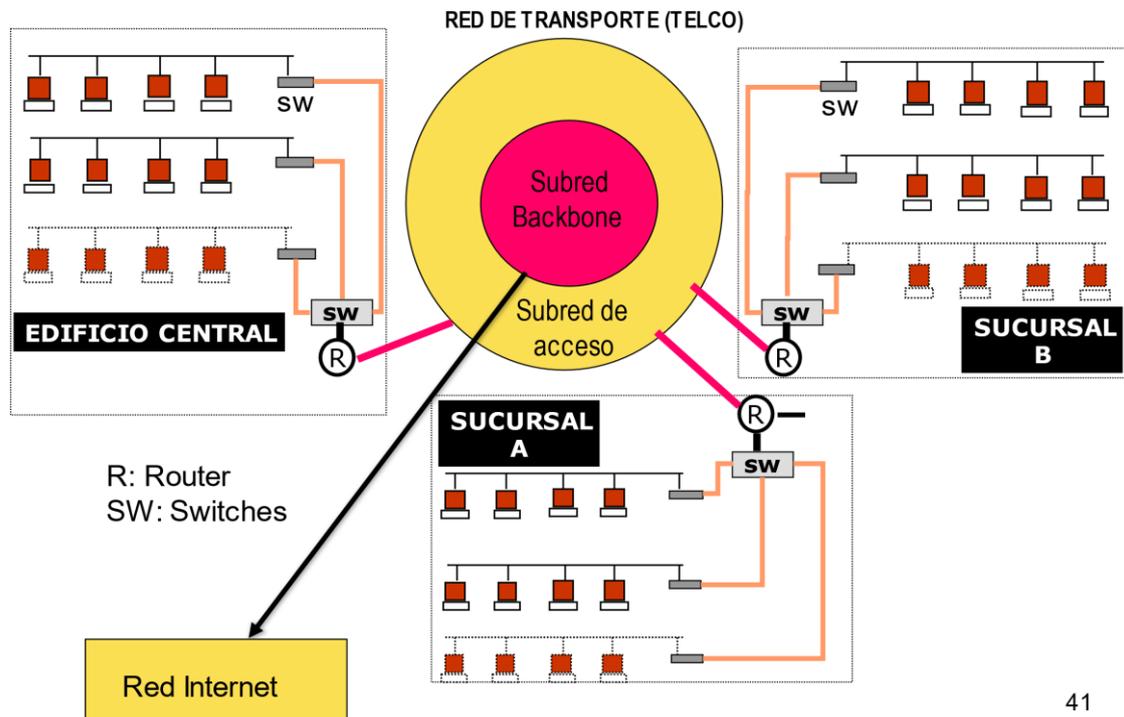
Las redes globales utilizan en general sistemas de transporte SDH y DWDM<sup>96</sup> conectados mediante fibra óptica monomodo y enlaces satelitales geoestacionarios en sitios donde no llega la fibra óptica.

Si una empresa u organismo necesita implementar una red entre sus dependencias ubicadas en diferentes países las redes globales mencionadas suministran el medio más económico y eficaz para el armado de la red corporativa de dicha empresa u organismo, por otro lado, con el agregado de la QoS específica y necesaria por enlace, aplicación y servicio.

La red global de una TELCO se la denomina también red de transporte y está constituida por dos subredes: la subred de acceso (que se conecta directamente con los clientes) y la subred troncal o backbone que opera con protocolos y enlaces de alta capacidad para conectar los nodos de la subred de acceso. En la figura 15 se detalla un esquema de una red corporativa que utiliza una red de transporte de una TELCO para conectar tres sitios de una empresa (casa central y dos sucursales).

<sup>96</sup> DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing. Multiplexado denso por división en longitudes de onda.

## Implementación de una red corporativa



41

**Figura 15: Red corporativa de una empresa**

**Fuente: Biblioteca digital UBA FCE**

El router en el domicilio del cliente (casa central o sucursal) realiza la conexión entre la red LAN del cliente, que no tiene QoS, y el primer nodo (router) de la subred de acceso, que puede ser la entrada a la red IP/MPLS y en ese caso si dispone de QoS.

Para obtener seguridad en las comunicaciones utilizando redes públicas IP, como la red Internet, existen las denominadas Redes Privadas Virtuales o VPN<sup>97</sup> que utilizan una infraestructura de red pública pero permite comunicar los diferentes sitios de una empresa con seguridad.

Al respecto en el sitio Cisco (2022) se detalla el alcance de una VPN:

Una red privada virtual o VPN es una conexión cifrada a Internet desde un dispositivo a una red. La conexión cifrada ayuda a garantizar la transmisión segura de datos confidenciales. Evita que las personas no autorizadas espíen el tráfico y permite que el usuario trabaje de manera remota. La tecnología de VPN se usa ampliamente en los entornos corporativos... una VPN extiende la red corporativa a través de conexiones

<sup>97</sup> VPN: Virtual Private Network.

cifradas por Internet. Debido a que el tráfico está cifrado entre el dispositivo y la red, el tráfico sigue siendo privado durante el recorrido. Un empleado puede trabajar fuera de la oficina y, aun así, conectarse de manera segura a la red corporativa. Incluso se pueden conectar smartphones y tablets mediante la VPN.

Recuperado del HTTP: [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/products/security/vpn-endpoint-security-clients/what-is-vpn.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/products/security/vpn-endpoint-security-clients/what-is-vpn.html).

Para establecer las comunicaciones entre los sitios de la empresa se emplean túneles<sup>98</sup> que se forman encapsulando el datagrama IP generado en cada red LAN de cada sitio en otro datagrama IP nuevo que es transportado desde el origen del túnel hasta el final del mismo, en este se entrega el datagrama original al destino. De esta forma los datagramas transmitidos incluyen dos cabeceras IP, una es la original generada por la fuente del datagrama y la otra se genera para formar el túnel y encaminar el datagrama a través de la red pública.

Pero la implementación de VPNs mediante el modelo descrito tiene un inconveniente importante en la limitación que impone a la estabilidad de la red, dado que se requiere de un túnel configurado estáticamente cada dos sitios de la empresa o corporación, con lo cual hay que implementar cientos de túneles en los routers de frontera y esa tarea complica la configuración eficaz de los túneles.

Para evitar este inconveniente y tener seguridad se emplea la tecnología MPLS, que además brinda calidad de servicio a las comunicaciones. De esta forma se evita la necesidad de utilizar túneles gracias a que los routers de la red de transporte de la empresa de telecomunicaciones al operar con MPLS no necesitan examinar la cabecera IP para el encaminamiento de los datagramas, sino que lo hacen a través de las etiquetas insertadas en el paquete e introducida a la entrada a la red IP/MPLS por los routers denominados LER.

Al respecto en el Anexo Técnico de Servicio VPN IP MPLS Internacional de Telefónica Data (2003) dice:

Por este motivo, si los routers de frontera de entrada a la Red IP son capaces de colocar las etiquetas adecuadas a los paquetes de tal modo que el tráfico de cada VPN se encamine únicamente a puntos pertenecientes a la misma VPN habremos conseguido establecer VPNs totalmente transparentes de cara al backbone de la red, que no necesita tener información del direccionamiento de cada VPN, y además

---

<sup>98</sup> TÚNELES: Los túneles VPN se generan mediante el proceso de encriptado y encapsulamiento.

evitamos el tener que configurar múltiples túneles estáticos entre las distintas delegaciones de una misma VPN.(p.24)

### **2.5.3. Gestión de la red global.**

Estas redes tienen un control y monitoreo centralizado por parte de la empresa de telecomunicaciones propietaria que le posibilita la elaboración de informes permanentes sobre el estado de los enlaces y los nodos. En el caso de una red corporativa, implementada mediante una red global, el servicio de monitoreo y control incluye también el router en el sitio del cliente y el enlace con la subred de acceso.

La gestión no solo es el monitoreo sino también el mantenimiento de primer, segundo y tercer escalón del hardware y software de la red e incluye hasta el router en el sitio del cliente. Cabe aclarar que ese router en la instalación del cliente no es parte de la red MPLS, no es un router LER ni uno LSR como se detalló en el capítulo 1.

En las redes corporativas VPN IP MPLS, la gestión de los equipos se realiza por parte de la empresa que brinda el servicio de la red de transporte y esto se debe a que la configuración de los equipos incluido el router en el sitio del cliente deben tener políticas compatibles con las implementadas en la red global de transporte.

### **2.5.4. Modalidades de acceso al servicio de una red global IP/MPLS**

Para el acceso por parte de las empresas a las redes globales IP/MPLS de las TELCOs existen diferentes modalidades, según sean los servicios requeridos por el cliente y las velocidades de los enlaces.

#### **Acceso mediante línea punto a punto.**

Este tipo de acceso se lleva a cabo mediante una línea que opera con el sistema de multiplexación digital PDH o SDH y con el protocolo PPP<sup>99</sup>. Este último posibilita el transporte de datagramas multi-protocolo sobre enlaces punto a punto.

El protocolo PPP a su vez está conformado por tres protocolos; el LCP<sup>100</sup> que se utiliza para establecer, configurar y mantener el enlace de datos en una conexión PPP. El protocolo NCP<sup>101</sup> que posibilita a nivel de red establecer y configurar diferentes protocolos de red y el

---

<sup>99</sup> PPP: Point To Point Protocol.

<sup>100</sup> LCP: Link Control Protocol.

<sup>101</sup> NCP: Network Control Protocol.

protocolo HDLC<sup>102</sup> que se emplea para encapsular los datagramas IP y brindar un transporte orientado a la conexión.

Con respecto al protocolo HDLC, Tanenbaum (2003) agrega:

Todos se derivan del primer protocolo de enlace de datos usado en los mainframes de IBM: el protocolo SDLC (Control sincrónico de Enlace de Datos). Después de desarrollar SDLC, IBM lo sometió al ANSI<sup>103</sup> y la ISO<sup>104</sup> para su aceptación como estándar de Estados Unidos e internacional, respectivamente. El ANSI lo modificó convirtiéndolo en ADCCP (Procedimiento Avanzado de Control de Comunicaciones de Datos), y la ISO lo modificó para convertirlo en HDLC. (Pag.234).

### **Acceso a través de una red Frame Relay**

El protocolo Frame Relay es una derivación del primer protocolo de datos que fue el X.25, y se basa en la retransmisión de tramas, su capacidad de transmisión es baja (2 Mbps) y presenta limitaciones para la transmisión de señales isócronas.

En las redes corporativas se utilizó al comienzo como red de acceso a la red troncal o backbone.

El caudal IP brindado al cliente es igual al CIR o tráfico garantizado y corresponde al caudal IP contratado con el cliente y tiene carácter simétrico<sup>105</sup>. El tráfico generado en la instalación del cliente (LAN) se encapsula en las tramas Frame Relay y se encamina a través de PVC<sup>106</sup> definidos entre el puerto de salida de la LAN del usuario y el puerto de acceso al nodo Frame Relay de la subred de acceso a la red de transporte de la empresa de telecomunicaciones.

En la figura 16 se puede observar la topología de una red Frame Relay en la cual para vincular a las cinco sedes se emplean enlaces permanentes o PVC de 48 y 256 kbps entre los nodos Frame Relay.

---

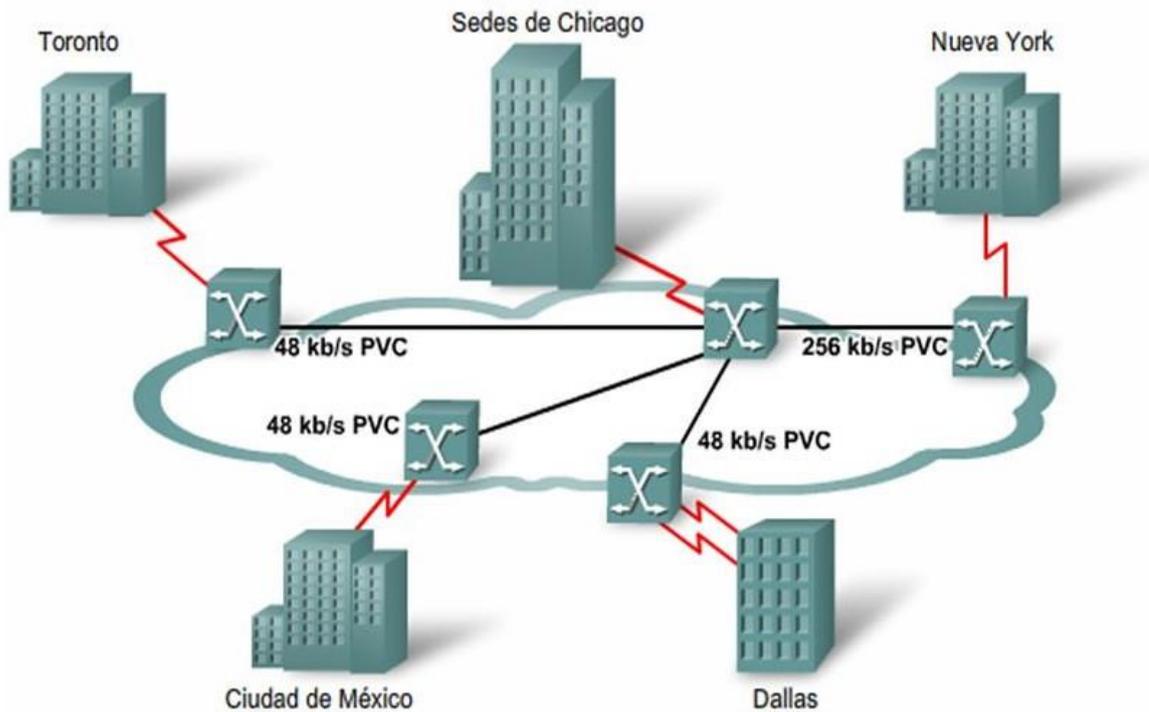
<sup>102</sup> HDLC: High Level Data Link Control.

<sup>103</sup> ANSI: American National Standard Institute.

<sup>104</sup> ISO: International Standard Organization.

<sup>105</sup> CARACTER SIMÉTRICO: La velocidad de bajada y subida a la red de la TELCO es la misma.

<sup>106</sup> PVC: Permanent Virtual Connection



**Figura 16: Topología de una red Frame Relay**

**Fuente: Cisco CCNA Routing&Switching**

**Recuperado de: <https://ccnadesdecero.es/introduccion-a-frame-relay/>**

Con respecto a las características de la red Frame Relay Alfaro (2019) agrega:

Las redes Frame Relay se construyen partiendo de un equipamiento de usuario que se encarga de empaquetar todas las tramas de los protocolos existentes en una única trama Frame Relay. También incorporan los nodos que conmutan las tramas Frame Relay en función del identificador de conexión, a través de la ruta establecida para la conexión en la red. Este equipo se denomina FRAD o «Ensamblador/Desensamblador Frame Relay» (Frame Relay Assembler/Disassembler) y el nodo de red se denomina FRND o «Dispositivo de Red Frame Relay» (Frame Relay Network Device). La información transmitida en una trama Frame Relay puede oscilar entre 1 y 8.250 bytes, aunque por defecto es de 1.600 bytes. En Frame Relay, por tanto, los dispositivos del usuario se interrelacionan con la red de comunicaciones, haciendo que sean aquellos mismos los responsables del control de flujo y de errores. La red sólo se encarga de la transmisión y conmutación de los datos, así como de indicar cual es el estado de sus recursos.

En el caso de errores o de saturación de los nodos de la red, los equipos del usuario solicitarán el reenvío (al otro extremo) de las tramas incorrectas y si es preciso reducirán

la velocidad de transmisión, para evitar la congestión. (Centro Tajamar). Recuperado de: <https://techclub.tajamar.es/frame-relay-3/>.

### **Acceso a través de Subred ATM**

El acceso a la red troncal IP/MPLS de la TELCO en este caso se realiza a través de enlaces con tecnología ATM, descrita en el punto 1.4.

La clase de servicio que se emplea para estos accesos es VBR - rt<sup>107</sup>, mientras que los valores de PCR<sup>108</sup> (exceso de tráfico) y SCR (tráfico garantizado) dependen de la capacidad del enlace contratado. Recordemos que como se indicó en el capítulo 1 con ATM se trató de combinar la eficacia de los switches ATM con la capacidad de encaminamiento de los routers IP.

Al respecto J. Barbera (2007) nos dice:

A favor de integrar los niveles 2 y 3 estaba el hecho de las infraestructuras de redes ATM que estaban desplegando los operadores de telecomunicación. Estas redes ofrecían entonces (1995-97) una buena solución a los problemas de crecimiento de los NSPs<sup>109</sup>. Por un lado, proporcionaba mayores velocidades (155 Mbps) y, por otro, las características de respuesta determinísticas de los circuitos virtuales ATM posibilitaban la implementación de soluciones de ingeniería de tráfico. El modelo de red "IP sobre ATM" (IP/ATM) pronto ganó adeptos entre la comunidad de NSPs, a la vez que facilitó la entrada de los operadores telefónicos en la provisión de servicios IP y de conexión a la Internet al por mayor.

El funcionamiento IP/ATM supone la superposición de una topología virtual de routers IP sobre una topología real de conmutadores ATM. El backbone ATM se presenta como una nube central (el núcleo) rodeada por los routers de la periferia. Cada router comunica con el resto mediante los circuitos virtuales permanentes (PVCs) que se establecen sobre la topología física de la red ATM. Los PVCs actúan como circuitos lógicos y proporcionan la conectividad necesaria entre los routers de la periferia. Estos, sin embargo, desconocen la topología real de la infraestructura ATM que sustenta los PVCs. Los routers ven los PVCs como enlaces punto a punto entre cada par. (RedIRIS). Recuperado de:

<https://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/53/enfoque1.html>.

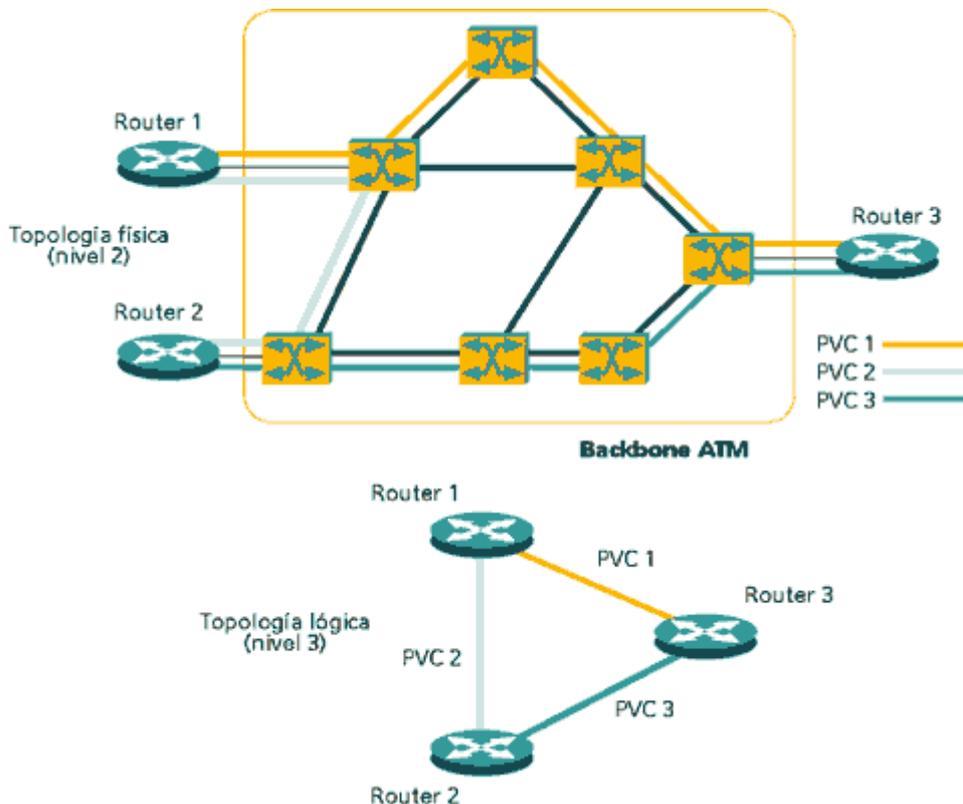
---

<sup>107</sup> VBR -rt: Variable Bit Rate in real time. Tasa de velocidad variable en tiempo real.

<sup>108</sup> PCR: Peak Cell Rate

<sup>109</sup> NSP: Network Services Provider

En la figura 17 se representa un ejemplo de la topología física de una red ATM con respecto a la topología lógica IP. Los routers 1,2 y 3 se comunican en la red ATM mediante circuitos virtuales permanentes PVC1.2 y3, figura superior. En la figura inferior se muestra la topología lógica a nivel IP.



**Figura 17: Comparación topología física ATM y topología lógica IP**

**Fuente: RedIRIS – Barbera**

Recuperado de: <https://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/53/enfoque1.html>

El flujo de paquetes provenientes de la misma fuente circula por un circuito virtual LSP. Habrá un LSP exterior a la red ATM de entrada y otro de salida, y también están los LSP interiores a la red ATM. La conmutación entre los LSP se efectúa en cada router (LER o LSR) siguiendo las indicaciones que existen en las tablas de ruteo de los mismos. Cada entrada y salida de la tabla tiene una etiqueta asociada.

En la figura 18 se detalla un ejemplo una tabla de etiquetas de un router LSR del núcleo MPLS. Se observa que un paquete que llega al router por la interfase de entrada 3 y que lleva la etiqueta número 45 se le asigna de salida la interfase 4 y se le cambia el número de etiqueta a 22.



**Figura 18: Tabla de etiquetas del router LER**

**Fuente: RedIRIS - Barbera**

Recuperado de: <https://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/53/enfoque1.html>

La clase de servicio ATM que se emplea para datos es AAL-5. Esta clase normalizado en el RFC<sup>110</sup> ha sido diseñado para utilizarse con TCP/IP y considera que los paquetes son secuenciales desde el usuario final.

En la Figura 19 se detallan las clases de servicios en las redes ATM.

**ATM Adaptation Layer 1 (AAL1):** Se emplea para transmitir señales isócronas, voz y video sin comprimir y trafico interactivo. El servicio es orientado a conexión, esta garantizado y soporta trafico constante **CBR**(Constant Bit Rate).

**ATM Adaptation Layer 2 (AAL2):** Se emplea para transmitir señales isócronas comprimidas por lo cual soporta **VBR-rt** (Variable Bit Rate in real time). Es orientado a conexión, el trafico esta garantizado pero de baja prioridad.

**ATM Adaptation Layer 3 y 4 (AAL3 y AAL4):** Se emplea para tráfico asíncrono de datos no garantizado, soporta VBR y el circuito es orientado a conexión.

**ATM Adaptation Layer 5 (AAL5):** Provee un servicio no garantizado y de baja prioridad, como pueden ser: IP sobre ATM, Ethernet sobre ATM y SMDS<sup>111</sup>.

**Figura 19: Clases de servicios en redes ATM**

**Fuente: Propia**

Desde la subred ATM, para el acceso a la red IP/MPLS, se definen circuitos en la modalidad circuito doble, a efectos de tener redundancia física de acceso.

De esta forma, en el caso de que el acceso sea vía ATM el tráfico IP generado en las redes LAN de los sitios de una red corporativa es encapsulado en celdas ATM<sup>112</sup> (según RFC

<sup>110</sup> RFC: Request For Comment

<sup>111</sup> SMDS: Switched Multi-megabit Data Service

<sup>112</sup> Celdas ATM: Las celdas son los paquetes ATM de 48 Bytes.

1483) y transmitidos a través de la subred de acceso ATM hacia el backbone de la red de transporte de la TELCO (IP/MPLS).

### **2.5.5. Calidad de servicio en una red IP/MPLS**

Las redes IP/MPLS, como se ha mencionado anteriormente, ofrecen la posibilidad de brindar calidad de servicio, acorde a los requerimientos de los clientes y con la finalidad de implementar la red corporativa de la empresa u organización.

A medida que se incrementa la calidad de servicio de los enlaces de cada sitio de la red corporativa aumenta el costo mensual del abono de dichos enlaces y en consecuencia el costo mensual de toda la red.

Con respecto al termino calidad, referido a una red, Ferguson y Huston (1998) nos dice:

La calidad puede abarcar muchas propiedades de las redes, pero generalmente se asocia el termino calidad al proceso de enviar datos de forma confiable o de alguna forma mejor que normal. Este método incluye aspectos como: mínima pérdida de datos y latencia, características de la demora consistente con mínimo jitter y la capacidad de determinar el uso eficiente de los recursos de la red (p.2) .Traducción propia.

Para estandarizar los servicios que ofrece una TELCO, mediante su red de transporte IP/MPLS, se definen las clases de servicio de dicha red. Básicamente las clases serán distintas dependiendo del servicio solicitado y del tipo de señal, sea esta de datos o multimedia (señales isócronas).

Para discriminar el tratamiento que se debe brindar a cada datagrama IP se utiliza el campo precedencia, descrito en el capítulo 1, de la cabecera de dicho paquete, y el manejo de prioridades de los equipos (routers) de la red MPLS.

#### **2.5.5.1. Clases de Servicio**

Las empresas que implementan la red corporativa mediante la conexión a una red IP/MPLS pueden disponer de tres o cuatro clase de servicio según la red de transporte de la empresa de telecomunicaciones. En este punto basaremos el estudio en las clases de servicio ofrecida por una empresa en particular: Telefónica de Argentina.

En la figura 20 se detallan las clases de servicio ofrecidas por la empresa Telefónica.

**Clase de servicio Bronce:** Corresponde al tráfico denominado Best Effort, que representa la navegación simple en Internet. En Best Effort no se asegura ningún parámetro de calidad de servicio. En caso de producirse congestión en la red los paquetes correspondientes a la clase Bronce son los primeros que se descartan.

**Clase de servicio Plata:** Corresponde a la transmisión de datos de baja prioridad o para aplicaciones institucionales que no sean de misión crítica.

**Clase de servicio Oro:** Para aplicaciones de misión crítica, las que tienen alta prioridad para la empresa, este tipo de servicio garantiza una baja pérdida de paquetes, como así también, un retardo mínimo. Por tratarse de datos no interesa la variación del retardo o jitter. Esta clase es la que requiere mayor cantidad de recursos de la red para la transmisión de datos. En caso de congestión los datagramas IP de esta clase son los últimos en descartarse.

**Clase de servicio Multimedia:** Corresponde a la transmisión de señales isócronas (Voz y Video) con alta prioridad. Por tratarse de señales en tiempo real<sup>113</sup> en este tipo de tráfico interesa la demora de los datagramas porque hay que recomponer en el destino la voz o el video. Si la demora de todos los paquetes del flujo es la misma ésta se puede compensar, pero cuando la demora es variable o sea existe Jitter no es posible la compensación y entonces es importante que el jitter sea mínimo.

Cuando este tráfico este comprimido es necesario que la pérdida de paquetes sea pequeña dado que al estar comprimido la pérdida de un paquete en la recepción implica generar cientos de paquetes a partir de la descompresión del paquete original comprimido transmitido.

Li & Drew (2004) definen multimedia como...las aplicaciones que emplean múltiples modalidades para operar, incluyendo textos, imágenes, dibujos, gráficos, animaciones, videos, sonido, palabras (pag. 3), Traducción propia.

**Clase de servicio Gestión:** Corresponde a los protocolos internos de la red de transporte IP/MPLS de la empresa utilizados para el monitoreo y control de la red. El ancho de banda para este servicio parte de 16 Kbps y la calidad de servicio es compatible con el tráfico Oro.

---

<sup>113</sup> TRAFICO EN TIEMPO REAL: A diferencia del trafico diferido en este caso los paquetes en recepción se procesan inmediatamente para recomponer la voz o el video.

CLASES DE SERVICIO	Parámetros de QoS			Tipo de trafico
	Perdida de Paquetes	Latencia	Jitter	
Calidad BRONCE	NO	NO	NO	Best Effort
Calidad PLATA	SI	SI	NO	Trafico de datos de baja prioridad
Calidad ORO	SI	SI	NO	Trafico de datos de alta prioridad
Calidad Multimedia	SI	SI	SI	Trafico Isócrono
Calidad GESTION	SI	SI	NO	Trafico de gestión y monitorización de la red.

**Figura 20: Clases de Servicio de Telefónica de Argentina**

**Fuente Propia**

### 2.5.5.2. Implementación de QoS en una red IP/MPLS

Para cada acceso en particular de la red corporativa el cliente define el porcentaje del ancho de banda del enlace que destinará a cada clase.

Por ejemplo, si se dispone de un enlace cuya capacidad total es 2 Mbps, se podría distribuir el mismo en : 40% tráfico bronce, 30 % tráfico oro, 10% tráfico plata y el resto 20% tráfico multimedia o cualquier otra variante de distribución.

De esta forma para cada clase de servicio se le asigna un caudal IP/MPLS máximo, cuando dicha capacidad es superada se aplican las políticas de descarte correspondientes, al respecto Telefónica Data en documento Anexo Técnico de Servicio VPN IP MPLS (2003), nos dice:

Cuando hay tráfico que excede el contratado de calidad Multimedia el tráfico será descartado por el EDC<sup>114</sup> del cliente.

<sup>114</sup> EDC: Equipo (router) ubicado en el sitio del cliente que vincula la red LAN de este ultimo con la red de la TELCO.

Cuando hay tráfico que excede al contratado de calidad Oro y el ancho de banda reservado para el tráfico de calidad Bronce, Plata y/o Multimedia no está ocupado, se podrá utilizar el ancho de banda sobrante (Bronce+Plata+Multimedia) para cursar el tráfico de calidad Oro.

Cuando hay tráfico que excede al contratado de calidad Plata y el ancho de banda reservado para el tráfico de calidad Bronce , Oro y/o Multimedia no está ocupado, se podrá utilizar el ancho de +banda sobrante (Bronce+Oro+Multimedia) para cursar el tráfico de calidad Plata.

En la interfase de salida de la red LAN del cliente se efectúa el tratamiento de la congestión aplicando los métodos de tratamiento de colas descritos precedentemente. Cuando hay tráfico que excede al contratado de calidad Bronce y el ancho de banda reservado para el tráfico de calidad Plata, oro y/o Multimedia no está ocupado, se podrá utilizar el ancho de banda sobrante (Plata+Oro+Multimedia) para cursar el tráfico de calidad Bronce.

El tráfico de calidad Internet que supere el caudal IP total contratado (Internet+Plata+Oro+Multimedia) será descartado (p.36).

Para el tratamiento de la congestión en la interfase de salida de la red LAN y entrada en la red IP/MPLS, se efectúa con los métodos de tratamiento de colas detallados en el punto 2.4. Para el tráfico Oro y Plata, se emplea el método CBWFQ, mientras que para el tráfico Multimedia se utiliza LLQ y WRED.

En los nodos de acceso a la red IP/MPLSD se emplean las siguientes técnicas:

- WRED<sup>115</sup>: para el control de la congestión en la red.
- CBWFQ<sup>116</sup>: para las clases de servicios Oro y Plata, y LLQ para tráfico Multimedia.
- CAR<sup>117</sup>: Para el control de tráfico de entrada y salida de una interfase, como así también, limitar el ancho de banda asignado a los diferentes tipos de servicios.

### **2.5.5.3. Parámetros que definen la QoS de la red.**

Los parámetros básicos correspondientes a la calidad de servicio son los siguientes; la tasa de errores o BER<sup>118</sup>, la pérdida de paquetes, la demora en el traslado de los paquetes, la

---

<sup>115</sup> WRED: Weighted Random Early Detection.

<sup>116</sup> CBWFQ: Class Based Weighted Fair Queue.

<sup>117</sup> CAR: Committed Access Rate.

<sup>118</sup> BER: Bit Error Rate

variación de la demora, el ancho de banda del enlace, la disponibilidad de la red y el tiempo de reparación de la red hasta la reposición del servicio.

Tasa de error o BER: La tasa de errores es un parámetro que mide la cantidad de bits erróneos recibidos respecto del total transmitido en un dado tiempo.

Al respecto Castro y Fusario (2015) aclaran el concepto:

Cuando se transfiere información en un canal de comunicaciones entre dos puntos de un circuito, siempre podrá haber errores de transmisión. Estos podrán ser muy pocos o muchos, pero nunca cero para un tiempo razonable de transmisión....la tasa de errores se suele expresar mediante el acrónimo BER (Bit Error Rate). A medida que un circuito teleinformático tiene mayor confiabilidad, menor será el valor de la tasa de errores. La tasa de errores siempre se expresa como una potencia de diez elevada a un número negativo por ejemplo para la red telefónica conmutada se indica que la tasa típica es del orden de  $BER=10^{-6}$ , esto significa que estadísticamente se podrá esperar un bit con error cada millón de bits transmitidos (p.160).

Cuando en un paquete, o datagrama IP se detecta un error, ya sea en la cabecera del IP o en el payload<sup>119</sup> en el caso de llevar un segmento TCP<sup>120</sup>, se descarta dicho datagrama, dando origen a la pérdida del paquete (datagrama IP).

Si bien este parámetro se incluye en los contratos de servicio, específicamente en los SLA, no se utiliza en la práctica, por parte de los usuarios de las redes, para controlar la calidad de servicios dado que es preferible el parámetro pérdida de paquetes como se detalla a continuación.

### **Perdida de paquetes:**

La pérdida de paquetes tiene su origen en varias causas, una de las principales es la tasa de errores. Al respecto Castro & Fusario (1999) dicen:

La tasa de errores está relacionada con la cantidad de bits transmitidos de manera errónea en una sesión de transmisión de datos... esta referida siempre a la recepción en forma digital de los datos en el sumidero. (pag.127).

Este parámetro indica (en porcentajes) la probabilidad de pérdida de paquetes para una dada clase de servicio, siempre que el usuario no exceda el caudal garantizado contractualmente.

---

<sup>119</sup> PAYLOAD: Campo de datos de un paquete de cualquier protocolo, en este caso del datagrama IP.

<sup>120</sup> Segmento TCP: Paquete correspondiente al protocolo TCP del nivel de transporte del TCP/IP.

Cuando el servicio incluye datos comprimidos, por ejemplo, en multimedia, voz o video comprimido, es importante que la pérdida de paquetes sea un valor pequeño, en general menor al 1%, dado que el paquete comprimido en el origen debe convertirse en la recepción en cientos de paquetes para reconstruir la voz o el video en tiempo real, por lo cual, su pérdida provoca alteraciones perceptibles en la voz y video recibido. En el caso de voz y video no comprimido este parámetro no resulta importante porque existe redundancia<sup>121</sup> de paquetes en la transmisión.

Recordemos que los paquetes en una red se pueden perder por numerosas causas por ejemplo por contener bits erróneos recibidos a través de los enlaces (BER), por congestión en los nodos, por lo cual desechan paquetes, por problemas de enrutamiento, problemas de software y/o Hardware, etc.

Al respecto Huidobro & Roldán (2006) nos dice:

El efecto de las pérdidas influye en una disminución de la calidad de la voz, puesto que faltan paquetes a la hora de reconstruir la señal vocal. Esta disminución de la calidad es tanto mayor cuanto mayor sea la tasa de compresión del códec. La solución más inmediata al problema de las pérdidas es la mejora de la arquitectura de la red. En efecto, puesto que las pérdidas son, básicamente, una cuestión de capacidad, si se sustituyen las líneas y los enrutadores por otros de mayor capacidad el problema queda aparentemente resuelto.

Sin embargo, esta solución no es definitiva debido a que en cuanto aumente ligeramente el tráfico de la red, los efectos nocivos de las pérdidas volverán a aparecer por lo que la alternativa que puede parecer más obvia es solicitar la retransmisión de los paquetes perdidos. Sin embargo, esto introduciría un retardo adicional que todavía empeoraría más la calidad de la voz. (p.216).

### **Demora o Delay:**

Este parámetro mide el tiempo de ida y vuelta, medido en milisegundos, que tarda un paquete de una dada capacidad (normalmente 100 o mas bytes) para para desplazarse desde la sede origen hasta un destino prefijado en el protocolo de pruebas, y volver a la sede que lo emitió. También se denomina RTD<sup>122</sup> (retardo de tránsito extremo a extremo).

---

<sup>121</sup> REDUNDANCIA DE PAQUETES: Es la transmisión de muchos paquetes con la misma información, por lo cual la pérdida de un paquete no altera en forma perceptible la voz o el video en recepción.

<sup>122</sup> RTD: Round Trip Delay

El delay no se determina con una única medición, sino que se calcula como el valor medio durante un periodo de 30 días y con muestras que se envían cada “n” minutos.

Esta demora en la propagación de los paquetes se debe a diferentes causas, como ser: transmisión en las líneas de comunicaciones (alámbricas<sup>123</sup> e inalámbricas<sup>124</sup>), tiempos de serialización de los bits en los circuitos, tiempos variables debido al encaminamiento, procesamiento y encolamiento en los nodos de las redes.

### **Variación de la demora o Jitter:**

Las aplicaciones informáticas utilizan comunicaciones en las redes que están constituidas por cientos o miles de paquetes (datagramas) que salen de un nodo transitan por la red y llegan a destino. No obstante, ese flujo de datagramas no transitan todos por el mismo camino en las redes IP por lo cual los datagramas llegan con diferente demora al destino final. Esta variación de la demora de los paquetes se denomina Jitter.

Si el jitter fuera el mismo para todos los datagramas de un dado flujo, demora constante para todos los paquetes, no sería un problema porque se podría compensar, pero al ser variable no es posible la compensación.

Con relación a la compensación del Jitter, Frankling Matango (2016), agrega:

En redes IP, y en general en cualquier red de paquetes, no es posible garantizar que todos los paquetes de una misma comunicación sigan el mismo camino, al contrario de lo que ocurre en las redes de conmutación de circuitos. Como consecuencia, cada paquete llegara al destino atravesando un número de distintos nodos de la red y, por tanto, alcanzarán su objetivo con un retardo diferente. Esta variabilidad del retardo recibe el nombre de jitter. Los paquetes se generan en el origen con una cadena fija, por ejemplo, un paquete de voz cada 20 ms. Sin embargo, al llegar al destino esta cadencia es variable debido a las diferencias en retardos de encolado y propagación fundamentalmente. Para absorber estas variaciones se utilizan los llamados buffers de supresión de jitter. La supresión consiste en el almacenamiento de los paquetes durante el tiempo suficiente para que los paquetes que han llegado fuera de secuencia puedan reordenarse y reproducirse en el orden correcto. Por tanto cuanto mayor es jitter de los

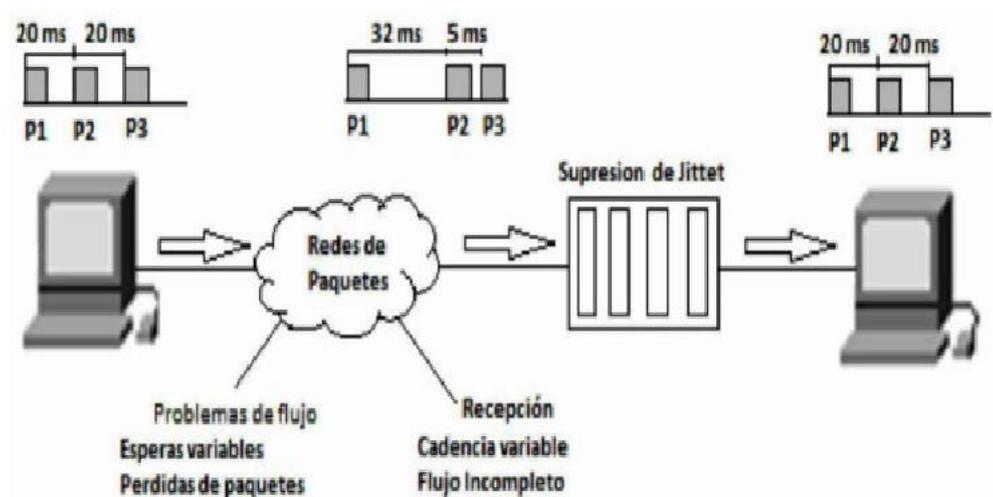
---

<sup>123</sup> LINEAS DE TRANSMISIÓN ALÁMBRICAS: Son aquellas que requieren postes o ductos para su instalación: cable coaxil, fibra óptica, etc.

<sup>124</sup> LINEAS DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICAS: Son aquellas que requieren de antenas para su operación, como ser microondas, enlaces radioeléctricos, etc

paquetes, tanto mayor es el tamaño del buffer de supresión de jitter necesario para reducir su impacto en la calidad. La supresión del jitter introduce otro factor que será tocado más adelante, el retardo, este puede afectar la calidad de la voz resultante. Por ello, es necesario encontrar una solución de compromiso entre el tamaño del buffer el retardo y las pérdidas. Recuperado de <http://www.servervoip.com/blog/tag/qos/page/3/>.

En la Figura 21 se puede observar que en ciertas condiciones de jitter predecible se puede compensar. Los paquetes de la figura egresan de la fuente con una separación de 20 ms, no obstante, en la red se produce, por las razones arriba explicadas, una variación de la demora que llega a los 35 ms. En este ejemplo se compensa ese jitter mediante el supresor y nuevamente se arriba al receptor con la misma demora por paquete. Esto no sería posible si la variación de la demora fuese mayor.



**Figura 21: Supresión del Jitter**

**Fuente: Huidobro & Roldan, 2006**

### **Ancho de banda:**

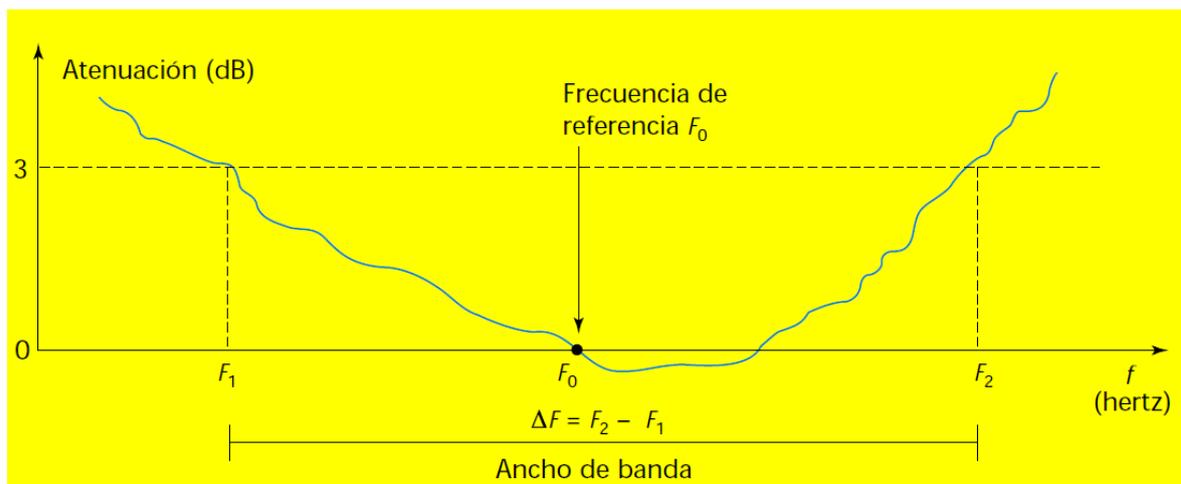
En el abono de los enlaces el ancho de banda es un factor determinante. Cuando se implementa una red IP/MPLS para cada sitio de la red corporativa se debe acceder con un enlace que puede ser alámbrico o inalámbrico.

En el caso de enlaces alámbricos y dependiendo del ancho de banda solicitado la empresa de telecomunicaciones deberá instalar un enlace de cobre o de fibra óptica. En oportunidades se observa que al sitio acomete un enlace de cobre y se solicita por ejemplo un ancho de banda de 8 o mas Mbps, por lo cual, la empresa debe cambiar el acceso por fibra óptica monomodo, incrementándose notablemente los costos de instalación de dicho enlace.

Con respecto al ancho de banda Castro & Fusario (2015) agrega:

El concepto de ancho de banda es uno de los mas importantes en el campo de las telecomunicaciones. Denominaremos ancho de banda ....al intervalo de frecuencias para las cuales la distorsión y la atenuación permanecen bajo limites determinados...Si bien los limites pueden ser arbitrarios, en la generalidad delos casos se definen para una atenuación de 3db con respecto al valor que tiene la señal a la frecuencia de referencia.(p.110)

En la Figura 22 se puede observar el ancho de banda definido entre las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , la frecuencia de referencia es  $f_0$ .



**Figura 22: Ancho de banda defino entre F1 y F2**

**Fuente: Castro & Fusario (2015)**

El ancho de banda de un canal técnicamente se mide en Hertz, no obstante, el uso y costumbre nos lleva a definir el ancho de banda en Bits/seg o BPS.

Esto se debe a que al contratar un servicio de comunicaciones interesa efectivamente cual es la capacidad máxima del mismo, medida en BPS, dado que esto posibilita determinar la tasa de transmisión máxima de una fuente digita<sup>125</sup>.

<sup>125</sup> TASA DE TRANSMISIÓN DE UNA FUENTE DIGITAL: Se la define como la entropía d ela fuente dividida por el ancho de pulso.

La relación del ancho de banda medido en Hertz y la capacidad del canal medida en BPS se obtiene mediante la fórmula de Shannon Hartley que se indica en la figura 23. Para llegar a esta expresión se partió de la fórmula de Nyquist que permite calcular la capacidad máxima de un canal ideal sin ruido, con  $n$  niveles de tensión por pulso (transmisión multinivel<sup>126</sup>).

Luego se considera que el canal es real y tiene ruido por lo cual la cantidad máxima de niveles  $n_{\max}$  dependerá de la raíz cuadrada de uno más la relación señal a ruido  $S/N$ <sup>127</sup>. Por último, se obtuvo la fórmula de Shannon Hartley que permite calcular la capacidad máxima de transmisión en un canal real que tiene una relación  $S/N$  y un ancho de banda determinados.

Del análisis de la fórmula de Shannon Hartley que permite calcular la capacidad máxima de transmisión de un canal real con ruido, podría surgir la idea que si el ancho de banda del canal tendiera a infinito la capacidad del canal también lo haría.

No obstante, eso no es cierto dado que a medida que el ancho de banda del canal se incrementa también lo hace la entrada de ruido en el canal y como la potencia de la señal es constante se deteriora la relación señal a ruido y en consecuencia la capacidad máxima del canal tiende a un valor finito que es  $C_{\max} = 1,44 S/N$ .

Con respecto a la formula de Shannon Hartley Stallings (2003) nos dice:

La capacidad tal como se ha calculado en la formula de Shannon, se denomina capacidad libre de errores. Shannon probó que, si la velocidad de información real en el canal es menor que la capacidad libre de errores entonces es teóricamente posible encontrar una codificación de la señal que consiga una transmisión exenta de errores a través del canal. Desafortunadamente, el teorema de Shannon no sugiere la manera de encontrar dicho código, pero proporciona un criterio de referencia con el que se pueden comparar las prestaciones de los esquemas de comunicación reales (pag.85).

Partiendo de la expresión de Nyquist, capacidad de un canal  
sin ruido y con transmisión multinivel “ $n$ ”:

---

<sup>126</sup> TRANSMISION MULTINIVEL: Se caracteriza por utilizar mas de dos niveles de tensión por pulso, esto posibilita transmitir mas de un bit por pulso.

<sup>127</sup> S/N: Signal To Noise ratio.

$$C = V_{t \text{ máx}} \log_2 n_{\text{máx}} \text{ [bps]}$$

$$V_{t \text{ máx}} = 2 \Delta f$$

$$C = 2 \Delta f \log_2 n_{\text{máx}} \text{ [bps]}$$

Si ahora consideramos un canal con ruido el número máximo de niveles sera:

$$n_{\text{máx}} = (1 + S/N)^{1/2}$$

$$C = 2 \Delta f \log_2 (1 + S/N)^{1/2} \text{ [bps]}$$

$$C = \Delta f \log_2 (1 + S/N) \text{ [bps]}$$

Formula de Shannon Hartley

Donde

S = Potencia media de la señal continua transmitida por el canal.

N = Potencia media del ruido gaussiano.

$\Delta f$  = Ancho de banda del canal de comunicaciones.

**Figura 23: Formula de Shannon Hartley a partir de la expresión de Nyquist**

**Fuente: Propia**

Con respecto al ancho de banda y el ruido, Carlson, Crilly y Rutledge (2007), dicen:

Las limitaciones físicas fundamentales...dictan de manera definitiva lo que se puede o no llevar a cabo, independientemente de los problemas tecnológicos. Las limitaciones

fundamentales de la transmisión de información por medios eléctricos son el ancho de banda y el ruido. (pag. 5)

En el SLA de una licitación o concurso para la provisión de una red corporativa se debe expresar el ancho de banda deseado para cada enlace de acceso a los sitios de la empresa, como así también, se debería incluir, por futuras ampliaciones, la cotización por la ampliación del enlace en un 50% y un 100%.

### **Disponibilidad de la red.**

La disponibilidad de la red indica el tiempo durante el cual la empresa garantiza que red permanecerá operativa durante el periodo considerado. La empresa de telecomunicaciones si se excede en el tiempo acordado con el cliente respecto a la disponibilidad deberá afrontar multas.

Como ejemplo, podemos considerar que para una disponibilidad anual del 99,97%, al cabo de un año la red no puede acumular más de 8,75 horas sin servicio, esto puede ocurrir en una sola vez o por sumatorias de periodos en los cuales no presto servicio.

Cuando se especifica la disponibilidad se indica para que tasa de errores se establece por ejemplo un valor de 1 bit errado cada  $10^7$  bits transmitidos. ( $BER = 10^{-7}$ ).

El cálculo de la disponibilidad se efectúa mediante la siguiente expresión indicada en la figura 24:

$$\text{Disponibilidad de la red} = \frac{\sum_1^n [(T_{tot} - T_{nodisp_i})]}{T_{tot}} * 100 (\%)$$

donde:

$T_{tot}$  = tiempo total del periodo considerado.

$T_{nodisp_i}$  = tiempo de no disponibilidad del enlace "i" dentro del intervalo  $T_{tot}$  considerado.

**Figura 24: Calculo de la disponibilidad**

Fuente: Telefónica Empresas

### **Tiempo medio de reparación:**

Este parámetro define el tiempo medio necesario para efectuar la reparación de fallas en el servicio de red, sea estas de hardware o software.

### **Tiempo Máximo de Restauración del Servicio (TMRS)**

Es el tiempo que la empresa de telecomunicación se compromete para restaurar el servicio de red ante fallas totales o parciales. Este tiempo varia si la falla ocurre en instalaciones ubicadas en áreas metropolitanas o en áreas rurales. Valores de 4 horas para áreas metropolitanas y 6 horas para zonas rurales son los más comunes para nuestro país.

### **Tiempo Mínimo Medio entre Fallas (MTmBF)**

Este factor mide el tiempo medio mínimo entre dos fallas consecutivas.

### **Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)**

El tiempo mínimo entre fallas se define según la expresión indicada en la figura 25 y representa el tiempo mínimo aceptable entre dos fallas consecutivas de la red.

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n TBF_i}{n}$$

Donde:

n = numero de fallas ocurridas en el periodo considerado, generalmente un mes.

TBF<sub>i</sub> = Tiempo transcurrido entre la falla número (i) y la falla número (i-1).

TBF (Tiempo entre fallas): define el tiempo entre dos fallas consecutivas.

$$TBF_i = (FT_i - FT_{(i-1)})$$

Debe cumplirse: TBF<sub>i</sub> > TmBF

### **Figura 25: Tiempo medio entre fallas**

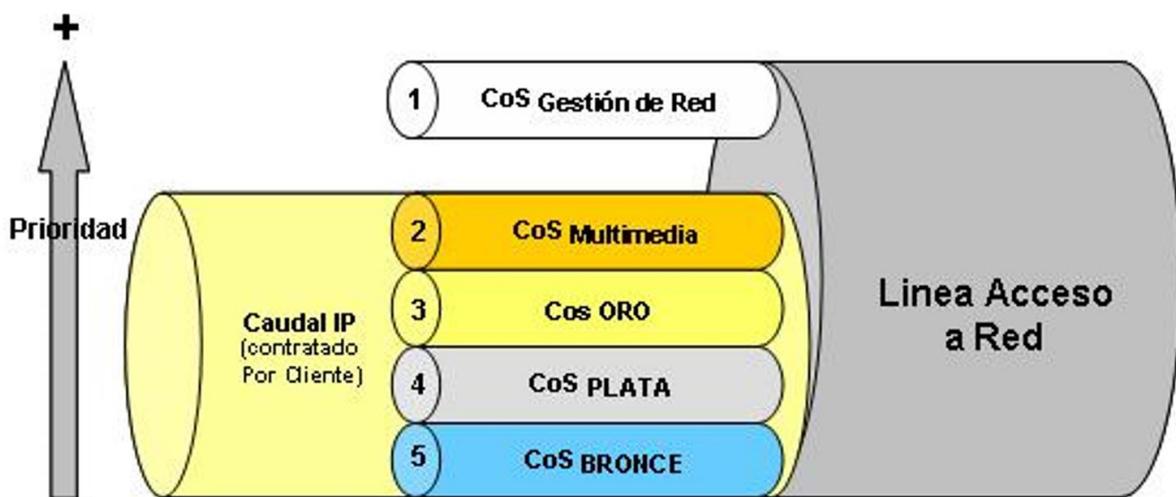
**Fuente: Telefónica Empresas**

## **2.6. Calidad de servicio en una red corporativa especificadas a través del SLA.**

Los factores descriptos asociados a la calidad de servicio de una red IP/MPLS le permite a las empresas agrupar los servicios en categorías o clases. Para ejemplificar este aspecto del

estudio se ha tomado el caso de la empresa Telefónica de Argentina que ofrece las siguientes categorías detalladas en la Figura 26.

En la figura 26 se detallan las 4 clases o calidades de servicios que definió la empresa Telefónica para su red IP/MPLS y que el cliente puede utilizar para priorizar el tráfico o las aplicaciones de la red corporativa.



Parametros QoS	Bronce	Plata	Oro	Multimedia
Pérdidas paquetes IP	-	X	X	X
Retardo ó Latencia	-	X	X	X
Variación de Retardo "Jitter"	-	-	-	X

**Figura 26: Clases de servicio de la red IP/MPLS de Telefónica Empresas**

**Fuente: Telefónica Empresas**

Existe una quinta clase denominada Gestión que es utilizada exclusivamente por la empresa Telefónica con propósitos de monitoreo y control, por otro lado, solo ocupa 16 Kbps por acceso. En el campo tipo de servicio (ToS) de la cabecera del datagrama IP corresponde a la mas alta prioridad (6), por tratarse de trafico de gestión de la red.

## **Clases de servicios para el cliente:**

**Clase MULTIMEDIA:** esta clase se corresponde con la transmisión de señales isócronas: voz y vídeo (tráfico multimedia) con alta prioridad. Es la más exigente respecto a la calidad de servicio, es muy sensible a los retardos, a la pérdida de paquetes, y a la variación de retardo ó Jitter, por lo que se le asigna una calidad diferenciada sobre las otras clases y por lo tanto tiene la mayor prioridad en las colas de los enrutadores.

En el campo tipo de servicio (ToS) de la cabecera del datagrama IP corresponde a la más alta prioridad (5) para el tráfico del usuario.

**Clase ORO:** tráfico de datos con alta prioridad, que es el caso de aplicaciones de misión crítica de la empresa, consultas a bases de datos operativas, aplicaciones interactivas, etc. Por tratarse de datos el parámetro que interesa es la pérdida de paquetes, no la demora ni el jitter. En el campo tipo de servicio (ToS) de la cabecera del datagrama IP corresponde a la prioridad (3).

**Clase PLATA:** tráfico de datos con menor prioridad que la clase anterior, aplicaciones no de misión crítica para la empresa. Como el caso anterior, por tratarse de datos el parámetro que interesa es la pérdida de paquetes, no la demora ni el jitter. En el campo tipo de servicio (ToS) de la cabecera del datagrama IP corresponde a la prioridad (1).

**Clase BRONCE:** Este tráfico también se lo conoce como Best Effort, y corresponde al de menor prioridad de todos, no se asegura ningún parámetro de calidad de servicio. Corresponde a la navegación en Internet, correo, etc.

Bajo condiciones de congestión de la red es el tráfico bronce el que primero se desecha de los nodos.

En el campo tipo de servicio (ToS) de la cabecera del datagrama IP corresponde a la mas baja prioridad (0).

En la Figura 27 se detallan los valores de los parámetros de pérdida de paquetes y jitter para las diferentes clases de servicio del cliente.

PÉRDIDA DE PAQUETES	
Calidad de Servicio	Valor de Pérdida de Paquetes (%)
QoS Bronce	NA
QoS Plata	< 1 %
QoS Oro	< 1 %
QoS Multimedia	< 0,5 %

JITTER O VARIACIÓN DE RETARDO	
Calidad de Servicio	Valor de Jitter (%)
QoS Bronce	N/A
QoS Plata	N/A
QoS Oro	N/A
QoS Multimedia	< 30 msec.

**Figura 27: Parámetros relativos a pérdida de paquetes y jitter**

**Fuente: Telefónica Empresas**

Para la configuración de cada enlace de la red corporativa la empresa, esta indicará el ancho de banda de cada enlace. Una vez definido este parámetro se asigna la distribución de dicho ancho de banda entre las diferentes clases de servicio, por ejemplo, un enlace de 10 Mbps, podría tener la siguiente distribución: 30% multimedia (3 Mbps), 20% oro (2Mbps), 20% plata (2 Mbps) y 30 bronce (3Mbps). El abono de cada enlace estará determinado en función del ancho de banda, la asignación de las clases de servicio elegida para dicho enlace, la disponibilidad de red y el tiempo de reparación requerido.

## **Conclusiones del capítulo 2: Calidad de servicios en redes corporativas IP/MPLS.**

La calidad de servicio es un conjunto de procedimientos y técnicas que posibilitan a los administradores de las redes atenuar y/o eliminar los efectos de la congestión de tráfico utilizando los recursos de la red de la forma más eficiente posible.

En este capítulo se investigó el marco teórico correspondiente a los parámetros que definen la calidad de servicio (QoS) en las redes IP/MPLS.

La QoS en las redes teleinformáticas se caracteriza porque posibilita controlar la congestión cuando la sumatoria del ancho de banda demandado por las aplicaciones y los servicios supera el ancho de banda total disponible. Por otro lado, también permite asignar diferente ancho de banda según los perfiles de tráfico y priorizar los servicios según su naturaleza.

La red Internet no soporta calidad de servicio, como se detalló en el capítulo 1 debido a que el protocolo IP que es la base del funcionamiento de Internet no es orientado a la conexión ni tampoco tiene calidad de servicio.

Las empresas de telecomunicaciones ofrecen servicios con diferenciación de tráfico, por lo cual, la investigación se concentró en determinar cómo logran materializarlo y cuál es el ámbito de aplicación.

Se comenzó con analizar las tecnologías que utilizan los proveedores y cuáles son los aportes que cada tecnología brinda para lograr la calidad de servicios deseada. Para implementar la QoS en la red se debe establecer en el contrato con la empresa un acuerdo de servicio denominado Service Level Agreement (SLA), el cual, especifica los parámetros de QoS que la empresa asegura cumplir y en caso de no hacerlo se le aplican las penalidades especificadas en el contrato.

La QoS en redes IP posibilita brindar prioridad a determinado flujo de paquetes (datagramas IP) en detrimento de otros. Esta capacidad es imprescindible en redes donde hay congestión, no obstante, si la red está sobredimensionada este proceso es innecesario.

Cabe aclarar que un enlace de red está sobredimensionado y no da lugar a congestión cuando el ancho de banda del enlace es mayor que la suma de todos los picos máximos de tráfico posible en el enlace.

Existen dos posibles estrategias para brindar trato diferencial a los paquetes que componen el tráfico: el método de la reserva y el de la prioridad. Por ello se analizaron los dos métodos definidos por el IETF: el Integrated Services (IntServ) y el Differentiated Services (DiffServ), se ha detallado específicamente el DiffServ que actualmente tiene mayor difusión.

La congestión se produce cuando la red (interfase) recibe mas paquetes que los que puede manejar y/o almacenar. Es en esta circunstancia que resulta necesario la QoS para contrarrestar o atenuar la congestión.

La congestión en el nodo ocasiona en primer lugar la demora o delay de los paquetes y afecta principalmente al tráfico de voz y video, no así al de datos. Si la congestión continua el nodo puede verse en la necesidad de eliminar paquetes, que deteriora el parámetro perdida de paquetes.

El método denominado IntServ utiliza el procedimiento de la reserva que como su nombre indica consiste en reservar recursos (capacidad de comunicación, procesamiento y almacenamiento) en cada router (hasta el router de destino) para el flujo de paquetes considerado. En este método no resulta necesario el marcado de los paquetes, si se requiere el empleo del protocolo RSVP para que este efectúe la reserva de recursos en los routers y dispositivos de red.

El método prioridad denominado DiffServ introduce marcas en los paquetes como la dirección IP de origen, la IP de destino, el puerto de origen y el puerto de destino, etc. y en función de estas marcas los routers por los que transita el paquete brindan un trato diferencial al mismo.

Existen tres tipos o perfiles de tráfico en la red: datos, voz sobre IP y video sobre IP.

El tráfico de datos no es afectado por las demoras y el jitter, es un tráfico que no depende del tiempo. Con respecto a la perdida de paquetes, a pesar que en la mayoría de las aplicaciones se emplea el protocolo TCP en la capa de transporte y dicho protocolo corrige errores y recupera paquetes (segmentos TCP) perdidos, se pueden presentar perdidas de paquetes originadas por otras causas en los nodos como congestión, enrutamientos erróneos, errores de software y/o fallas de hardware. Además, el tráfico de datos se caracteriza por ser

aleatorio e impredecible, por otro lado pueden ocurrir ráfagas que ocupen todo el ancho de banda disponible del enlace.

El tráfico isócrono de Voz sobre IP (VOIP) consume pocos recursos, dependiendo del codec utilizado puede requerir de 30 a 128 Kbps. Pero por otro lado, tiene algunas exigencias importantes: no admite jitter mayor de 30 milisegundos, y demoras máximas de hasta 150 milisegundos. Como la voz se reproduce en tiempo real si se superan estos valores se experimentan en la recepción pérdidas de palabras.

El tráfico de video sobre IP consume más recursos que el de VOIP (ancho de banda desde 384 kbps hasta 30 Mbps) debido a que la tasa de información de la fuente es mayor y por lo tanto la capacidad del canal también debe ser mayor para igualar a la tasa de información. También como en el caso anterior el tráfico es impredecible y puede ocasionar ráfagas que alcancen la capacidad máxima del canal. Es sensible a la pérdida de paquetes (menor al 1%) por la compresión y a la latencia (hasta 400 milisegundos).

Para comenzar a aplicar las políticas de QoS lo primero es marcar los paquetes para luego asignarle una clase determinada, según el tipo de tráfico descrito precedentemente.

Para el tráfico en redes Ethernet, que operan con protocolo IEEE 802.1d, se etiquetan las tramas Ethernet con la finalidad de generar redes virtuales (VLANs) a través de diferentes switches Ethernet. Para introducir la identificación de la VLAN a la cual pertenece una trama se debe modificar la estructura de la trama original Ethernet, agregando campos adicionales a la trama original Ethernet,

Cuando la trama IEEE 802.1d llega al router de salida, que la vincula a la red LAN (que no soporta el protocolo IEEE 802.1d), éste no propaga dicha trama sin antes quitar los campos adicionales que se habían incorporado para formar la trama IEEE 802.1q. No obstante, se debe transferir la indicación de la marca de tráfico (la prioridad) al datagrama IP contenido en la trama, dicho datagrama puede ser versión IPv4 o IPv6.

Para la versión IPv4 la prioridad se indicaba en el campo ToS (Type of Service) y la misma quedaba registrada en los tres primeros bits de dicho campo (P2, P1 y P0), correspondientes al RFC 791. No obstante, este esquema ha quedado obsoleto y actualmente ha sido reemplazado por los RFC 2474 y 2475, correspondientes al método DiffServ, denominado

DSCP, en el cual, se convierte la prioridad en 6 bits que detallan el tipo de servicio y los dos últimos bits para indicar congestión (Explicit congestión Notification).

Una vez marcada la prioridad en los paquetes IP, al introducirse éstos en una red IP/MPLS, se debe registrar dicha prioridad en la etiqueta del protocolo MPLS. Para esto, en la etiqueta existe un campo de tres bits denominado EXP en el cual se inserta la prioridad del paquete, los otros campos de la etiqueta son: MPLS Label de 16 bits (corresponde al valor numérico de la etiqueta); MPLS S de 1bit (indica si es la ultima etiqueta) y MPLS TTL de 8 bits que indica el tiempo de vida.

Otro aspecto relevante de la calidad de servicio en las redes está vinculado al tratamiento de las congestiones. Como se mencionó las congestiones se producen cuando los nodos no pueden almacenar o encaminar los paquetes y por lo tanto deben desechar los mismos. Esta situación origina que aumente la perdida de paquetes y se generen retransmisiones de los mismos con la consiguiente disminución del throughput de transmisión de datos.

Al respecto, también se analizó en el marco teórico los métodos para el control de la calidad de servicio en una red con congestión. Una de las principales acciones para controlar el congestionamiento en los nodos de la red se basa en el encolamiento o queuing de los paquetes que posibilita priorizar y reordenar los mismos, como así también, administrar los buffers de los nodos, especialmente durante los periodos de congestión.

Los principales tipos de colas analizados fueron: FIFO, WFQ, CBWFQ y LLQ.

En el método FIFO no hay manejo de prioridades, el paquete que llega primero sale primero, es el método de encolamiento de las interfases Ethernet. No hay manejo de tráfico sensible y la cola es única.,

El método WFQ evita que un único flujo, por ejemplo, el de mayor prioridad consuma todo el ancho de banda del enlace. Para lograr esto en forma dinámica divide el tráfico de entrada en colas de diferentes prioridades, almacenadas en un buffer, en cada una de las colas los paquetes se despachan según la técnica FIFO.

El método CBWFQ se basa en el WFQ pero la diferencia consiste en la implementación de las clases de tráfico que son las equivalentes a las colas de diferentes prioridades del método WFQ. A cada clase se le asigna una cantidad máxima de paquetes que puede enviar por turno

y también un ancho de banda máximo garantizado, para periodos de congestión. Las clases se definen mediante las listas de acceso (ACL), las cuales se configuran manualmente.

Por último, el método LLQ se basa en el CBWFQ pero asigna prioridad automática al tráfico isócrono como la voz, tráfico sensible a la latencia. Esta particularidad de tratamiento del tráfico dependiente del tiempo (en tiempo real) no existe en WFQ, ni tampoco en CBWFQ.

Otro aspecto relevante de la QoS que se incluyó en este capítulo son las políticas que se emplean en relación a la calidad de servicios en las redes. Estas son: best effort, servicios integrados y servicios diferenciados.

Con la política best effort, típica del protocolo IP, no se ejecuta ninguna función de QoS, sino que por el contrario significa que el paquete “hace lo que puede” para llegar a destino. La red no ejecuta ninguna acción al respecto. Como ejemplo podemos citar la red Internet que opera con IP.

Servicios integrados (IntServ) es la que brinda el más alto nivel de QoS pero también el que utiliza la mayor cantidad de recursos de la red. Entre la fuente del paquete y el destino se establece la reserva de recursos necesarios en los nodos para garantizar la QoS mediante el protocolo RSVP.

Servicios diferenciados (DiffServ) que actualmente reemplaza a la de servicios integrados se basa en la existencia de diferentes clases de tráfico y el reconocimiento de dichas clases por parte de los nodos, dentro del dominio de QoS de la red se le da a cada paquete el marcado e identificación correspondiente. Como se indicó precedentemente ofrece mayor flexibilidad y eficiencia que el método IntServ.

La QoS se debe aplicar en todos los dispositivos de red IP/MPLS por los que transitará el paquete, esas políticas de QoS se pueden aplicar manualmente o mediante herramientas informáticas específicas.

Para llevar adelante las acciones que posibiliten la implementación de QoS, es necesario la realización de las siguientes tareas relativas a los datos: clasificación, marcado, priorización, determinación de las tasas máxima y mínima para el tráfico considerado.

La clasificación permite categorizar los flujos en clases de servicio (CoS) ,si bien existen cuatro tipos distintos de clasificación, en este estudio se analizó la denominada clasificación simple que se basa en los campos del encabezado de los datagramas IP, y no requiere de la lectura de otros campos del datagrama.

Para poner en práctica la política de DiffServ en una red se debe efectuar primero el marcado de los paquetes del tráfico de ingreso a la red, dado que estos provienen generalmente de un host sin QoS y en consecuencia todos los paquetes tienen igual prioridad. El marcado se produce en función de la prioridad, ancho de banda o clase u otro parámetro. Una vez marcado el tráfico se puede realizar un descarte selectivo y pasar a la siguiente etapa que consiste en aplicar el clasificado y encolamiento de los paquetes con alguno de los métodos descritos anteriormente.

Por último, se aplican a las colas armadas las políticas como tráfico shaping que consiste en retener los paquetes en exceso en una cola en memoria y luego reenviarlos más tarde cuando se verifique un tráfico menor al máximo permitido, de esta forma, los paquetes no se pierden, solo se retrasan. Se debe diferenciar esta política con tráfico policing la cual se basa en eliminar los paquetes cuando los mismos superen la tasa máxima permitida, pero a diferencia de tráfico shaping dichos paquetes si se eliminan.

Estas políticas han sido diseñadas para brindar calidad de servicio a las redes corporativas, las cuales se implementan mediante las redes globales IP/MPLS.

Recordemos que una red corporativa es un conjunto de redes LAN pertenecientes a una empresa u organización, distribuidas en diferentes sitios de un país y/o también a nivel internacional, vinculadas en una conexión full mesh<sup>128</sup> para la transmisión de datos y señales isócronas a través de una red de transporte pública (red global) de una o varias empresas públicas de telecomunicaciones.

Por lo expuesto, la calidad de servicio (QoS) de la red corporativa debe ser brindada por la red global de las empresas públicas de telecomunicaciones, las redes LAN no tienen QoS.

En este capítulo se mencionaron otras alternativas o arquitecturas de red para implementar la conectividad entre los diferentes sitios de una empresa y formar una red corporativa, dichas alternativas fueron:

---

<sup>128</sup> FULL Mesh: Conexión de los nodos "todos contra todos".

Enlaces dedicados punto a punto: esta es una arquitectura de red que tiene buen nivel de seguridad dado que los enlaces son dedicados, pero es una alternativa de muy alto costo y no tienen flexibilidad ante cambios de la topología de la red.

Utilización de la red Internet y el establecimiento de VPNs entre todas las dependencias o sitios de la empresa: esta solución es muchos más económica que la anterior pero no brinda calidad de servicio, es muy poco flexible, compleja de implementar y mantener cuando el número de sitios de la red es elevado.

Utilización de una red de transporte pública de una empresa de telecomunicaciones con tecnología Frame Relay: Esta tecnología que sucedió a la de X.25, no brinda calidad de servicio, y las capacidades de transmisión son limitadas especialmente para señales isócronas, en resumen es una tecnología obsoleta.

Por último, la tecnología que se eligió para este estudio se basa en utilizar la red de transporte pública con tecnología IP/MPLS: Esta solución, es la más extendida y eficiente, por otro lado, brinda calidad de servicio, seguridad compatible con las VPNs, escalabilidad y administración sencilla. El costo dependerá de la calidad de servicio contratada, como así también, del ancho de banda de los enlaces.

Al final del capítulo se detalló la arquitectura de una red pública de una empresa de telecomunicaciones, en este caso se analizó la red de Telefónica Empresas, y las cuatro clases de servicio que ofrece a los clientes, las cuales, son las siguientes:

Clase de servicio Bronce: Corresponde al tráfico denominado best effort, que consiste simplemente en la navegación en Internet. En best effort no se asegura ningún parámetro de calidad de servicio. En caso de producirse congestión en la red los paquetes correspondientes a la clase Bronce son los primeros que se descartan.

Clase de servicio Plata: Corresponde a la transmisión de datos de baja prioridad o para aplicaciones institucionales que no sean de misión crítica<sup>129</sup>. Por tratarse de datos el parámetro que interesa es la pérdida de paquetes, no la demora ni el jitter. En el campo tipo de servicio (ToS) de la cabecera del datagrama IP corresponde a la prioridad (1).

---

<sup>129</sup> Aplicaciones de misión crítica: Son programas informáticos fundamentales para la operatoria de la empresa u organismo.

Clase de servicio Oro: Para aplicaciones de misión crítica, las que tienen alta prioridad para la empresa, este tipo de servicio garantiza una baja pérdida de paquetes, como así también, un retardo mínimo. Por tratarse de datos no interesa la variación del retardo o jitter. Esta clase es la que requiere mayor cantidad de recursos de la red para la transmisión de datos. En caso de congestión los datagramas IP de esta clase son los últimos en descartar.

Clase de servicio Multimedia: Corresponde a la transmisión de señales isócronas (Voz y Video) con alta prioridad. Por tratarse de señales en tiempo real<sup>130</sup> en este tipo de tráfico interesa la demora de los datagramas porque hay que recomponer en el destino la voz o el video. Si la demora de todos los paquetes del flujo es la misma ésta se puede compensar, pero cuando la demora es variable o sea existe Jitter no es posible la compensación y entonces es importante que el jitter sea mínimo.

Cuando este tráfico está comprimido es importante que la pérdida de paquetes sea pequeña dado que la pérdida de un paquete comprimido en recepción implica que no se podrán generar los cientos de paquetes que se podrían haber generado con la descompresión.

Clase de servicio Gestión: No es un servicio ofrecido al cliente, sino que constituye una facilidad para que la empresa de telecomunicaciones utilice los protocolos internos de la red de transporte IP/MPLS a efectos de realizar el monitoreo y control de la red. El ancho de banda para este servicio parte de 16 Kbps y la calidad de servicio es compatible con el tráfico Oro.

Para cada clase de servicio existen los parámetros básicos siguientes que se consideran para la conformación de dicha clase, estos son: la tasa de errores o BER, la pérdida de paquetes, la demora en el traslado de los paquetes, la variación de la demora, el ancho de banda del enlace, la disponibilidad de la red y el tiempo de reparación de la red hasta la reposición del servicio.

La tasa de errores (BER) es un parámetro que mide la cantidad de bits erróneos recibidos respecto del total transmitido en un dado tiempo. Cuando en un paquete, o un datagrama IP se detecta un error, ya sea en la cabecera del IP o en el payload en el caso de llevar un

---

<sup>130</sup> Tráfico en tiempo real: A diferencia del tráfico diferido en este caso los paquetes en recepción se procesan inmediatamente para recomponer la voz o el video.

segmento TCP, se descarta dicho datagrama, dando origen a la pérdida del paquete (datagrama IP).

Si bien este parámetro se incluye en los contratos de servicio, específicamente en los SLA, no se utiliza en la práctica por parte de los usuarios de las redes para controlar la calidad de servicios dado que es preferible el parámetro pérdida de paquetes, por incluir otros factores que también pueden originar la pérdida del paquete. Este parámetro indica en porcentajes la probabilidad de pérdida de paquetes para una dada clase de servicio, siempre que el usuario no exceda el caudal garantizado contractualmente.

Cuando el servicio incluye datos comprimidos, por ejemplo, en multimedia, voz o video comprimido, es importante que la pérdida de paquetes sea un valor pequeño, en general menor al 1%, dado que el paquete comprimido en origen debe convertirse en recepción en cientos de paquetes para reconstruir la voz o el video en tiempo real, por lo cual, su pérdida provoca alteraciones perceptibles en la voz y video recibido. En el caso de voz y video no comprimido no es tan exigente el valor de este parámetro debido a la redundancia de paquetes en la transmisión.

Los paquetes en una red se pueden perder por numerosas causas por ejemplo por contener bits erróneos recibidos a través de los enlaces (BER), por congestión en los nodos, por problemas de enrutamiento, problemas de software y/o Hardware, etc.

Otro parámetro básico de la calidad de servicio es la demora o delay que mide el tiempo de ida y vuelta en milisegundos que tarda un paquete de una dada capacidad (normalmente 100 bytes) para desplazarse desde la sede origen hasta un destino prefijado en el protocolo de pruebas<sup>131</sup> y volver a la sede que lo emitió. También se denomina a este tiempo: RTD<sup>132</sup>.

La demora no se determina con una única medición, sino que se calcula como el valor medio durante un periodo de 30 días y con muestras que se envían cada “n” minutos.

Esta demora en la propagación de los paquetes se debe a diferentes causas, como ser: diferentes condiciones de transmisión en las líneas de comunicaciones (alámbricas e inalámbrica), tiempos de serialización de los bits en los circuitos, tiempos variables debido al encaminamiento, al procesamiento, el encolamiento en los nodos de las redes, etc.

---

<sup>131</sup> Protocolo de pruebas: Las pruebas técnicas de aceptación de los enlaces, incorporadas a los contratos, deben estar contempladas en un protocolo previamente aprobados por el cliente.

<sup>132</sup> RTD: Round Trip Delay.

Asociado a la demora en el tránsito de los paquetes se encuentra otro parámetro básico muy importante para la transmisión de señales isócronas que es el Jitter o variación de la demora. Las aplicaciones informáticas utilizan comunicaciones en las redes que involucran la transmisión de cientos o miles de paquetes (datagramas) que salen de un nodo transitan por la red y llegan a destino. No obstante, ese flujo de datagramas no transita por el mismo camino, por lo cual, los datagramas (del mismo flujo) llegan con diferente demora al destino final. Esta variación de la demora de los paquetes se denomina Jitter.

Como se mencionó anteriormente si el jitter es el mismo para todos los datagramas de un dado flujo significa que la demora es constante para todos los paquetes se podría compensar, pero si es variable no es posible dicha compensación. Tanto la demora como el jitter son factores que afectan principalmente a la transmisión del tráfico multimedia.

Con respecto al abono de los enlaces el factor determinante es el ancho de banda. Cuando se implementa una red IP/MPLS para cada sitio de la red corporativa se debe acceder con un enlace que puede ser alámbrico o inalámbrico y el costo más importante es el ancho de banda del enlace. Generalmente las instituciones y empresa prefieren enlaces alámbricos por razones de seguridad.

En el caso de enlaces alámbricos y dependiendo del ancho de banda solicitado la empresa de telecomunicaciones deberá instalar un enlace de cobre o de fibra óptica. En el caso de enlaces inalámbricos se debe instalar enlaces satelitales geoestacionarios o microondas digitales. Estos se emplean en general en lugares donde no llegan los enlaces alámbricos.

En este capítulo se aclaró la relación que existe entre el ancho de banda medido en Hertz y la capacidad del canal medida en BPS mediante la fórmula de Shannon Hartley. En los contratos figura la capacidad de los canales en BPS y no el ancho de banda en Hertz.

En el SLA de una licitación o concurso para la provisión de una red corporativa se debe expresar el ancho de banda deseado para cada enlace de acceso a los sitios de la empresa, como así también, se debería incluir, por futuras ampliaciones, la cotización por la ampliación del enlace en un 50% y un 100%.

Con respecto a la performance general de la red se detallaron los siguientes parámetros básicos: disponibilidad de red, tiempo mínimo entre fallas, tiempo mínimo medio entre fallas, tiempo medio de reparación y tiempo máximo de restauración del servicio.

El parámetro disponibilidad de la red permite calcular el tiempo durante el cual la empresa de telecomunicaciones garantiza que red permanecerá operativa. Si ese tiempo, durante el periodo acordado (generalmente un año), es menor al contratado en el SLA la empresa deberá afrontar multas.

El tiempo mínimo entre fallas representa el tiempo mínimo aceptable entre dos fallas consecutivas de la red.

El tiempo mínimo medio entre fallas mide el tiempo medio mínimo entre dos fallas consecutivas.

El tiempo medio de reparación es el tiempo necesario para efectuar la reparación de fallas en el servicio de red, sea estas de hardware o software.

El tiempo máximo de restauración del servicio que es el tiempo que la empresa de telecomunicación se compromete para restaurar el servicio de red ante fallas totales o parciales. Este tiempo varía si la falla ocurre en instalaciones ubicadas en áreas metropolitanas o en áreas rurales. Valores de 4 horas para áreas metropolitanas y 6 horas para zonas rurales son los más comunes para nuestro país.

### **Capítulo 3: La encuesta a futuros profesionales de TIC**

#### **Introducción**

En los dos capítulos precedentes hemos analizado el marco teórico y en él específicamente la arquitectura de las redes corporativas implementadas con tecnología IP/MPLS, como así también, las características técnicas más relevantes de la calidad de servicio en dichas redes.

Los aspectos técnicos analizados permitieron describir la tecnología relativa a las redes IP/MPLS que operan con el protocolo IP y en el nivel de enlace utilizan tecnología ATM, para culminar con la aplicación del protocolo MPLS que brinda la calidad de servicio, servicio que las redes IP no pueden otorgar.

En este capítulo se encara la tarea de conocer a través de una encuesta la ponderación técnica de los futuros profesionales de TIC respecto a los factores determinantes relativos a la calidad de servicio que se proponen en la hipótesis de la tesis.

Para hacerlo se analizarán las respuestas de estudiantes universitarios, de los últimos años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires (UTN - FRBA).

Se evaluarán las predicciones que dichos estudiantes consideraron relevantes respecto de la implementación de la calidad de servicio en redes IP/MPLS, los parámetros que presentan mayor nivel de importancia en la determinación de la calidad de servicio, y que deben ser incluidos en el SLA contractual, como así también, su incidencia en el costo de la red.

La investigación realizada, empírica y cuantitativa, posibilitará estudiar la relación entre las variables cuantificadas inherentes a la calidad de servicio de las redes corporativas que operan con IP/MPLS. Para ello, se empleará el método de la estadística descriptiva a efectos de realizar el relevamiento de los datos cualitativos y su correspondiente análisis posterior.

La opinión técnica de los estudiantes (futuros profesionales de TIC) es relevante dado que serán los profesionales que posiblemente decidirán en el área de sistemas sobre las tecnologías de las redes corporativas, el SLA que definirá la calidad de servicio del contrato con las empresas de telecomunicaciones que implementaran las redes y la política de mantenimiento y administración de las redes y servicios que las mismas proporcionan.

Estos futuros profesionales muy probablemente se ocuparán de tareas tales como el desarrollo, mantenimiento y administración de las redes corporativas, dirección de las áreas de sistemas, tanto en organismos estatales como empresas, el diseño de políticas de control de calidad, etc. y en consecuencia, influirán decididamente desde esas áreas respecto a la evolución futura de las redes teleinformáticas.

Dada la amplia gama de tecnologías de redes existentes, el estudio de la tesis consideró solo las redes corporativas conformadas por redes locales (LAN) Ethernet, y redes de transporte públicas de las empresas de telecomunicaciones con tecnología IP/MPLS, en las cuales, se utiliza tecnología ATM como transporte principal.

En el presente capítulo se analizarán en primer término las hipótesis de la tesis y su vinculación con las preguntas contenidas en la encuesta. Posteriormente se evaluarán las respuestas de los estudiantes a las siete preguntas de la encuesta y su relación con el objetivo general y los objetivos específicos planteados en la tesis.

Se detallarán los factores determinantes (parámetros principales) como así también los parámetros secundarios, seleccionados por los estudiantes, y relativos a la calidad de servicio de una red IP/MPLS.

También los estudiantes emitirán opinión respecto a la incidencia de la configuración de los parámetros principales, relacionados con la calidad de servicio, sobre el requerimiento de ancho de banda, la velocidad de respuesta de las aplicaciones y el costo (abono mensual) de la red.

### **3.1. La encuesta y la hipótesis de la tesis.**

#### **3.1.1. Encuesta realizada a estudiantes de la Carrera de Ingeniería de Sistemas.**

Se analizarán las respuestas de cuarenta estudiantes universitarios, de los últimos años de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la UTN FRBA, estos estudiantes a esa altura de la carrera ya cursaron las asignaturas Comunicaciones y Redes de Información que les posibilita responder con los conocimientos técnicos necesarios el cuestionario en cuestión.

La investigación realizada fue empírica y cuantitativa y posibilitó estudiar en este capítulo la relación entre las variables cuantificadas relativas a la calidad de servicio de las redes, para ello se empleó el método de la estadística descriptiva a efectos de realizar el relevamiento de los datos cualitativos y su correspondiente análisis posterior.

Se evaluaron las respuestas de los estudiantes a las siete preguntas de la encuesta y su relación con la hipótesis general del trabajo final.

### **3.1.2. La encuesta y su relación con la hipótesis de la tesis.**

La encuesta permitió corroborar parcialmente la hipótesis general del trabajo final que recordemos es la siguiente:

#### **Hipótesis General**

Se espera que, según la opinión técnica de los estudiantes futuros profesionales de TIC, los factores determinantes relativos a la calidad de servicio de una red IP/MPLS de empresas e instituciones que afectan la transmisión de señales isócronas, la velocidad de respuesta interactiva de las aplicaciones, la optimización del ancho de banda de los enlaces y el costo final de la red son:

- Pérdida de paquetes,
- Demora en el traslado de los paquetes,
- Variación de la demora,
- Ancho de banda del enlace
- Disponibilidad de la red.

Estos factores deberían estar incluidos en el SLA de los contratos con las empresas de telecomunicaciones que posibilitan configurar las redes corporativas.

### **3.2. Realización de la encuesta**

La estructura de la encuesta propuesta estuvo conformada por las preguntas 1 a 7 cuyas respuestas admiten tres alternativas posibles de respuesta: SI, NO y NC (No contesta). En la figura 28 se detalla encuesta realizada.

La encuesta se realizó en la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN – FRBA.

En total se encuestaron, en forma anónima, 40 alumnos, previo a la realización de la misma se brindó una breve explicación del alcance y finalidad de la encuesta.

1. ¿Se ha capacitado, en la carrera de grado, mediante seminarios o cursos extracurriculares en temas relativos a la calidad de servicio de las redes corporativas?

*SI NO NC*

2. ¿Esta de acuerdo con el concepto que sostiene que para implementar la calidad de servicios en una red corporativa la tecnología IP/MPLS. Operando sobre ATM, es la mas conveniente?

*SI NO NC*

3. ¿Está de acuerdo con la afirmación que indica que en las redes corporativas deberían diferenciarse los tipos de servicio, lo cual, posibilitaría mejorar la performance de las aplicaciones y los servicios?

*SI NO NC*

4. ¿Considera que el costo del abono mensual de los enlaces y de la red corporativa de una empresa u organismo, no depende del ancho de banda y de la calidad de servicio contratada para cada enlace?

*SI NO NC*

5. ¿Considera que los parámetros principales que deberían incorporarse al SLA contractual, los cuales inciden en la calidad de servicio de una red son los siguientes: perdida de paquetes, demora en el traslado de los paquetes, variación de la demora, ancho de banda del enlace y disponibilidad de la red.?

*SI NO NC*

6. ¿Considera que la configuración adecuada de los parámetros inherentes a la calidad de servicio de una red IP/MPLS, conforme al tipo de tráfico que se cursara por el enlace (datos críticos, servicios multimediales, navegación por la web, etc), mencionados en la pregunta 5, generan un menor requerimiento del ancho de banda para las aplicaciones y mejoran la velocidad de respuesta de estas?

*SI NO NC*

7. ¿Considera que los siguientes parámetros secundarios: tasa de errores (BER), tiempo medio entre fallas, tiempo máximo de reparación y confiabilidad de los dispositivos de red, NO deberían incorporarse al SLA contractual por estar implícitamente contemplados en los parámetros de la pregunta 5?

*SI NO NC*

Figura 28: Encuesta

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3. Análisis cuantitativo de las respuestas a la encuesta.

En la figura 29 se analizan cuantitativamente los resultados de la encuesta.

<b>TOTAL DE ENCUESTAS: 40</b>						
<b>Pregunta Nro</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NC</b>	<b>% SI</b>	<b>% NO</b>	<b>% NC</b>
<b>1</b>	<b>29</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>72,5</b>	<b>22,5</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>31</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>77,5</b>	<b>17,5</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>70</b>	<b>25</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>4</b>	<b>31</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>77,5</b>	<b>12,5</b>
<b>5</b>	<b>33</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>82,5</b>	<b>5</b>	<b>12,5</b>
<b>6</b>	<b>30</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>75</b>	<b>17,5</b>	<b>7,5</b>
<b>7</b>	<b>9</b>	<b>28</b>	<b>3</b>	<b>22,5</b>	<b>70,0</b>	<b>7,5</b>

**Figura 29: Resultados de la Encuesta**

**Fuente: Elaboración Propia.**

### 3.4. Resultados obtenidos en la encuesta para las preguntas 1 a 7.

Se analizarán a continuación las respuestas de los estudiantes a cada uno de los siguientes temas incluidos en las preguntas 1 a 7 de la encuesta.

#### 3.4.1. Pregunta N°1, relativa a la capacitación de los estudiantes respecto a la calidad de servicios de las redes.

**¿Se ha capacitado, en la carrera de grado, mediante seminarios o cursos extracurriculares en temas relativos a la calidad de servicio de las redes corporativas?**

Distribución de frecuencias absolutas y relativas

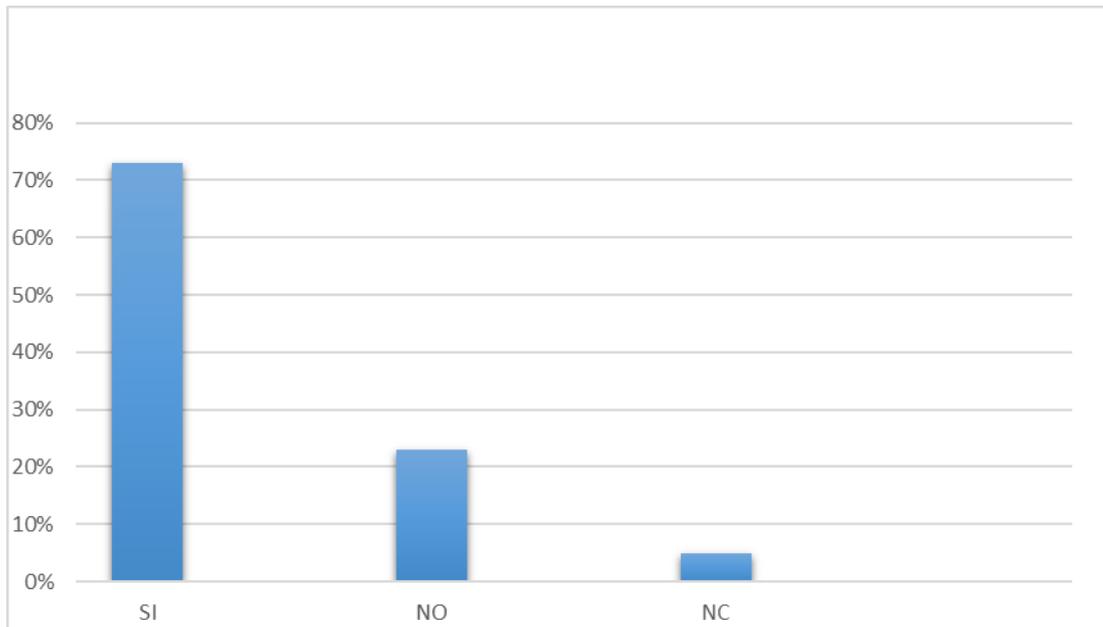
<b>RESPUESTA</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
<i>SI</i>	29	0,725	72,5
<i>NO</i>	9	0,225	22,5
<i>NO CONTESTA</i>	2	0,05	5
<i>TOTALES</i>	N = 40	1,0	100

La Moda de las respuestas a la pregunta N°1 es “SI”, para los estudiantes encuestados.

La primera pregunta de la encuesta se refiere a la capacitación lograda por los estudiantes, mediante la carrera de grado, seminarios, cursos, etc, en el conocimiento de los conceptos básicos y parámetros de la calidad de servicio en redes teleinformáticas.

En función de las respuestas a esta pregunta, se confeccionó el gráfico de la figura 30, en la misma, se puede observar que la mayor parte de los alumnos, el 72,5% ha recibido capacitación específica y/o extracurricular relativa a los parámetros que intervienen en la calidad de servicios de las redes de datos. En el caso de la carrera de grado la capacitación en redes IP/MPLS y en el tema de calidad de servicios la formación se concreto durante el cursado de la asignatura Redes de Información, correspondiente al cuarto nivel de la carrera.

Dichos conocimientos posibilitaron que, la mayor parte de los alumnos encuestados, identificaran adecuadamente los parámetros inherentes a la calidad de servicio mencionados en las preguntas siguientes.



**Figura 30**

**Fuente: Elaboración Propia.**

### 3.4.2. Pregunta N°2, relativa a las características técnicas de las redes IP/MPLS

**¿Está de acuerdo con el concepto que sostiene que para implementar la calidad de servicios en una red corporativa la tecnología IP/MPLS, operando sobre ATM, es la más conveniente?**

Distribución de frecuencias absolutas y relativas

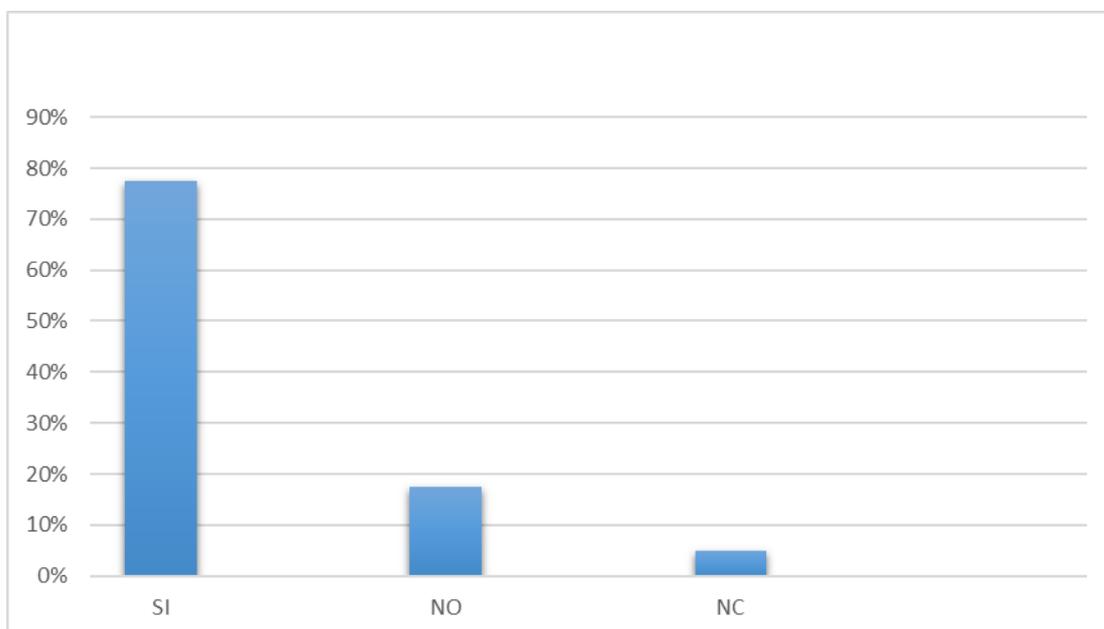
<b>RESPUESTA</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
<i>SI</i>	31	0,775	77,5
<i>NO</i>	7	0,175	17,5
<i>NO CONTESTA</i>	2	0,05	5
<i>TOTALES</i>	N = 40	1,0	100

La Moda de las respuestas a la pregunta N°2 es “SI”, para los estudiantes encuestados.

Como se ha descrito en el marco teórico de este trabajo, la calidad de servicio de una red requiere de determinada tecnología para implementarla. La tecnología que actualmente se emplea está basada en la utilización del protocolo MPLS y la utilización de datagramas IP.

En esa arquitectura de red el usuario puede solicitar a la empresa de telecomunicaciones determinada calidad de servicio según lo requieran las aplicaciones y/o transmisión de servicios isócronos.

Los estudiantes encuestados adquieren la capacitación sobre las redes IP/MPLS en la materia Redes de Información por lo cual disponían al momento de la realización de la encuesta de los conocimientos básicos relativos a las redes IP/MPLS. Por ello en la figura 31 se puede observar que el 77,5% manifiesta que para implementar la calidad de servicios en una red corporativa la tecnología IP/MPLS, operando sobre ATM, es la más conveniente.



**Figura 31**

**Fuente: Elaboración Propia.**

### 3.4.3. Pregunta N°3, relativa a los servicios brindados por las redes teleinformáticas.

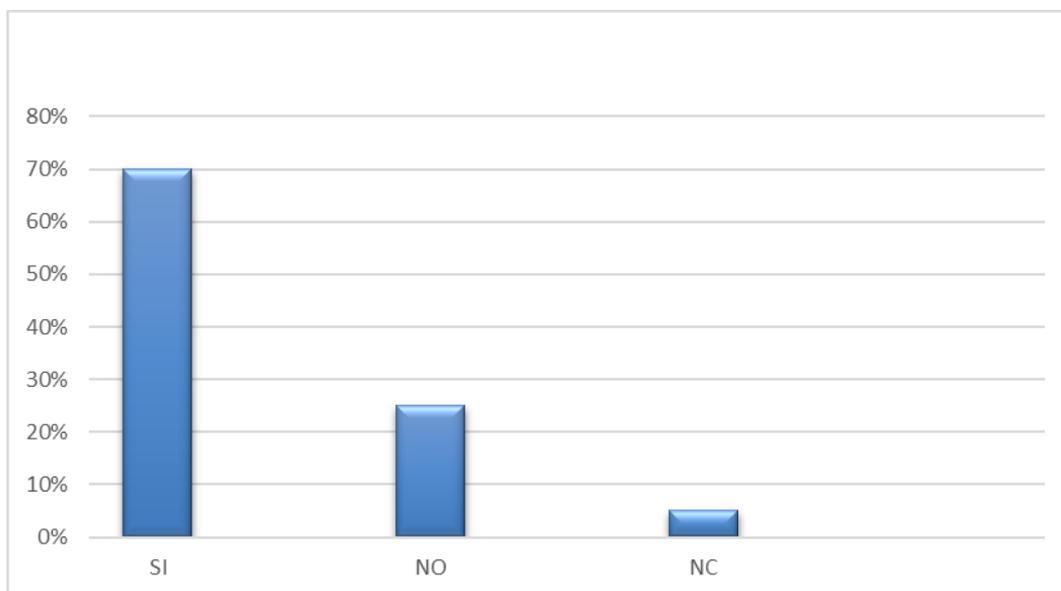
**¿Está de acuerdo con la afirmación que indica que en las redes corporativas deberían diferenciarse los tipos de servicio, lo cual, posibilitaría mejorar la performance de las aplicaciones y los servicios?**

Distribución de frecuencias absolutas y relativas

<b>RESPUESTA</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
<i>SI</i>	28	0,70	70
<i>NO</i>	10	0,25	25
<i>NO CONTESTA</i>	2	0,05	5
<b>TOTALES</b>	N = 40	1,0	100

La Moda de las respuestas a la pregunta N°3 es “SI”, para los estudiantes encuestados.

En la figura 32 se detalla la respuesta a esta pregunta, en la misma, se observa que la mayoría de los alumnos, el 70% considera que las redes deberían diferenciar el tráfico del usuario ofreciendo calidad de servicio diferente según el flujo del mismo. Esto es justamente lo que realiza la tecnología IP/MPLS.



**Figura 32**

**Fuente: Elaboración Propia.**

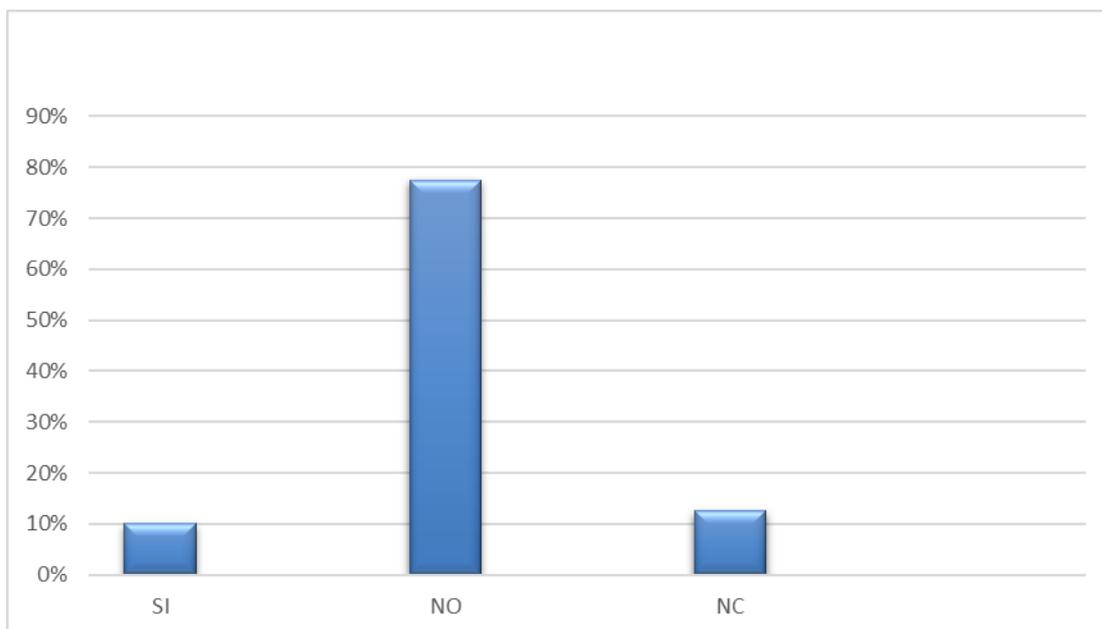
#### **3.4.4. Pregunta N°4, relativa a los costos de los abonos mensuales en función de la calidad de servicio contratada.**

**¿Considera que el costo del abono mensual de los enlaces y de la red corporativa de una empresa u organismo, no depende del ancho de banda, ni tampoco de la calidad de servicio contratada para cada enlace?**

##### Distribución de frecuencias absolutas y relativas

<b>RESPUESTA</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
<i>SI</i>	4	0,10	10
<i>NO</i>	31	0,775	77,5
<i>NO CONTESTA</i>	5	0,125	12,5
<i>TOTALES</i>	N = 40	1,0	100

La Moda de las respuestas a la pregunta N°33 es “NO”, para los estudiantes encuestados.



**Figura 33**

**Fuente: Elaboración Propia.**

En la figura 33 se observa que el 77,5% de los estudiantes consideran que el costo del abono mensual de una red corporativa proporcionada por una TELCO a una empresa u organismo depende principalmente de la calidad de servicio contratada para cada enlace de dicha red, como así también, del ancho de banda de los enlaces.

### **3.4.5. Pregunta N°5, relativa a los parámetros principales correspondientes a la calidad de servicio de las redes incorporados al SLA contractual.**

**¿Considera que los parámetros principales que deberían incorporarse al SLA contractual, los cuales inciden en la calidad de servicio de una red son los siguientes: pérdida de paquetes, demora en el traslado de los paquetes, variación de la demora, ancho de banda del enlace y disponibilidad de la red.?**

#### Distribución de frecuencias absolutas y relativas

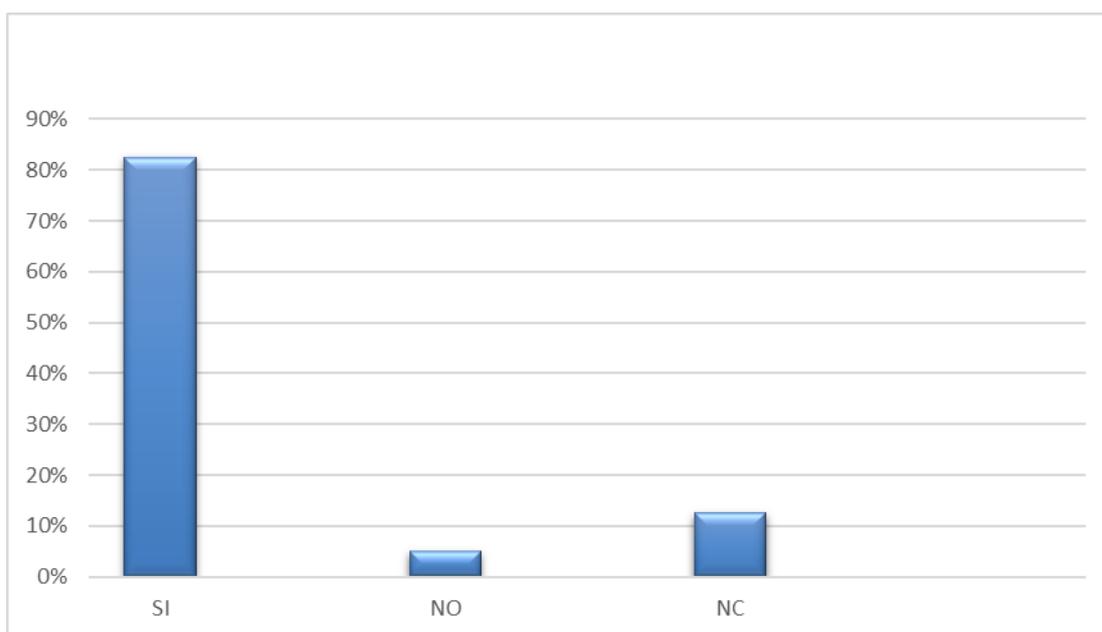
<b>RESPUESTA</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
<i>SI</i>	33	0,825	82,5
<i>NO</i>	2	0,05	5
<i>NO CONTESTA</i>	5	0,125	12,5
<i>TOTALES</i>	N = 40	1,0	100

La Moda de las respuestas a la pregunta N°5 es “SI”, para los estudiantes encuestados.

Esta pregunta se encuentra directamente relacionada con la hipótesis la cual sostiene que: Se espera que los futuros profesionales de TICs determinen que los parámetros principales que inciden en la calidad de servicio de una red y que afectan directamente a la performance de las aplicaciones son: la pérdida de paquetes, la demora en el traslado de los paquetes, la variación de la demora, el ancho de banda del enlace, la disponibilidad de la red y el tiempo de reparación de la red hasta la reposición del servicio.

En la figura 34 se grafican las respuestas de los estudiantes, se observa que el 82,5 % de los estudiantes está de acuerdo en determinar a los parámetros indicados en el párrafo anterior como los responsables de la calidad de servicio de las redes.

Por otro lado, solo un 7,5 % no opina al respecto, lo cual, es compatible con el resultado de la primer pregunta que arrojó un 5% de alumnos que no tenía conocimiento sobre los aspectos inherentes a la calidad de servicio de las redes.



**Figura 34**

**Fuente: Elaboración Propia.**

**3.4.6. Pregunta N°6, relativa a la relación entre la calidad de servicio de la red y la performance de las aplicaciones.**

**¿Considera que la configuración adecuada de los parámetros inherentes a la calidad de servicio de una red IP/MPLS, conforme al tipo de tráfico que se cursara por el enlace (datos críticos, servicios multimediales, navegación por la web, etc), mencionados en la pregunta 5, generan un menor requerimiento del ancho de banda para las aplicaciones y mejoran la velocidad de respuesta de estas?**

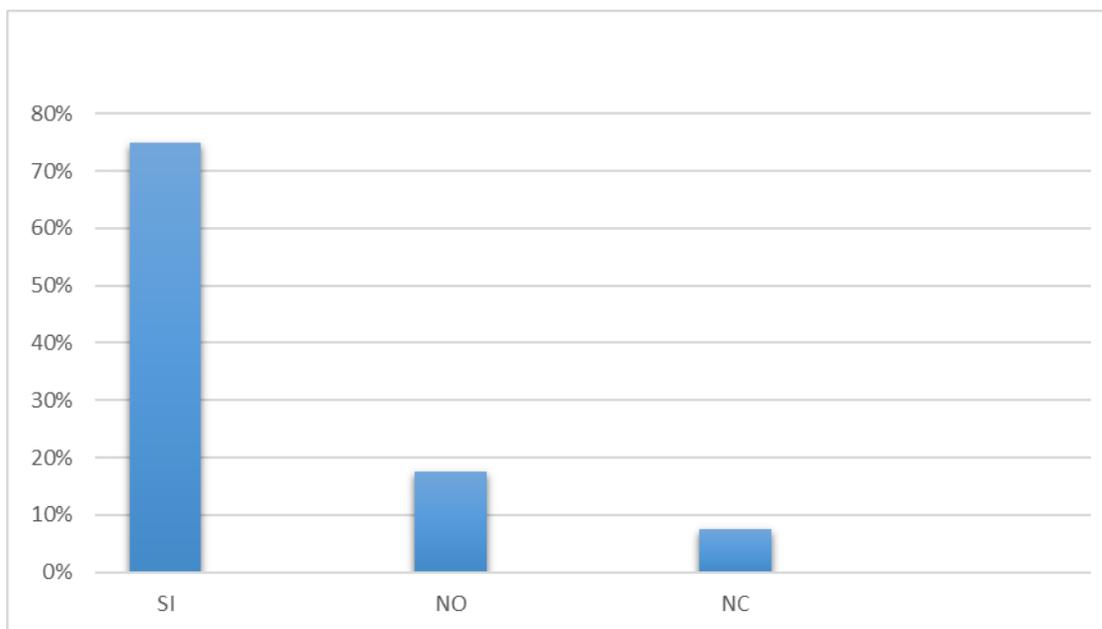
Distribución de frecuencias absolutas y relativas

<b>RESPUESTA</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
<i>SI</i>	30	0,75	75
<i>NO</i>	7	0,175	17,5
<i>NO CONTESTA</i>	3	0,075	7,5
<i>TOTALES</i>	N = 40	1	100

La Moda de las respuestas a la pregunta N°6 es “SI”, para los estudiantes encuestados.

En la figura 35 se grafican las respuestas de los estudiantes, se observa que el 75 % de los estudiantes está de acuerdo en que la configuración adecuada de los parámetros relativos a la calidad de servicio (perdida de paquetes, demora en el traslado de los paquetes, variación de la demora, ancho de banda del enlace, disponibilidad de la red y tiempo de reparación de la red hasta la reposición del servicio) generan las condiciones necesarias y suficientes para mejorar la velocidad de respuesta de las aplicaciones como así también un requerimiento de ancho de banda menor para dichas aplicaciones.

Se mantiene el porcentaje de alumnos que no contesta, 7,5 %, que es compatible con la cantidad de alumnos que no tiene conocimiento sobre la calidad de servicios de las redes de datos.



**Figura 35**

**Fuente: Elaboración Propia.**

**3.4.7. Pregunta N°7, relativa a los parámetros secundarios subsumidos en los parámetros principales de la calidad de servicio.**

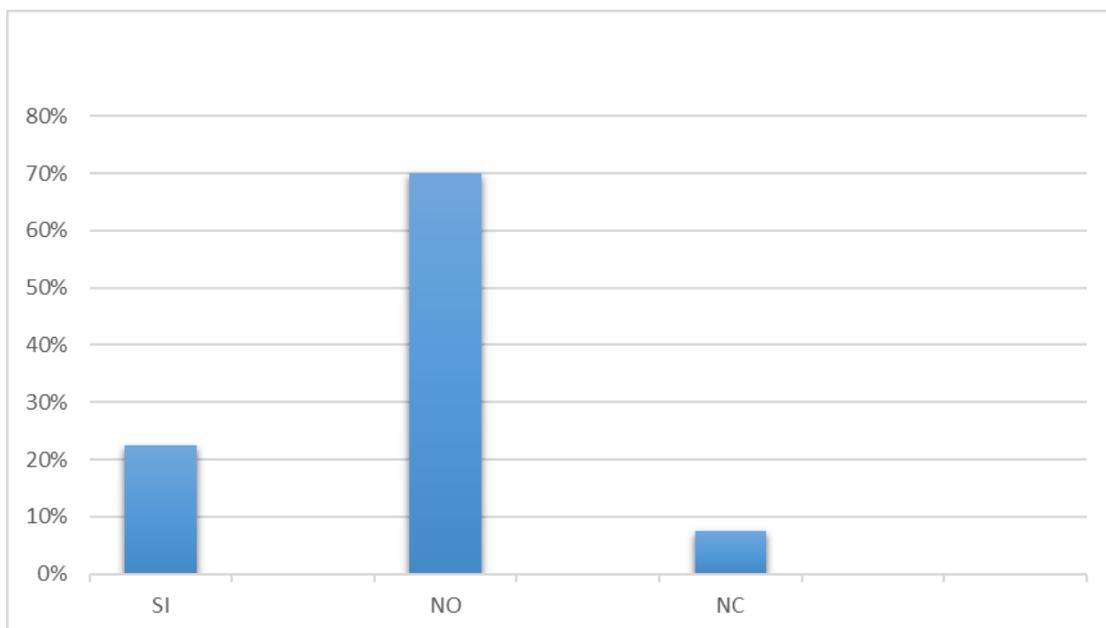
**¿Considera que los siguientes parámetros secundarios: tasa de errores (BER), tiempo medio entre fallas, tiempo máximo de reparación y confiabilidad de los dispositivos de red, NO deberían incorporarse al SLA contractual por estar implícitamente contemplados en los parámetros de la pregunta 5?**

Distribución de frecuencias absolutas y relativas

<b>RESPUESTA</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
<i>SI</i>	9	0,225	22,5
<i>NO</i>	28	0,70	70,0
<i>NO CONTESTA</i>	3	0,075	7,5
<i>TOTALES</i>	N = 40	1	100

La Moda de las respuestas a la pregunta N°7 es “NO”, para los estudiantes encuestados.

En la figura 37 se grafican las respuestas de los estudiantes, se observa que el 70 % de los estudiantes no está de acuerdo que los parámetros secundarios: tasa de errores (BER), tiempo medio entre fallas, tiempo máximo de reparación y confiabilidad de los dispositivos de red, no deberían incorporarse al SLA contractual por estar implícitamente contemplados en los parámetros del punto 5. El 22,5% de los estudiantes comparte la afirmación de la hipótesis y considera que son parámetros que no deberían incluirse en el SLA contractual. Estos últimos posiblemente han considerado que la tasa de errores (BER) en realidad afecta la pérdida de paquetes, dado que si un paquete tiene un error se desecha y esto incrementa el parámetro principal de pérdida de paquetes, por otro lado, los parámetros tiempo medio entre fallas, tiempo máximo de reparación y confiabilidad de los dispositivos de red, en realidad están comprendidos en el parámetro principal disponibilidad de la red. El porcentaje de alumnos que no contesta es solo el 7,5 %.



**Figura 37**

**Fuente: Elaboración Propia.**

### **Conclusiones del capítulo 3: La encuesta a futuros profesionales de TIC**

El trabajo de campo (la encuesta) se efectuó, con estudiantes de los dos últimos años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires.

Debido a la amplia gama de posibilidades en la implementación de redes corporativas y en función de las tecnologías existentes para el trabajo de tesis se circunscribió el mismo solo para redes con tecnología IP/MPLS.

La encuesta se efectuó sobre una muestra de 40 alumnos presentes y mediante una encuesta anónima que contenía siete preguntas.

La primera pregunta de la encuesta se refería a la formación obtenida por los estudiantes, mediante capacitación de grado y extracurricular, en seminarios, cursos, talleres, etc, en temas relativos a los conceptos básicos sobre calidad de servicio en redes teleinformáticas.

Como resultado se determinó que la mayor parte de los alumnos, el 72,5% recibió dicha capacitación específica, lo cual, incremento la validez de los resultados obtenidos en las restantes seis preguntas por la idoneidad de los encuestados.

Los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información adquieren los conocimientos y capacitación básica sobre el funcionamiento y características de los sistemas teleinformáticos y de las redes de datos en asignaturas como Comunicaciones y Redes de Información. Dicha capacitación posibilitó que la mayor parte de los alumnos encuestados identificaran adecuadamente los parámetros determinantes y secundarios que inciden en la calidad de servicio mencionados en las preguntas cinco a siete.

La segunda pregunta interrogaba a los alumnos respecto de su nivel de conocimiento de la tecnología IP/MPLS y ATM, lo cual, constituye la base para la obtención de la calidad de servicio en las redes IP. En estas redes el usuario puede solicitar a la empresa de telecomunicaciones (TELCO) determinada calidad de servicio según lo requiera el tipo de tráfico a cursar por la red.

Los estudiantes participantes de la encuesta adquieren capacitación sobre las redes IP/MPLS y ATM en la asignatura Redes de Información, específicamente a través de los programas de simulación y prácticas de laboratorio, es por ello, que al momento de efectuar esta encuesta el 77,5% manifestó conocer este tipo de redes como necesaria para implementar redes corporativas con calidad de servicios y solo un 17,5% indicó desconocer esta

tecnología como la más conveniente. Es probable que estos estudiantes consideraran que existen otras tecnologías más apropiadas. El número de encuestados que manifestó no conocer sobre el tema sigue siendo mínimo: 5%.

En las respuestas a la pregunta N°3 se puede observar que la mayoría de los alumnos, el 70%, considera que las redes deberían diferenciar el tipo tráfico ofreciendo diferente calidad de servicio según el flujo del mismo. Esto es justamente lo que realiza la tecnología IP/MPLS y ATM, de esta forma se posibilita diferenciar el tráfico de datos de misión crítica del correspondiente a una navegación común en Internet, como así también, el que corresponde a aplicaciones multimediales (voz e imagen) que requieren baja demora y reducido Jitter. El número de encuestados que manifestó no conocer sobre el tema sigue siendo mínimo 5%, como en las dos preguntas previas.

En la pregunta N° 4 los estudiantes opinaron sobre la relación del costo del abono mensual de los enlaces de una red corporativa con el ancho de banda de los mismos y la calidad de servicio solicitada en cada uno. El 77,5% de los estudiantes consideran que el costo del abono mensual de una red corporativa de una empresa u organismo depende del ancho de banda y de la calidad de servicio contratada para cada enlace de dicha red. Solo el 10% no está de acuerdo con la hipótesis que relaciona el costo del abono con el ancho de banda y la calidad de servicio y un 12,5 % no opina. Dado que los estudiantes estaban capacitados en las tecnologías IP/MPLS y ATM, como quedó demostrado en las respuestas anteriores, necesariamente también lo estaban en la evaluación de los costos que determinan el abono de una red corporativa, por otro lado, el 12,5 % no opino sobre el tema.

La pregunta N° 5 se encuentra directamente relacionada con la hipótesis la cual sostiene que se espera que los futuros profesionales de TICs determinen que los parámetros principales que inciden en la calidad de servicio de una red y que afectan directamente a la performance de las aplicaciones son: la pérdida de paquetes, la demora en el traslado de los paquetes, la variación de la demora, el ancho de banda del enlace y la disponibilidad de la red.

Al respecto, el 82,5 % de los estudiantes está de acuerdo que dichos parámetros son los responsables directos de la calidad de servicio de las redes. Solo un 7,5 % no opina lo mismo, lo cual, es compatible con el resultado de la primera pregunta que arrojó un 5% de alumnos que no tenían conocimientos sobre los aspectos inherentes a la calidad de servicio de las redes.

En las respuestas a la pregunta N° 6 se observa que el 75 % de los estudiantes está de acuerdo que la configuración adecuada de los parámetros relativos a la calidad de servicio (pérdida de paquetes, demora en el traslado de los paquetes, variación de la demora, ancho de banda

del enlace y disponibilidad de la red) generan las condiciones necesarias y suficientes para mejorar la velocidad de respuesta de las aplicaciones como así también un requerimiento de ancho de banda menor para dichas aplicaciones. Se mantiene el porcentaje de alumnos que no contesta, 7,5 %, que es compatible con la cantidad de alumnos que no tiene conocimiento sobre la calidad de servicios de las redes de datos. No está de acuerdo solo el 17,5%.

Por último, para la pregunta 7, relativa a los parámetros técnicos secundarios que intervienen en la calidad de servicios pero que no son determinantes y por lo cual se sostiene que no se deberían incorporar al SLA contractual, el 75 % de los estudiantes está de acuerdo en que estos parámetros secundarios: tasa de errores (BER), tiempo medio entre fallas, tiempo máximo de reparación y confiabilidad de los dispositivos de red, no deberían incorporarse al SLA contractual por estar implícitamente contemplados en los parámetros detallados en la pregunta 5. El 22,5% de los estudiantes no comparte la afirmación anterior y evidentemente considera que son parámetros que deberían incluirse en el SLA contractual.

Este último grupo (22,5%) posiblemente no han considerado que la tasa de errores (BER) en realidad afecta directamente la pérdida de paquetes. Si un paquete tiene un error binario todo el paquete se desecha y esto incrementa el parámetro principal de pérdida de paquetes. Por otro lado, tampoco han tenido en cuenta que los parámetros tiempo medio entre fallas, tiempo máximo de reparación y confiabilidad de los dispositivos de red, en realidad están comprendidos en el parámetro principal disponibilidad de la red. El porcentaje de alumnos que no contesta es mínimo, un solo alumno el 2,5 %.

## Conclusiones finales

Las empresas y organismos estatales disponen de redes corporativas que les posibilitan la conexión entre sus dependencias, en muchos casos por razones económicas utilizan exclusivamente la red Internet, sin embargo, en otros casos constituyen redes propias mediante subredes de transporte públicas pertenecientes a diferentes empresas de telecomunicaciones con una arquitectura basada en el empleo de protocolos TCP/IP, MPLS y ATM.

Una red corporativa es un conjunto de redes LAN pertenecientes a una empresa u organización, distribuidas en diferentes sitios de un país y/o también a nivel internacional, vinculadas en una conexión full mesh para la transmisión de datos y señales isócronas a través de una red de transporte pública (red global) de una o varias empresas públicas de telecomunicaciones.

Existen otras arquitecturas de redes corporativas como por ejemplo podemos citar la constituida por enlaces dedicados punto a punto para conectar los diferentes sitios (redes LAN) de la red. Esta arquitectura tiene un adecuado nivel de seguridad, dado que los enlaces entre las redes LAN son dedicados, pero la desventaja es el elevado costo, debido a la cantidad de enlaces necesarios, por otro lado, la red implementada con enlaces punto a punto tiene muy baja flexibilidad ante cambios de la topología de la red (alta y baja de sitios).

También en lugar de contratar líneas dedicadas punto a punto se podría utilizar la red Internet y establecer VPNs entre todas las dependencias o sitios de la empresa, a fin de dotar de cierto nivel de seguridad a la red, esta solución es más económica que la anterior pero no brinda calidad de servicio, es muy poco flexible y compleja de implementar y administrar.

Por último, la arquitectura que consideramos en esta tesis IP/MPLS es la que utilizan las redes de transporte públicas de las empresas de telecomunicaciones. El antecedente de estas redes fue las implementadas con el protocolo Frame Relay, que no brindaba calidad de servicio y la capacidad de transmisión era limitada, especialmente para señales isócronas, esto la convirtió en una tecnología obsoleta que fue reemplazada por el IP/MPLS, que es la que se analiza en el trabajo de investigación por ser la más extendida y eficiente, por otro lado, es la que brinda calidad de servicio, seguridad compatible con las VPNs, escalabilidad

y administración sencilla. El costo de la red depende de la calidad de servicio contratado, de la disponibilidad, como así también, del ancho de banda de los enlaces.

Las redes IP/MPLS reemplazaron a las redes Frame Relay. Hasta la aparición de estas redes, la red Frame Relay era la preferida para el transporte de datos a alta velocidad, recordemos a su vez que antes del Frame Relay las redes eran X.25, las cuales eran incompatibles para la transmisión de señales isócronas (voz y video).

El protocolo ruteable IP utilizado en Internet se caracteriza por ser un protocolo no confiable que no garantiza la entrega de los datagramas, básicamente por ser no orientado a conexión y no dispone de mecanismos que brinden calidad de servicio, estas falencias son solucionadas con el empleo del MPLS.

Para aplicaciones de misión crítica y tráfico multimedia, una red que opera solamente con datagramas IP, no ofrece garantía de entrega ni calidad de servicio. Es por ello que hace aproximadamente diez años se introdujo el protocolo MPLS en la red corporativa. El MPLS es un protocolo con calidad de servicio, en consecuencia la red de telecomunicaciones puede brindar diferentes clases de servicio, ya sea para datos como para señales isócronas y garantizar la entrega de los datagramas en tiempo y forma.

Los protocolos que tienen calidad de servicio realizan acciones que conforman un tratamiento confiable de los paquetes transmitidos: control de errores, control de flujo, control de congestionamiento, secuenciamiento de los paquetes y administración del ancho de banda.

El MPLS fue una consecuencia final del proceso de integración entre el protocolo IP y el ATM . Este último, brinda una plataforma de comunicaciones con calidad de servicio de muy alta capacidad. Ante esta situación las empresas de telecomunicaciones intentaron integrar ambos mundos, el de IP, sin calidad de servicio y poco confiable, con el de ATM muchos más confiable y rápido, utilizando como puente entre ambos al protocolo MPLS. Este garantiza la entrega y además brinda el camino más adecuado para los datagramas de un dado flujo, según la característica distintiva de dicho flujo.

Las red Internet funcionan en el modo datagrama, que a diferencia del modo circuitos virtuales, encamina los datagramas IP sin utilizar circuitos físicos determinados ni tampoco

virtuales preestablecidos, sino que cada vez que un datagrama acceden a un router se lo enruta de acuerdo a lo que se indique en ese momento en la tabla de encaminamiento del router, cabe aclarar que, dicha tabla es dinámica, adaptándose a las modificaciones que ocurran en la red, por ejemplo la caída y/o activación de nodos y/o enlaces.

La red basada en el protocolo IP brinda un tipo de servicio denominado best effort en inglés y la traducción más apropiada de este término es que la red hace el esfuerzo que está a su alcance para brindar el mejor servicio. No obstante, en la práctica no brinda calidad de servicio alguno.

Es por ello que se emplea en forma complementaria al IP el protocolo MPLS que a su vez se apoya en el ATM para brindar diferentes tipos de servicio. De esta forma se crean caminos virtuales que permiten satisfacer esa necesidad de servicios especiales para determinados flujos de paquetes IP que así lo requieren.

Para conocer qué tipo de servicio debe brindar la red a un datagrama IP, en la cabecera de éste, existe un campo denominado TOS (tipo de servicio). En dicho campo la aplicación especifica el tipo de servicio que se necesita para transmitir adecuadamente el datagrama, pero es necesario que el MPLS interprete dicho requerimiento y lo materialice en la red a través del soporte que al efecto le brinda el ATM.

En la vieja versión de IPv4 el campo ToS estaba compuesto por 8 bits, los tres primeros determinan la prioridad que tiene el datagrama IP (000 indica mínima prioridad y 111 la más alta), el bit "D" (Delay) cuando está activado (es uno) significa que el datagrama debería direccionarse por el camino de menor demora, el bit "T" (Throughput) cuando está activado significa que el datagrama debe ir por el camino de mayor ancho de banda, el bit "R" (Reliability) activado implica que el datagrama debe transmitirse por el camino más confiable y por último el bit "C" (Cost) activado implica que el datagrama debe ir por el camino de menor costo. Cabe aclarar que solo uno de estos bits o flags puede estar activado.

No obstante, este esquema ha quedado obsoleto y actualmente ha sido reemplazado por los RFC 2474 y 2475, correspondientes al método DiffServ, denominado DSCP., en el cual, se convierte la prioridad en 6 bits (en lugar de 3 bits de la versión anterior) que detallan el tipo de servicio y los dos últimos bits para indicar congestión (Explicit congestión Notification).

De esta forma, teniendo en cuenta lo indicado en el campo DSCP, la tecnología MPLS le confiere a la red IP la capacidad de encaminar los datagramas según las características que el flujo de datos requiera, y priorizar el traslado de los mismos, utilizando a nivel dos del modelo OSI<sup>133</sup> el protocolo ATM.

Por lo expuesto, el MPLS examina los datagramas IP y en función del tipo de servicio que requieran le agrega, a cada trama que transporta al datagrama, una etiqueta al entrar a la red que le posibilitará encaminarse por el trayecto acorde a la calidad de servicio solicitada.

Por ejemplo, si se trata de tráfico multimedia y se requiere que los paquetes lleguen en el menor tiempo posible al destino el MPLS elegirá la ruta más corta y más rápida posible. Si en cambio se trata de transmisión de datos críticos encaminara los paquetes por el camino de menor pérdida de paquetes y de mayor ancho de banda.

En la red MPLS los routers especiales ubicados en el borde de la red se emplean para colocar las etiquetas en las tramas que transportan a los datagramas y quitarlas a la salida de la red. De esta forma los conmutadores o los routers existentes en el interior de la red o LSR conmutan los paquetes de datos de acuerdo a la información de las etiquetas.

Esta operación es mucho más rápida que la que se efectúa en un router normal en una red que no sea MPLS. Los routers LSR no se introducen en el contenido de la cabecera del IP del datagrama para determinar que camino debe tomar este último, sino que la conmutación se basa sólo en una consulta de la etiqueta inserta en la trama de transporte del datagrama y luego en una consulta simple a la tabla de etiquetas LIB del router, previamente cargada en éste. De esta forma se determina la ruta a seguir por el paquete. El camino se establece en función del destino y de la calidad de servicio requerida para dicho paquete a largo de la red.

Podemos concluir que las redes actuales se implementan en función del protocolo ruteable IP y del protocolo MPLS, sobre la base de enlaces ATM. El IP genera redes que operan en el modo datagrama, vigente en la red Internet, y el MPLS, le brinda calidad de servicio, cuestión que no posee el IP. A su vez, la transmisión se basa en el empleo del ATM como soporte del MPLS, también se pueden utilizar otros protocolos de nivel de enlace para un transporte adecuado.

---

<sup>133</sup> OSI: Open System Interconnection.

Con respecto a la calidad de servicio podemos agregar que es un conjunto de procedimientos y técnicas que posibilita administrar los efectos de la congestión de tráfico utilizando los recursos de la red de la forma más eficiente posible.

En el capítulo dos se investigó el marco teórico correspondiente a los parámetros que definen la calidad de servicio (QoS) en las redes IP/MPLS. La QoS se caracteriza porque posibilita controlar la congestión cuando la sumatoria del ancho de banda demandado por las aplicaciones y los servicios supera el ancho de banda total disponible.

Por otro lado, también permite asignar diferente ancho de banda según los perfiles de tráfico y priorizar los servicios según su naturaleza.

Al respecto cabe aclarar que la red Internet no soporta calidad de servicio, como se detalló en el capítulo 1, el protocolo IP que es la base del funcionamiento de Internet no es orientado a la conexión ni tampoco tiene calidad de servicio.

Las empresas de telecomunicaciones en oportunidad de implementar redes corporativas ofrecen servicios con diferenciación de tráfico, por lo cual, la investigación se centró en determinar cómo logran materializarlo y cuál es el ámbito de aplicación. Se inició la investigación en determinar las tecnologías que utilizan los proveedores y los aportes que cada tecnología brinda para lograr la calidad de servicios deseada.

Para implementar la QoS en la red se debe establecer en el contrato con la TELCO un acuerdo de servicio denominado Service Level Agreement (SLA), el cual, especifica los parámetros de QoS que la TELCO asegura cumplir y en caso de no hacerlo se le aplicaran las penalidades especificadas en el contrato.

La QoS en redes IP posibilita brindar prioridad al flujo de paquetes (datagramas IP) en detrimento de otros. Esta capacidad es imprescindible en redes donde hay congestión, no obstante, si la red está sobredimensionada este proceso es innecesario. Por otro lado, sobredimensionar la red, especialmente el ancho de banda de los enlaces, implica un costo muy superior al asignar determinada calidad de servicio a los enlaces de la red.

Existen dos posibles estrategias para brindar trato diferencial a los paquetes que componen el tráfico el método reserva o el método prioridad. Por ello se analizaron los dos métodos definidos por el IETF: el Integrated Services (IntServ) y el Differentiated Services (DiffServ), se ha detallado específicamente el DiffServ que actualmente tiene mayor difusión.

La congestión se produce cuando en una interfase de la red se reciben más paquetes que los que puede manejar y/o almacenar. Es en esas circunstancias que resulta necesario la QoS para contrarrestar o atenuar la congestión. Esta última, ocasiona en primer lugar la demora o delay de los paquetes lo cual afecta principalmente al tráfico de voz y video, no así al de datos. Pero si la congestión continua el nodo puede verse en la necesidad de eliminar paquetes, deteriorando el parámetro pérdida de paquetes, que forma parte del SLA contractual.

El método denominado IntServ utiliza el procedimiento de la reserva que consiste en reservar recursos (capacidad de comunicación y almacenamiento) en cada router (hasta el router de destino) para el flujo de paquetes considerado. No resulta necesario el marcado de los paquetes. El método requiere del protocolo RSVP que efectúe la reserva de recurso en los routers.

El método prioridad denominado DiffServ introduce marcas en los paquetes como ser: origen, destino, puerto origen y destino, etc. y en función de estas marcas los routers por los que transita el paquete brindan un trato diferencial al mismo.

Existen tres tipos o perfiles de tráfico en la red: datos, voz sobre IP y video sobre IP. El tráfico de datos no es afectado por las demoras y el jitter, no depende del tiempo. Con respecto a la pérdida de paquetes a pesar que en la mayoría de las aplicaciones se emplea el protocolo TCP en la capa de transporte de TCP/IP y dicho protocolo corrige errores y recupera paquetes perdidos, denominados segmentos TCP, se pueden presentar pérdidas de paquetes originadas por otras causas en los nodos como congestión, enrutamientos erróneos, errores de software y/o fallas de hardware.. El tráfico de datos es aleatorio e impredecible y pueden ocurrir ráfagas que ocupen todo el ancho de banda disponible.

El tráfico isócrono de Voz sobre IP (VOIP) consume pocos recursos dado que dependiendo del codec utilizado puede requerir de 30 a 128 Kbps. Pero por otro lado, tiene algunas

exigencias importantes: no admite jitter mayor de 30 milisegundos, y demoras máximas de hasta 150 milisegundos. Como la voz se reproduce en tiempo real si se superan estos valores se experimentan en la recepción silencios por pérdida de palabras.

El tráfico de video sobre IP consume más recursos que el de VOIP (ancho de banda desde 384 kbps hasta 30 Mbps) debido a que la tasa de información de la fuente es mayor y por lo tanto la capacidad del canal también debe ser mayor para igualar a la tasa de información. También como en el caso anterior el tráfico es impredecible y puede ocasionar ráfagas que alcancen la capacidad máxima del canal. Es sensible a la pérdida de paquetes (menor al 1%) por la compresión y a la latencia (hasta 400 milisegundos).

Al comenzar la aplicación de las políticas de QoS lo primero es el marcado de los paquetes para luego asignarle una clase determinada, según el tipo de tráfico.

Para el tráfico en redes Ethernet, que operan con protocolo IEEE 802.1q, se etiquetan las tramas Ethernet con la finalidad de generar redes virtuales (VLANs) a través de diferentes switches Ethernet. Para introducir la identificación de la VLAN a la cual pertenece una trama se debe modificar la estructura de la trama original Ethernet, agregando campos adicionales a la trama original.

Una vez marcada la prioridad en los paquetes IP, al introducirse éstos en una red IP/MPLS, se registra dicha prioridad en la etiqueta del protocolo MPLS. En la etiqueta existe un campo de tres bits denominado EXP en el cual se inserta la prioridad del paquete, los otros campos de la etiqueta son: MPLS Label, 16 bits (corresponde al valor numérico de la etiqueta); MPLS S, 1bit (indica si es ultima etiqueta) y MPLS TTL, 8 bits (tiempo de vida).

En la investigación de la tesis también se analizó el marco teórico relativo a los métodos para el control de la calidad de servicio en una red con congestión. Una de las principales acciones para controlar el congestionamiento en los nodos de la red se basa en el encolamiento o queuing de los paquetes que posibilita priorizar y reordenar los mismos, como así también, administrar los buffers de los nodos, especialmente durante los periodos de congestión. Los principales tipos de colas analizados fueron: FIFO, WFQ, CBWFQ y LLQ.

La QoS se debe considerar en todos los dispositivos de red IP/MPLS por los que transitará el paquete, esas políticas de QoS se pueden aplicar manualmente o mediante herramientas informáticas específicas. En la actualidad se emplean aplicaciones informáticas para esta tarea, las cuales son: clasificación, marcado, priorización, determinación de las tasas máxima y mínima para el tráfico considerado.

La clasificación permite categorizar los flujos en clases de servicio (CoS), si bien existen cuatro tipos distintos de clasificación, en este estudio se analizó la denominada clasificación simple que se basa en los campos del encabezado de los datagramas IP, y no requiere de la lectura de otros campos del datagrama.

Estas políticas han sido diseñadas para brindar calidad de servicio a las redes corporativas, las cuales se implementan mediante las redes globales IP/MPLS de las TELCOs.

Por lo expuesto, la calidad de servicio (QoS) de la red corporativa debe ser brindada por la red global de las TELCOs, dado que las redes LAN de los usuarios no tienen QoS.

Por último, se detalló la arquitectura de una red pública de una TELCO, en este caso la de la red de Telefónica Empresas, y las siguientes cuatro clases de servicio que ofrece a los clientes.

Clase de servicio bronce: Corresponde al tráfico denominado best effort, que corresponde a la navegación simple en Internet. En best effort no se asegura ningún parámetro de calidad de servicio. En caso de producirse congestión en la red los paquetes correspondientes a la clase bronce son los primeros que se descartan.

Clase de servicio plata: Corresponde a la transmisión de datos de baja prioridad o para aplicaciones institucionales que no sean de misión crítica<sup>134</sup>. Por tratarse de datos el parámetro que interesa es la pérdida de paquetes, no la demora ni el jitter. En el campo tipo de servicio (ToS) de la cabecera del datagrama IP corresponde a la prioridad (1).

Clase de servicio oro: Para aplicaciones de misión crítica, las que tienen alta prioridad para la empresa, este tipo de servicio garantiza una baja pérdida de paquetes, como así también, un retardo mínimo. Por tratarse de datos no interesa la variación del retardo o jitter. Esta

---

<sup>134</sup> Aplicaciones de misión crítica: Son programas informáticos fundamentales para la operatoria de la empresa u organismo.

clase es la que requiere mayor cantidad de recursos de la red para la transmisión de datos. En caso de congestión los datagramas IP de esta clase son los últimos en descartar.

Clase de servicio multimedia: Corresponde a la transmisión de señales isócronas (Voz y Video) con alta prioridad. Por tratarse de señales en tiempo real<sup>135</sup> en este tipo de tráfico interesa el jitter y la demora de los datagramas. En recepción se debe recomponer la voz o el video en tiempo real. Si la demora de todos los paquetes del flujo es la misma ésta se puede compensar, pero cuando la demora es variable o sea existe jitter no es posible la compensación y entonces es importante que el este sea mínimo. Cuando el tráfico multimedia este comprimido en transmisión es importante que la pérdida de paquetes sea mínima dado que al estar comprimido la pérdida de un paquete implica generar cientos de paquetes en la recepción a partir de la descompresión.

Clase de servicio Gestión: No es un servicio ofrecido al cliente, sino que constituye una facilidad para que la empresa de telecomunicaciones utilice los protocolos internos de la red de transporte IP/MPLS a efectos de realizar el monitoreo y control de la red. El ancho de banda para este servicio parte de 16 Kbps y la calidad de servicio es compatible con el tráfico oro.

Para cada clase de servicio existen los parámetros determinantes siguientes que se consideran para la conformación de dicha clase, estos son: la tasa de errores o BER, la pérdida de paquetes, la demora en el traslado de los paquetes, la variación de la demora, el ancho de banda del enlace y la disponibilidad de la red.

La tasa de errores (BER) es un parámetro que mide la cantidad de bits erróneos recibidos respecto del total transmitido en un dado tiempo.

Cuando en un paquete, o un datagrama IP se detecta un error, ya sea en la cabecera del IP o en el payload en el caso de llevar un segmento TCP, se descarta dicho datagrama, dando origen a la pérdida del paquete (datagrama IP).

Si bien este parámetro se incluye en los contratos de servicio, específicamente en los SLA, no se utiliza en la práctica por parte de los usuarios de las redes para controlar la calidad de servicios dado que es preferible el parámetro pérdida de paquetes. Este parámetro indica en

---

<sup>135</sup> Tráfico en tiempo real: A diferencia del tráfico diferido en este caso los paquetes en recepción se procesan inmediatamente para recomponer la voz o el video.

porcentajes la probabilidad de pérdida de paquetes para una dada clase de servicio, siempre que el usuario no exceda el caudal garantizado contractualmente.

Cuando el servicio incluye datos comprimidos, por ejemplo, en multimedia, voz o video comprimido, es importante que la pérdida de paquetes sea un valor pequeño, en general menor al 1%, dado que el paquete comprimido en origen debe convertirse en la recepción en cientos de paquetes para reconstruir la voz o el video en tiempo real, por lo cual, su pérdida provoca alteraciones perceptibles en la voz y video recibido. En el caso de voz y video no comprimido no es tan exigente el valor de este parámetro porque existe redundancia de paquetes en la transmisión.

Los paquetes en una red se pueden perder por numerosas causas por ejemplo por contener bits erróneos recibidos a través de los enlaces (BER), por congestión en los nodos, por lo cual desechan paquetes, por problemas de enrutamiento, problemas de software y/o Hardware, etc.

Otro parámetro básico es la demora o delay, que mide el tiempo de ida y vuelta, medido en milisegundos, que tarda un paquete de una dada capacidad (normalmente 100 o mas bytes) para desplazarse desde la sede origen hasta un destino prefijado en el protocolo de pruebas<sup>136</sup>, y volver a la sede que lo emitió. También se denomina RTD, retardo de tránsito extremo a extremo.

La demora no se determina con una única medición, sino que se calcula como el valor medio durante un periodo de 30 días y con muestras que se envían cada “n” minutos.

Esta demora en la propagación de los paquetes se debe a diferentes causas, como ser: transmisión en las líneas de comunicaciones (alámbricas e inalámbrica), tiempos de serialización de los bits en los circuitos, tiempos variables debido al encaminamiento, procesamiento y encolamiento en los nodos de las redes, etc.

Asociado a la demora en el tránsito de los paquetes se encuentra otro parámetro básico muy importante para la transmisión de señales isócronas que es el Jitter o variación de la demora. Las aplicaciones informáticas utilizan comunicaciones en las redes que involucran la transmisión de cientos o miles de paquetes (datagramas) que salen de un nodo transitan por la red y llegan a destino. No obstante, ese flujo de datagramas no transita por el mismo

---

<sup>136</sup> Protocolo de pruebas: Las pruebas técnicas de aceptación de los enlaces, incorporadas a los contratos, deben estar contempladas en un protocolo previamente aprobados por el cliente.

camino, por lo cual, los datagramas (del mismo flujo) llegan con diferente demora al destino final. Esta variación de la demora de los paquetes se denomina Jitter. Si el jitter es el mismo para todos los datagramas de un dado flujo significa que la demora es constante para todos los paquetes, lo cual, no sería un problema porque sería previsible y por lo tanto se podría compensar, pero al ser variable no es posible dicha compensación.

Tanto la demora como el jitter son factores que afectan principalmente a la transmisión de voz, video y tráfico multimedia.

Para el costo del abono de los enlaces el ancho de banda es un factor determinante. Cuando se implementa una red IP/MPLS para cada sitio de la red corporativa se debe acceder con un enlace que puede ser alámbrico o inalámbrico y el costo más importante está dado por el ancho de banda del mismo.

Por último, el parámetro disponibilidad indica el tiempo durante el cual la empresa garantiza que red permanecerá operativa durante el periodo considerado. La TELCO si se excede en el tiempo acordado con el cliente respecto a la disponibilidad deberá afrontar multas.

En el capítulo 3 se analizó el trabajo de campo (la encuesta) que se efectuó con estudiantes de los dos últimos años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. Debido a la amplia gama de posibilidades en la implementación de redes corporativas y en función de las tecnologías existentes para el trabajo de tesis se circunscribió el mismo solo para redes con tecnología IP/MPLS.

La encuesta se efectuó sobre una muestra de 40 alumnos presentes y mediante una encuesta anónima que contenía siete preguntas.

La primera pregunta de la encuesta se refería a la formación obtenida por los estudiantes, mediante capacitación de grado y extracurricular, en seminarios, cursos, talleres, etc, en temas relativos a los conceptos básicos sobre calidad de servicio en redes teleinformáticas. Como resultado se determinó que la mayor parte de los alumnos, el 72,5% recibió dicha capacitación específica, lo cual, incremento la validez de los resultados obtenidos en las restantes seis preguntas por la idoneidad de los encuestados.

La segunda pregunta interrogaba a los estudiantes respecto de su nivel de conocimiento de la tecnología IP/MPLS y ATM, lo cual, constituye la base para la obtención de la calidad de servicio en las redes IP. Los estudiantes participantes de la encuesta adquieren capacitación sobre las redes IP/MPLS y ATM en la asignatura Redes de Información, es por ello, que al momento de efectuar esta encuesta el 77,5% manifestó conocer este tipo de redes como necesaria para implementar redes corporativas con calidad de servicios y solo un 17,5% indico desconocer esta tecnología como la mas conveniente. Es probable que estos estudiantes consideraran que existen otras tecnologías mas apropiadas.

En las respuestas a la pregunta N°3 se puede observar que la mayoría de los alumnos, el 70%, considera que las redes deberían diferenciar el tipo tráfico ofreciendo diferente calidad de servicio según el flujo del mismo. Esto es justamente lo que realiza la tecnología IP/MPLS y ATM, de esta forma se posibilita diferenciar el tráfico de datos de misión crítica del correspondiente a una navegación común en Internet, como así también, el que corresponde a aplicaciones multimediales (voz e imagen) que requieren baja demora y reducido Jitter.

En la pregunta N° 4 los estudiantes opinaron sobre la relación del costo del abono mensual de los enlaces de una red corporativa con el ancho de banda de los mismos y la calidad de servicio solicitada en cada uno. El 77,5% de los estudiantes consideran que el costo del abono mensual de una red corporativa proporcionada por una TELCO a una empresa u organismo depende del ancho de banda y de la calidad de servicio contratada para cada enlace de dicha red. De esta forma, la hipótesis de la Tesis se corrobora dado que solo el 10% no esta de acuerdo con la hipótesis que relaciona el costo del abono con ancho de banda y calidad de servicio y un 12,5 % no opina.

La pregunta N° 5, corroboró la hipótesis la cual sostiene que se espera que los futuros profesionales de TICs determinen que los parámetros principales o determinantes que inciden en la calidad de servicio de una red y que afectan directamente a la performance de las aplicaciones son: la perdida de paquetes, la demora en el traslado de los paquetes, la variación de la demora, el ancho de banda del enlace y la disponibilidad de la red.

Al respecto, el 82,5 % de los estudiantes está de acuerdo que dichos parámetros son los responsables directos de la calidad de servicio de las redes. Solo un 7,5 % no opina lo mismo, lo cual, es compatible con el resultado de la primera pregunta que arrojó un 5% de alumnos que no tenían conocimientos sobre los aspectos inherentes a la calidad de servicio de las redes.

En las respuestas a la pregunta N° 6 se observa que el 75 % de los estudiantes está de acuerdo que la configuración adecuada de los parámetros relativos a la calidad de servicio (perdida

de paquetes, demora en el traslado de los paquetes, variación de la demora, ancho de banda del enlace y disponibilidad de la red) generan las condiciones necesarias y suficientes para mejorar la velocidad de respuesta de las aplicaciones como así también un requerimiento de ancho de banda menor para dichas aplicaciones.

Para la pregunta 7, relativa a los parámetros técnicos secundarios que intervienen en la calidad de servicios pero que no son determinantes y por lo cual se sostiene en la hipótesis que no se deberían incorporarse al SLA contractual, el 70 % de los estudiantes no está de acuerdo que estos parámetros secundarios: tasa de errores (BER), tiempo medio entre fallas, tiempo máximo de reparación y confiabilidad de los dispositivos de red, no deberían incorporarse al SLA contractual. El 22,5% de los estudiantes no comparte la afirmación anterior y evidentemente considera que son parámetros que no deberían incluirse en el SLA contractual, por estar implícitamente contemplados en los parámetros principales detallados en la pregunta 5. Esto se debe a que posiblemente no han considerado que la tasa de errores (BER) en realidad afecta la pérdida de paquetes, dado que si un paquete tiene un error se desecha y esto incrementa el parámetro principal de pérdida de paquetes, por otro lado, los parámetros tiempo medio entre fallas, tiempo máximo de reparación y confiabilidad de los dispositivos de red, en realidad están comprendidos en el parámetro principal disponibilidad de la red. El porcentaje de alumnos que no contesta es solo alumno 7,5 %.

En resumen, del análisis de los resultados del trabajo de campo podemos asumir que se ha cumplido parcialmente la hipótesis, en lo concerniente a los parámetros relativos a la calidad de servicios. Se corroboró la hipótesis para los parámetros determinantes: pérdida de paquetes, demora, jitter, disponibilidad de la red y ancho de banda. No obstante, no sucedió lo mismo con los parámetros secundarios: tasa de errores (BER), tiempo medio entre fallas, tiempo máximo de reparación y confiabilidad de los dispositivos de red, donde un 70 % considero que deberían incluirse entre los principales e incluirlos en el SLA contractual al implementar una red corporativa IP/MPLS.

Se recomienda continuar esta investigación, respecto a los parámetros secundarios arriba mencionados, debido a que los futuros profesionales de TICs consideran que los mismos también definen la calidad de servicio en las redes actuales implementadas con tecnología IP/MPLS. Asimismo, consideran que no están subsumidos por los parámetros principales y por lo tanto se deberían incluir en el SLA contractual con la empresa de telecomunicaciones, esto seguramente impactara en el abono mensual de los enlaces de la red,

## ANEXO I

### **Ejemplo de: Clausulas particulares y acuerdo de servicio en un pliego de licitación para la implementación de una red Corporativa IP/MPLS de una empresa.**

#### **Introducción:**

En este anexo se detallan las clausulas particulares y el acuerdo de servicios propuestos para la implementación de una red corporativa que emplea la red de transporte IP/MPLS de una empresa publica de telecomunicaciones.

#### **Estructura de la licitación:**

La licitación tiene un renglón único y en él se especifican dos ítems cuyos objetivos es la provisión del servicio de conectividad para los destinos indicados en los Anexos A y B . Para cada uno de ellos se brindará el servicio de transmisión de señales isócronas (voz y video), datos e Internet, con los anchos de banda indicados. El servicio de Internet se brindará en forma centralizada a través de la casa matriz de la empresa ubicada en Buenos Aires. El Renglón se compone de dos Ítems:

- ITEM 1: Provisión del servicio Internet para toda la red de la empresa.
- ITEM 2: Provisión del servicio de conectividad para la red WAN de la empresa, mediante enlaces IP/MPLS, a efectos de posibilitar la transmisión de señales isócronas y datos e Internet, conforme al nivel de servicios (SLA) que el proveedor deberá respetar.

#### **Alcance del ITEM 1: Provisión del servicio Internet**

**Objeto:** Provisión del servicio Internet para toda la empresa conforme al nivel de servicios acordado.

#### **Acuerdo de Nivel de Servicio**

El servicio a proveer constará de un enlace cuya velocidad de transmisión será de 100 Mbps o mayor, con posibilidad de ampliación futura. La transmisión será digital, no admitiéndose líneas analógicas.

En la oferta se deberá indicar el costo de aumentar el ancho de banda en un 50 % y 100 %, durante el plazo de vigencia del contrato.

El acceso a la red Internet se efectuara a través de la Sede ubicada en xxxx de la Capital Federal. Desde allí se brindara el servicio Internet a todas las sucursales de la empresa indicadas en los Anexos A y B.

La disponibilidad del enlace deberá ser del 99,7% medida en términos anuales, con una tasa de error de 1 bit errado cada  $10^7$  bits transmitidos. ( $BER = 10^{-7}$ )

El ancho de banda total del vínculo se deberá distribuir entre acceso Nacional e Internacional, debiendo asignarse dinámicamente de modo que pueda asegurarse un “Committed Information Rate” (CIR%) para ambos casos, según las siguientes relaciones:

- $CIR_{NAC}(\%) \geq CIR_{NAC(mínimo)} = \frac{BW_{NAC(mínimo)}}{BW_{TOTAL}}$        $CIR_{INT}(\%) \geq CIR_{INT(mínimo)} = \frac{BW_{INT(mínimo)}}{BW_{TOTAL}}$
- $BW_{TOTAL}$  , es la velocidad de transmisión de datos del vínculo solicitado.
- $BW_{NAC(mínimo)}$  y  $BW_{INT(mínimo)}$  son el ancho de banda mínimo Nacional e Internacional deseados. Se entiende que la suma de ambos nunca superará el ancho de banda total ( $BW_{TOTAL}$ ).
- Se deberá asegurar un  $CIR_{NAC(mínimo)}(\%) = 95\%$  y un  $CIR_{INT(mínimo)}(\%) = 95\%$ .

En el caso de que el ancho de banda mínimo destinado a uso internacional no esté siendo usado por la empresa, dicho excedente deberá asignarse dinámicamente al ancho de banda de uso nacional, aumentando en consecuencia el CIRNAC(%).

Se deberá incluir un servicio de almacenamiento de correo electrónico temporario para casos de contingencia como ser caída del enlace, del servidor de correo, etc.

Se deberán cumplir además, las siguientes características de los servicios de telecomunicaciones, para otorgar un cierto nivel de conformidad:

La disponibilidad del enlace deberá ser, como mínimo, del 99,7% horas medida en términos anuales y del 99,5% en términos trimensuales, con una tasa de error de 1 bit errado cada  $10^7$  bit transmitidos.

El Tiempo Mínimo Medio entre Fallas (MTmBF) por mes será de 30 horas.

El Tiempo Mínimo entre Fallas (TmBF) por mes será de 15 horas.

El Tiempo Máximo de Restauración del Servicio (TMRS) por mes será menor a 2 horas.

Siendo:

Tiempo Mínimo Medio entre Fallas (MTmBF): Es una constante que define el tiempo medio mínimo aceptable entre dos fallas consecutivas. Se deberá cumplir “ $MTBF > MTmBF$  “ dónde el “Tiempo Medio entre Fallas” (MTBF) se define como:

$$MTBF = \frac{\sum_1^n TBF_i}{n}$$

n = número de fallas ocurridas en el mes.  
TBF<sub>i</sub> = Tiempo transcurrido entre la falla número (i) y la falla número (i-1).

TBF (Tiempo entre fallas): define el tiempo entre dos fallas consecutivas.

$$TBF_i = (FT_i - FT_{(i-1)})$$

Debe cumplirse:  $TBF_i > TmBF$ , siendo:

Tiempo Mínimo entre Fallas (TmBF): Es una constante que define el tiempo mínimo aceptable entre dos fallas consecutivas.

Tiempo Máximo de Restauración del Servicio (TMRS): Es una constante que define el tiempo máximo de restauración del servicio aceptable.

## Reportes

A los efectos de lograr un efectivo control por parte de la PGN de los niveles de calidad de servicio acordados con el proveedor, se deberá proveer un mecanismo de reportes e informes adecuados y en tiempo real para lograr este propósito. El sistema deberá reportar:

- *Servicios*: (gráficas de uso del servicio, tráfico).
- *Fallas*: listado de fallas, fecha y hora de inicio, fecha y hora de finalización, servicio afectado (enlace), fecha y hora de notificación de la falla, motivo de la falla, observación.
- *Utilización de línea*: porcentaje de uso de la línea en bps, frames, etc., tanto de tráfico entrante como saliente comparado con el ancho de banda total disponible.
- *Disponibilidad*: % de satisfacción desagregado por servicio.

$tTS$  = Tiempo total de servicio

$tSE$  = Tiempo total de servicio efectivo

$tTI = tTS - tSE$  (Tiempo total de indisponibilidad)

$$Disponibilidad(\%) = \frac{tSE}{tTS} * 100$$

## **Seguridad en el acceso a la red Internet.**

- El acceso a internet no tendrá ningún tipo de filtrado ni restricciones, salvo las que la empresa decida aplicar en el firewall a proveer por el oferente.
- Para la implementación del acceso a Internet el proveedor deberá suministrar, instalar y poner en funcionamiento un firewall “por hardware” el cual deberá disponer como mínimo de tres interfases LAN Ethernet a efectos de definir tres zonas de seguridad: Zona interna (segura), Zona externa (no segura) y DMZ.
- El firewall se deberá instalar en la sede de xxxx. La configuración inicial del Firewall será realizada por el Contratista en base a las indicaciones de seguridad que la empresa al efecto le indique.
- Posteriormente la administración y configuración del firewall será realizada por personal de la del área de Sistemas de la empresa, luego de la capacitación del personal de la empresa realizada a través de los cursos proporcionados por el Oferente.

## **Forma de instalación del acceso a la red Internet**

### **Acometida al sitio de instalación.**

Se instalarán los equipos de conectividad necesarios en la sede ubicada en la calle xxx de la Capital Federal.

La acometida, tanto aérea como subterránea que resulte necesaria se ejecutará en el lugar que expresamente autorice el área de Sistemas de la empresa.

En el caso de que fuera necesaria la instalación de mástiles, torres u otro elemento de soporte, estos deberán ser provistos por el oferente.

### **Canalizaciones**

Será responsabilidad del Oferente la ejecución de las canalizaciones desde el punto de acceso al edificio hasta el encuentro con las canalizaciones internas (gabinete de red), en el cual se instalarán los equipos de conectividad que el oferente proveerá para la implementación del enlace a Internet y el firewall correspondiente.

Para los cableados internos se utilizarán en general canalizaciones existentes cuyo recorrido se indicará en oportunidad de la “visita a obra”.

### **Cableado**

Se proveerán la totalidad de cables, conectores y demás elementos accesorios necesarios para la correcta instalación y funcionamiento.

Todo el cableado será identificado en cajas de pase, en bandejas verticales en cada planta, en bandejas horizontales cada 6 metros, y a la salida o llegada a cualquier punto de interconexión.

El oferente deberá verificar el estado de las protecciones eléctricas y atmosféricas, y la conexión de la puesta a tierra, en caso de que las mismas no sean adecuadas procederá a su modificación y/o instalación nueva, sin que ello involucre mayores costos para la empresa. Para una correcta evaluación de dichas instalaciones el Oferente podrá inspeccionar las instalaciones antes de la elevación de la oferta correspondiente.

El oferente deberá detallar ampliamente el método y equipamiento empleado para concretar la conexión requerida, el que se considerará incluido en la oferta. La misma deberá especificar explícitamente si el enlace tiene tramos aéreos externos.

El oferente será el responsable de la instalación de conexión a tierra, protección atmosférica y eléctrica para la totalidad del equipamiento de conectividad que instale con motivo de la implementación de la red motivo de la presente licitación.

### **Routers**

Los oferentes deberán incluirlos en la propuesta en la modalidad de comodato, acompañado de una descripción de las características técnicas del equipo ofrecido a los efectos de verificar el cumplimiento de las especificaciones correspondientes a los “Estándares Tecnológicos para la Administración Pública” vigentes, última versión emitidos por la Subsecretaría de la Gestión Pública (Jefatura de Gabinete de Ministros) para Router Ethernet para pequeñas oficinas, con los siguientes opcionales:

- Soporte de encriptación de datos estándar en enlaces seriales (IPSec, DES, 3DES).
- Soporte de túneles VPN
- Soporte de traslación de address IP públicos – privados (Internet – Intranet).

### **Condiciones de operación de la conexión con la red Internet**

#### **a. Conectividad**

El **round trip time** entre una única estación conectada al router de acceso instalado en xxxx, contra los sitios que se indican a continuación, deberá ser menor a 700 [ms] para los sitios de ubicación Internacional y de 300 [ms] para los sitios de ubicación Nacional en cualquier horario del día.

#### **Listado de sitios**

Uc.cache.nlanr.net

Ns.uu.net

[www.fedworld.gov](http://www.fedworld.gov)

[www.mre.gov.br](http://www.mre.gov.br)

[www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br)

[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

[www.vend.org](http://www.vend.org)

[www.presidencia.gov.ar](http://www.presidencia.gov.ar)

[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

[www.presidencia.cl](http://www.presidencia.cl)

**b. Ancho de Banda**

Se deberá satisfacer la siguiente prueba:

La suma de las tasas de bit rate de una o más conexiones de **FTP** entre una única estación conectada al router de acceso instalado en el domicilio del usuario,

- y el extremo internacional del provider,
- y los sitios indicados a continuación,

**Listado de sitios**

ftp.netscape.com

<ftp.sco.com>

ftp.openbsd.org

<ftp.hp.com>

ftp.conexion.com

<ftp.oracle.com>

<ftp.freebsd.org>

<ftp.sun.com>

ftp.cheyenne.com

No deberá ser menor que el 90% del ancho de banda nominal disponible en el canal instalado por el provider, transfiriendo archivos de por lo menos 7 MB.

**Capacidad técnica del oferente para brindar el servicio de conexión a Internet**

El oferente deberá describir:

- la cantidad, soporte físico, capacidad y ocupación de los enlaces con el exterior (internacionales) de su provider;
  - las características del equipamiento de su nodo Internet;
  - características de su servicio de soporte y de mantenimiento;
  - cantidad, capacidad y ocupación de sus enlaces con el provider de sus enlaces con el exterior (internacionales); y
  - listado de otros providers nacionales con cuyas redes el oferente garantiza conectividad.
- Deberá presentar un listado de todas las instalaciones similares a la solicitada con ancho de banda similar al ofertado en la presente licitación, indicando una referencia para contacto.

El oferente deberá asegurar explícitamente el cumplimiento de las Condiciones de Operación y deberá suministrar acceso a la instalación de uno de sus usuarios que se encuentre dentro de la nómina de instalaciones ofrecidas como referencia, a fin de que se pueda verificar el cumplimiento de esas exigencias.

## **Direcciones de IP**

Se proveerán al menos xxx direcciones consecutivas de IP permanentes públicas, de preferencia con opción de crecer hasta xxx direcciones consecutivas.

## **Mantenimiento del servicio de conexión a Internet**

La contratista deberá prestar el servicio de mantenimiento técnico preventivo y correctivo en días hábiles entre las 09:00 y las 18:00 hs., incluyendo:

- La provisión de repuestos.
- Mano de obra
- Supervisión técnica.

Se deberán incluir en los costos por mantenimiento todos los elementos que garanticen la correcta prestación del servicio a partir de su efectiva puesta en marcha y mientras dure la vigencia del contrato. Los cargos por mantenimiento técnico preventivo y correctivo estarán incluidos en el abono mensual.

Se considerará fuera de servicio cuando no cumpla con las pautas de tasa de error establecidas en el presente pliego.

El oferente deberá contar con un centro de asistencia al usuario, donde puedan evacuarse consultas en forma telefónica y por correo electrónico, cuyo horario será igual al indicado para el servicio de mantenimiento. En la oferta se deberá indicar el lugar, los teléfonos y dirección de correo electrónico del centro de asistencia, como así también, detallar el procedimiento para efectuar reclamos en forma permanente mediante el envío de tickets a un sistema informático de mantenimiento de la red.

## **Pruebas de aceptación de la red.**

El Oferente deberá proponer en la oferta un plan de pruebas para la aceptación de la obra.

## **Recepción del servicio**

Se rechazará la recepción hasta tanto las pruebas resulten satisfactorias, pudiendo aplicarse la causal de rescisión por demora en el plazo de entrega si tal cosa correspondiera.

La recepción definitiva del servicio tendrá lugar una vez que la contratista haya cumplido satisfactoriamente con los siguientes puntos:

1. Provisión del equipamiento.
2. Instalación y prueba del equipamiento

3. Puesta en estado operativo de los enlaces.
4. Pruebas de acceso a Internet satisfactorias.

La verificación de las condiciones anteriores será notificada por escrito a la contratista.

A cargo de la empresa se encontrará la instalación, configuración y puesta en marcha de la red IP interna, incluyendo sus clientes y servidores.

### **Planilla de cotización**

Con la oferta se presentará una planilla de cotización en la cual se detallen todos los costos desagregados que conforman el monto final para el ITEM 1.

### **Alcance del Ítem 1: Provisión del servicio de conectividad para la red WAN de la empresa.**

**Objeto:** Provisión del servicio de conectividad para la red WAN de la empresa de los nodos indicados en los Anexos A y IB, mediante enlaces IP/MPLS/VPN para la transmisión de señales isócronas y de datos, conforme al nivel de servicios (SLA) que el proveedor deberá respetar.

### **Consideraciones sobre la Red IP / MPLS del oferente:**

El servicio MPLS solicitado y las VPN desarrolladas en MPLS, tecnología de conmutación de datagramas basada en etiquetas, debe permitir, como mínimo, un nivel equivalente de seguridad y privacidad que las redes privadas virtuales conformadas por túneles IP.

El servicio de transporte de datos deberá estar constituido en forma global por una solución basada en protocolo IP definido en la RFC 2547 bis.

La topología de la Red WAN será del tipo full mesh no orientada a la conexión, en la cual los sitios remotos podrán cursar tráfico de voz y datos entre sí sin necesidad de consumir recursos del nodo central de la empresa.

Cada sucursal contará con un equipo de conmutación, multiplexación y enrutamiento de tráfico sobre el cual se podrán conectar los distintos tipos de servicios, equipos o terminales del usuario. Dicho equipo permitirá el óptimo aprovechamiento del ancho de banda disponible en el vínculo de conexión a la Red WAN, administrando el tráfico de voz y datos de la manera más eficiente, permitiendo la priorización del tráfico entre aplicaciones críticas y no críticas.

La prestación del servicio requerido se brindará con equipamiento propiedad de la prestataria.

El proveedor prestará el servicio de transporte de comunicaciones, entre los nodos de la red, en las condiciones de calidad y de servicio que adelante se definen, quedando bajo su exclusiva responsabilidad todos los elementos, equipamientos y/o servicios, etc., instalados en cada sitio.

El proveedor tendrá a su cargo el diseño integral y mantenimiento de la red de acuerdo con las especificaciones técnicas fijadas por el presente documento de licitación.

El oferente deberá detallar en la oferta la siguiente información:

- Topología del “backbone” de la red de transporte IP / MPLS, tecnología empleada, capacidad y nivel de redundancia del backbone.
- Normas nacionales y/o internacionales que certifiquen la seguridad de la información que circula por la red IP / MPLS propuesta.
- Redes instaladas por el oferente en otros organismos o empresas que posean arquitecturas similares a la ofertada para la PGN.

#### **Características generales de los equipos y servicios.**

Todos los equipos eléctricos que sean necesarios para el cumplimiento del presente pliego, sean para uso transitorio del adjudicatario como los que serán provistos, deberán encontrarse adaptados para la alimentación eléctrica a la red de canalización de 220 Volts / 50 Hz mediante tomas de tres patas planas con conexión a tierra, sin uso de adaptadores, según Nomas IRAM.

El mantenimiento preventivo y correctivo de equipos, servicios y vínculos de comunicaciones será responsabilidad exclusiva del contratista y su valor será incluido en la oferta total.

En caso de ser necesario realizar gestiones ante organismos públicos o privados, de carácter municipal, provincial, nacional o internacional que permitan cumplir con el objeto del presente pliego, las mismas serán responsabilidad exclusiva del contratista y los tiempos necesarios deberán estar incluidos en los plazos de entrega presentados.

#### **Acuerdo de Nivel de Servicio**

- a. Para la implementación de la red WAN de la empresa se emplearán enlaces con acceso directo a la **red IP/MPLS/VPN** del proveedor para los destinos indicados

en los Anexos A y B, con los anchos de banda y servicios especificados en la misma.

b. La red MPLS del Oferente deberá disponer , como mínimo, de tres niveles de calidad de servicio:

- *Nivel 1: Tipo “best effort” para Internet y correo electrónico.*
- *Nivel 2: Trafico de datos con confiabilidad, para las aplicaciones institucionales de la PGN.*
- *Nivel 3: Trafico multimedia: voz y video.*

c. Para cada una de las calidades de servicios solicitadas el Oferente deberá indicar el valor garantizado de los siguientes parámetros:

- *Perdida de paquetes.*
- *Retardo o latencia.*
- *Variación del retardo o “Jitter”.*

d. El oferente deberá indicar el ancho de banda que se empleara en cada enlace para soporte de los sistemas de gestión y monitoreo de la red.

e. El oferente deberá indicar la disponibilidad mensual del servicio IP MPLS (en % ) que garantiza para la red WAN propuesta, medida en forma global.

f. En la Oferta se deberán detallar los procedimientos de prueba propuestos por el oferente para la verificación de los parámetros indicados en el punto 4.3.c: Perdida de paquetes, Retardo o latencia y Variación del retardo o “Jitter”, para cada calidad de servicio ofrecido.

g. La empresa podrá solicitar a los Oferentes la realización de las pruebas indicadas en el punto anterior a efectos de verificar los valores técnicos detallados en las ofertas. Para la realización de las pruebas se tomaran los siguientes puntos:

- Buenos Aires – Posadas
- Buenos Aires - Ushuaia

h. El Oferente deberá indicar el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) para las dependencias indicadas en los Anexos A y B.

i. El Oferente deberá indicar en la oferta el cumplimiento de los siguientes parámetros relativos a la calidad de servicio. Los valores indicados a continuación son mínimos, el oferente podrá proponer mejoras de los mismos:

:

1. La **disponibilidad de cada enlace**, deberá ser del: 99,5% medida en términos anuales y del: 99,2 en términos mensuales, con una tasa de error de 1 bit errado cada  $10^7$  bit transmitidos.
2. El Tiempo Mínimo Medio entre Fallas (**MTmBF**) por mes será de 40 horas.
3. El Tiempo Mínimo entre Fallas (**TmBF**) por mes por mes será de 30 horas.
4. El Tiempo Máximo de Restauración del Servicio (**TMRS**) por mes será menor a 6 horas en el interior del País y 4 horas en Capital Federal y AMBA.

Nota: Se deberá detallar el cálculo efectuado para cada uno de los parámetros solicitados.

## **Forma de instalación de los enlaces WAN**

### **Acometida al sitio de instalación.**

Se instalarán los equipos en cada uno de los destinos indicados en los Anexos A y B.

La acometida, tanto aérea como subterránea que resulte necesaria en cada destino se ejecutará a cargo del Oferente.

En el caso de que fuera necesaria la instalación de mástiles, torres u otro elemento de soporte, estos deberán ser provistos por el oferente.

### **Canalizaciones**

Será responsabilidad del Oferente la ejecución de las canalizaciones desde el punto de acceso al edificio hasta el encuentro con las canalizaciones internas (gabinete de red), en el cual se inhalarán los equipos de conectividad que el oferente proveerá para la implementación del enlace IP / MPLS correspondiente.

Para los cableados internos se utilizarán en general canalizaciones existentes cuyo recorrido se indicará en oportunidad de la “visita a obra”.

### **Cableado**

Se proveerán la totalidad de cables, conectores y demás elementos accesorios necesarios para la correcta instalación y funcionamiento.

Todo el cableado será identificado en cajas de pase, en bandejas verticales en cada planta, en bandejas horizontales cada 6 metros, y a la salida o llegada a cualquier punto de interconexión.

El oferente deberá verificar el estado de las protecciones eléctricas y atmosféricas, y la conexión de la puesta a tierra, en caso de que las mismas no sean adecuadas procederá a su modificación y/o instalación nueva, sin que ello involucre mayores costos para la empresa. Para una correcta evaluación de dichas instalaciones el Oferente podrá inspeccionar las instalaciones antes de la elevación de la oferta correspondiente.

El oferente deberá detallar ampliamente el método y equipamiento empleado para concretar la conexión requerida, el que se considerará incluido en la oferta. La misma deberá especificar explícitamente si el enlace tiene tramos aéreos externos.

**Penalidades por Incumplimiento en la prestación del servicio durante la vigencia del contrato:**

Se considerara “sin servicio” un enlace cuando se verifiquen alguna de las siguientes anomalías:

- Disminución del ancho de banda de un enlace.
- Caída total o parcial (intermitente) del enlace.
- Tasa de error superior a  $10^{-7}$
- Imposibilidad de operar con todos o alguno de los servicios contratados (voz, videoconferencia, datos, Internet)

En la Tabla 1 se establecen las penalidades por incumplimientos del servicio a prestar:

**Tabla 1: Penalidades por incumplimiento del servicio**

<b>N°</b>	<b><u>DESCRIPCION DE LA ANORMALIDAD</u></b>	<b><u>PENALIDAD</u></b>	<b><u>OBSERVACIONES</u></b>
<b>1</b>	Puesta fuera de servicio de un enlace de un NODO por más de 4 horas y hasta 24 hs, por fallas del equipamiento y/o caída del vínculo.	10 %	Los porcentajes de las penalidades se refieren a descuentos en por cientos sobre el total del abono mensual de la línea.
<b>2</b>	No se pueda operar en un enlace de un NODO con todos o alguno de los servicios contratados (voz, videoconferencia, datos, Internet), por más de 4 horas y hasta 24 hs, por fallas del equipamiento y/o dificultades en el vínculo.	10 %	
<b>3</b>	Puesta fuera de servicio en el enlace de un NODO por más de 24 horas (por día fuera de servicio, o fracción de día y por cada enlace), sea por fallas de equipamiento y/o caída del vínculo.	20 %	
<b>4</b>	No se pueda operar en un enlace de un NODO con todos o alguno de los servicios contratados (voz, videoconferencia, datos, Internet), por más de 24 hs, por fallas del equipamiento y/o dificultades en el vínculo.	20 %	
<b>5</b>	Falta de atención en el Centro de Asistencia Técnica al Usuario, por mas de una hora por día.	0,50 %	Sobre el abono total de las líneas (ITEM 2)
<b>6</b>	Puesta fuera de servicio del enlace con INTERNET de la red de la empresa por más de 4 horas y hasta 24 hs, por fallas del equipamiento y/o caída del vínculo.	5 %	Los porcentajes de las penalidades se refieren a descuentos en por cientos sobre el abono mensual, por día de inconvenientes o fracción del ITEM 1.
<b>7</b>	Puesta fuera de servicio del enlace a INTERNET de la red de la empresa por más de 24 hs, por fallas del equipamiento y/o caída del vínculo, por día fuera de servicio o fracción de día.	10 %	

Por otro lado se debe considerar que:

- a. Cuando la indisponibilidad de un enlace o servicio resulte en más de 72 horas, en forma alternada, en el término de 7 días corridos, los montos de descuentos se incrementaran en un 25 %.
- b. El prestador no será responsable por incumplimiento debido a causas de fuerza mayor en los términos de los artículos 513 y 514 del Código Civil. Debiendo en este caso el prestador comunicar fehacientemente al prestatario antes que se cumplan las condiciones de indisponibilidad señaladas.
- c. Ante la disminución en el ancho de banda del servicio Full Internet contratado, la contratista será pasible de una multa del VEINTE POR CIENTO (20 %) del abono mensual cotizado (ITEM 1) por cada día en el que se incurriere en dicha falta, sin importar la cantidad de horas diarias en las que la falta hubiere sucedido.

**Rescisión del Contrato:**

- a. El incumplimiento de las condiciones de operación en el servicio, tanto las de conectividad como las de ancho de banda, en TRES (3) ocasiones como mínimo durante una misma semana contada a partir de la primera ocasión, cada una de ellas informada fehacientemente al contratista, facultará al comitente. a rescindir el contrato por justa causa. Las ocasiones deberán estar separadas entre sí como mínimo por CINCO (5) horas.
- b. En ese caso, si el prestatario considera necesario tomar esa opción, comunicara al prestador la decisión dentro de las 72 horas de producirse los incumplimientos mencionados.
- c. A partir de la tercera oportunidad, contada desde la puesta en marcha, en que no se haya alcanzado la disponibilidad mensual requerida en el pliego, el comitente quedará facultado a rescindir el contrato por justa causa.

## Referencias Bibliográficas

- 3CU Electronica, *MPLS*, Recuperado de:  
<https://sites.google.com/site/3cuelelectronica/home/ethernet/mpls?overridemobile=true>
- Alfaro (2019). *Tajamar Techclub*. Recuperado de:  
<https://www.techclub.tajamar.es/frame-relay-3/>
- Barbera (2007), *RedIRIS*, recuperado de:  
<https://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/53/enfoque1.html>
- Barba Marti, A. (2001). *Gestion de red*. Mexico: Alfaomega.
- Black, U. (1997). *Redes de Computadores, protocolos, normas e interfaces*. Mexico: Rama.
- Black, U. (1999). *Tecnologias emergentes para redes de computadoras*. Mexico: Prentice Hall.
- Castro y Fusario (1999). *Teleinformatica para ingenieros en sistemas de informacion*. España, Reverte.
- CCM (2017), *Redes VPN*, Recuperado de: <https://es.ccm.net/s/vpn/>
- Carlson, B., Crilly, P., & Rutledge, J. (2007). *Sistemas de comunicaciones*. Mexico. McGraw Hill.
- Chapra, S., & Canale, R. (1999). *Metodos numericos para ingenieros*. Mexico. McGraw Hill.
- Cisco R&S v3.0 (2020), *Conceptos de calidad de servicios*. Recuperado de :  
<https://summarynetworks.com/info-tlc/ccna-rs-v3-0-conceptos-de-calidad-de-servicio-qos/>
- Cisco (2022), *La calidad de servicio (QoS)*, Recuperado de:  
<https://eclassvirtual.com/category/servicios-ip/>
- Cisco (2022), *Seguridad para redes VPN*, Recuperado de:  
[https://www.cisco.com/c/es\\_mx/products/security/vpn-endpoint-security-clients/index.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/products/security/vpn-endpoint-security-clients/index.html)
- Cisco (2022), *What You Need to Know about Routing and Switching*, Recuperado de: [https://www.cisco.com/c/en\\_my/solutions/small-business/products/routers-switches/routing-switching-primer.html](https://www.cisco.com/c/en_my/solutions/small-business/products/routers-switches/routing-switching-primer.html)

- Cisco CCNA (2022), *Routing&Switching*, Recuperado de:  
<https://ccnadesdecero.es/introduccion-a-frame-relay/>
- Colomak (2000), *redes ATM Principios de interconexion y su aplicación*. Mexico. Alfaomega.
- Comer, D. (1996). *Redes globales de informacion con Internet y TCP/IP*. Mexico. Prentice Hall.
- Ferguson & Huston (1998), *Quality of Service*, EEUU, Wiley
- Feit, S. (1998). *Arquitectura, protocolos e implementacion con IPv6 y seguridad IP*. España. Mc Graw Hill.
- Forouzan, B. (2006). *Transmision de datos y redes de comunicaciones*. Madrid. Mc Graw Hill.
- Frankling Matango (8 de agosto 2016), *Factores que influyen en la calidad*,  
 Recueprado de: <http://www.servervoip.com/blog/tag/qos/page/3/>
- Freund, J., Miller, I., & Miller, M. (2001). *Estadistica Matematica con aplicaciones*. Mexico. Prentice Hall.
- Fusario, R. (2006). *Tecnicas de transmision banda base aplicadas a redes LAN y WAN*. Buenos Aires. INET.
- Gonzalez, M (4 de septiembre, 2019), *Redes Telematicas*, Recuperado de:  
<https://redestelematicas.com/>
- Handel, Huber y Schroder (1995), *ATM Networks, Concepts, Protocols, Aplicatios*, EEUU, Addison Wesley
- Halsall, F. (1998). *Comunicacion de datos,redes de computadores y sistemas abiertos*. Wilmington Delaware. Addison Wesley.
- Halsall, F. (2006). *Redes de Comoputadores e Internet*. Madrid. Pearson.
- Hurtado, I. L., & Toro, J. G. (2001). *Paradigmas y metodos de investigacion en tiempos de cambios*. Valencia: Episteme.
- Interpolados (2017), *Configuracion enlaces troncales IEEE 802.1q*. Recuperado de: <https://interpolados.wordpress.com/2017/05/01/configuracion-de-enlaces-troncales-ieee-802-1q/>
- Koosis , D. (1972). *Introduccion a la inferencia estadistica para administracion y economia*. Mexico. Limusa.
- Lechtaler, A. C., & Fusario, R. (2015). *Comunicaciones y Redes para profesionales en sistemas de informacion*. Buenos Aires. Alfaomega.
- Lew & Ford (1998), *Tecnologias de interconexion de redes*, Mexico, Pearson

- Leinwand, A., & Pinsky, B. (2001). *Configuración de routers Cisco*. España. Cisco Press.
- Li, Z, & Drew, M. (2004). *Fundamentals of Multimedia*. EEUU: Pearson.
- Martin y Leben (1994), *TCP/IP Networking. Architecture, administration and programming.*, EEUU, Prentice Hall.
- Moya, H. (2006). *Redes y servicios de comunicaciones*. España. Paraninfo.
- Olifer, N., & Olifer, V. (2009). *Redes de Computadoras*. Mexico. Mc Graw Hill.
- Orellana, L. (2001). *Estadística descriptiva*. Buenos Aires. UBA.
- Redes Telematicas (2015), *Red Internacional de Telefonica*. Recuperado de: <https://redestelematicas.com>
- Roldan, A (22 de agosto 2018, *Cybertesis Universidad Nacional de Ingeniería*, Recuperado de: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11184/1/estacio\\_ra.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11184/1/estacio_ra.pdf)
- Stallings, W. (2002). *Redes e Internet de alta velocidad rendimiento y calidad de servicio*. España. Pearson.
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadoras*. España. Pearson.
- Tanenbaum, A. (2003). *Redes de Computadoras*. Mexico. Pearson.
- Tejedor M (2018), *ATM (Asynchronous Transfer Mode)*. Recuperado de: <https://www.monografias.com/trabajos68/atm-asynchronous-transfer-mode/atm-asynchronous-transfer-mode>
- Telecom (2005), *Anexo Técnico VPN/IP/MPLS portfolio de servicios*, Telecom S.A.
- Telefonica Data Corp. S.A, (2003), *Anexo Técnico, Servicios VPN/IP/MPLS Internacional*. Telefonica.S.A
- Tomas, Fernando y Piattini (1997), *Redes de alta velocidad*, Mexico. Alfaomega
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electronicas*. Mexico. Pearson.
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2022). *Comunicaciones en Redes*. Recuperado de: <http://www.cidcame.uaeh.edu.mx/> .
- Unidad de telefonía fija (2009). *Redes VPN/IP/MPLS*. Publicación de Telecom S.A
- Universidad Politecnica de Valencia. (20 de Febrero de 2017). *Universidad Politecnica de Valencia*. Recuperado de: <http://www.upv.es/contenidos/CD/info/711545normalc.html>

Velasco, R. (7 de Agosto de 2015). *RedesZone*. Recuperado de <https://www.redeszone.net/2015/08/07/sha-3-nuevo-estandar-hash-aprobado-nist/>

## **Tabla de Acrónimos**

5G: Quinta generacion en redes móviles.

AAL: Adaptation ATM Level.

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

ANSI: Amewrican National Stardar Institute

ARP: Address Resolution Protocol

AS: Autonomous System

ARPA: Advanced Research Projects Agency

ARPANET: Advanced Research Projects Agency Networks.

ATM: Asynchronous Transfer Mode.

BER: Bit Error Rate

BGPv4: Border Gateway Protocol version 4

BPS: Bits / Seconds

CAR: Committed Access Rate.

CBWFQ: Class Based Weighted Fair Queuing

CoS: Class Of Service.

DARPA: Defense Advanced

DIFFSERV: Defferential Service

DNS: Domain Name System

DoD: Department Of Defence.

DSCP: Diferentiated Service Code Points.

DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing

EIGRP: Enhance Interior Gateway Routing Protocol.

ETD: Equipo Terminal de Datos

FTP: File Transfer Protocol.

FIFO: First In First Out.

GAN: Global Area Network.

HDLC: High Level Data Link Control.

ICMP: Internet Control Message protocol

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

IETF: Internet Engineering Task Force

ICMP: Internet Control Message Protocol

IGRP: Interior Gateway Routing Protocol.  
INTSERV: Integral Service  
IoT: Internet Of Things.  
IP/MPLS: Internet Protocol/Multiple Protocols Levels Swiching  
IP: Internet Protocol.  
IS IS: Intermediate System To Intermediate System  
ISO/IEC: International Estandar Organization/ International Electrotechnical Commision.  
ISP: Internet Service Provider.  
ITU-T: International Telecommunication Union – Telecommunication.  
LAN: Local Area Network.  
LCP: Link Control Protocol.  
LIB: Label Information Base.  
LLQ: Low Latency Queuing.  
LSB: Last significative Bit  
LSP: Label Switching Path  
LSR: Label Switching Router  
MSS: Maximun Segment Size  
NCP: Network Control Protocol.  
NSP: Network Service Provider  
OSI: Open Systems Inteconnection.  
OSPF: Open Shortest Path First  
PCR: Peak Cell Rate.  
PDH: Pleosynchronous Digital Hierarchy.  
PDU: Unit Data Protocol  
PING: Packet Internet Groper  
PPP: Point To Point Protocol  
PPTP: Point To Point Tunnel Protocol  
PVC: Permanent Virtual Circuit.  
QoS: Quality of Service  
RFC: Request For Comments.  
RIP: Routing Information Protocol  
RP: Routing Protocols  
RSVP: Resource Reservation Protocol.  
RTD: Rount Trip Time  
SDH: Synchronous Digital Hierarchy

SLA: Service Level Agreement.

SMDS: Switched Multi megabit Data Service.

SMTP: Simple Mail Transfer Protocol

S/N: Signal to Noise.

SNMP: Simple Network Management Protocol

SONET: Synchronous Optical Networks.

TCP/IP: Transmission Control Protocol / Internet Protocol.

TCP: Transmission Control Protocol.

TELNET: Telecommunication Network.

ToS: Type Of Service

UDP: User Datagram Protocol

UTN FRBA: Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires.

VBR – rt: Variable Bit Rate In real time.

VLAN: Virtual Local Area Networks.

VOIP: Voice Over IP

VPN: Virtual Private Network

WAN: Wide Area Network.

WFQ: Weighted Fair Queuing.