Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica

TRABAJO DE DIPLOMA

“QoS en un Backbone de red NGN”

Autor: Roberto Javier González Morejón

Tutor: Ing. Rafael Alejandro Olivera Solís

Santa Clara

2014

"Año 56 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica

TRABAJO DE DIPLOMA

“QoS en un Backbone de red NGN”

Autor: Roberto Javier González Morejón

Tutor: Ing. Rafael Alejandro Olivera Solís

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica

Facultad de Ingeniería Eléctrica

e-mail: rolivera@uclv.edu.cu

Santa Clara

2014

"Año 56 de la Revolución"

Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

_____

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

_____ _____

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento donde se defiende el trabajo

_____

Firma del Responsable de Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

El hombre vivo se ahoga sin aire:

Los hombres se ahogan sin vías de comunicación

José Martí

DEDICATORIA

A mis padres por ser mi ejemplo a seguir y mis guías en todas las batallas de mi vida.

A mi Cosa por ser incondicional conmigo.

A mi hermano por estar siempre.

A mis abuelita Jane, a mi abuelo Walfa, a mi tío Apo y a Zarinita , mi abuela Ines, abuelo Roberto, Tío Alain y Omara por su preocupación y su apoyo.

A toda mi familia.

En especial a la memoria de Armando Martínez que donde quiera que se encuentre se que está muy orgulloso y por esto comparte este momento especial con nosotros dentro de nuestros corazones.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá porque no logro imaginarme la vida sin ella.

A mi papá que es mi ejemplo de sacrificio y cumplimiento del deber.

A mi hermano por ser parte de mi vida.

A mi cosa por su ternura y comprensión.

A mi abuelita Jane por interceder por mí ante el señor.

A mi tío Apo por su preocupación constante.

A mis abuelos Ines, Diego y Roberto por no dudar nunca de mí.

A mi familia del patio de atrás mi abuela Belkis, mi tía Margarita, Orestes, Haliany y la Pelota por estar siempre junto a mí.

A mi familia en general por entenderme y confiar en mí.

A mi manada: Chongo, Pedro, Tania, el Guao, Dani, Tirado, Ernesto, el Yu Hi, Leandro, el Gaby, Yoanner, Pila, Francis, el Memo, Allen, el Chino, Sullivan y a los que me queden por mencionar ya que sin ustedes todo hubiera sido mucho más difícil y aburrido.

A mi hermano Wilfre y su familia que ya forma parte de la mía.

A mi País por darme la dicha de ser cubano.

A mi Universidad que me regalo los mejores años de mi vida.

A mi facultad por darme el privilegio de ser eléctrico.

A todas las personas que contribuyeron con mi formación a lo largo de todos estos años de estudio desde Maira de Armas que me enseño a leer y escribir hasta mi tutor.

A todas las personas que creyeron en mí.

A todos ustedes muchas gracias.

TAREA TÉCNICA

Para el desarrollo de la investigación se utilizarán diferentes métodos y técnicas que en unidad y diferencias particulares permitirán el abordaje del problema. Estos métodos y técnicas favorecerán el cumplimiento de las siguientes tareas:

- Revisión de la bibliográfica técnico-especializada para la construcción del marco teórico de referencia general que describan los principales elementos que forman parte de la calidad de servicio en NGN.
- Elaboración de una propuesta que defina los elementos del modelo de calidad de servicio y las principales características del escenario.
- Validación de la propuesta realizada.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

Existe la tendencia mundial en las redes de telecomunicaciones de migrar hacia NGN *(New Generation Network*) y, de la importancia que tiene este tipo de redes de cumplir con los parámetros de Calidad de Servicio (QoS) surge la necesidad de profundizar y ampliar los conocimientos relacionados con el tema, por esta razón se realiza un estudio de las características fundamentales de estas redes, sus capas y protocolos así como su funcionamiento bajo dichas circunstancias. Para tener medida de los parámetros que las rigen, se analizan las principales recomendaciones internacionales referentes a la evaluación de QoS en redes IP. Fueron aplicados procedimientos para implementar calidad de servicios haciendo énfasis en las diferentes formas de configuración de una sección de red específicamente un backbone. Para lograrlo se realizaron una serie de simulaciones utilizando el software de simulación OPNET Modeler 14.0, evaluando el desempeño de diferentes aplicaciones según lo descrito en las Recomendaciones de la UIT Y.1540 y Y.1541 para cada escenario. La investigación demuestra la necesidad de una correcta implementación de mecanismos de calidad de servicio en redes NGN para el correcto funcionamiento de sus aplicaciones y servicios.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO i

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTOS iii

TAREA TÉCNICA iv

RESUMEN v

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1. CALIDAD DE SERVICIOS EN REDES DE SIGUENE GENERACION. 4

1.1 Introducción al Concepto NGN 4

1.2 Definición y Características de Redes Próxima Generación 7

1.2.1 Migración hacia Redes de Próxima Generación 8

1.3 Arquitectura General de Redes NGN 9

1.3.1 Nivel Gestión y Servicio 9

1.3.2 Nivel Control de Red 10

1.3.3 Nivel Núcleo 11

1.3.4 Nivel Acceso de terminal 11

1.4 Protocolos en NGN: 12

1.4.1 Protocolos de Señalización y Control: 13

1.4.2 Protocolos de QoS y Soporte 15

1.5 Calidad de servicio en redes NGN 17

1.5.1 Recomendación UIT-T Y.1540 17

1.5.2 Recomendación UIT-T Y.1541 20
1.5.3 Norma ETSI TS 185 001 21
1.5.4 Clasificación de servicios en una red NGN 23
1.5.5 Técnicas de medida de QoS 23
1.6 Conclusiones parciales 24
CAPÍTULO 2. IMPLEMENTACION DE QoS 25
2.1 Acercamientos a la Calidad de Servicios 25
2.1.1 Servicio de Mejor Esfuerzo. 26
2.1.2 Servicios Integrados. 26
2.1.3 Servicios Diferenciados. 26
2.2 Topología de la red de núcleo 27
2.2.1 Configuraciones de LSPs 28
2.3 Manejo de la Congestión 29
2.4 Mecanismos de encolamiento 30
2.4.1 FIFO (First-In First-Out) 30
2.4.2 WFQ (*Weight Fair Queueing*) 31
2.4.3 Class-Based WFQ 32
2.4.4 PQ *(Priority Queueing)* 32
2.4.5 CQ (*Custom Queueing)* 34
2.5 MPLS 35
2.5.1 LER *(Label Edge Router)* 36
2.5.2 LSR *(Label Switching Router)* 37
2.5.3 FEC 37
2.5.4 LDP (*Label Distribution Protocol*) 38
2.5.5 LSP 38
2.5.6 LIB *(Label Information Base)* 39
2.6 Aplicaciones de referencia para las simulaciones 39
2.6.1 FTP (Protocolo de Transferencia de Archivos) 40
2.6.2 HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) 40
2.6.3 VoIP (*Voice over IP*) 40
2.6.4 Videoconferencia 42

2.7 OPNET Modeler 43
2.8 Conclusiones parciales 44
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS 45
3.1 Condiciones de la Simulaciones. 45
3.2 Escenarios de mejor desempeño: 46
3.2.1 Escenario 1: 48
3.2.2 Escenario 2 49
3.2.3 Escenario 3 50
3.3 Resultados de las simulaciones 51
3.3.1 Escenario 1 51
3.3.2 Escenario 2 53
3.3.3 Escenario 3 55
3.4 Conclusiones parciales 62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 63
Conclusiones 63
Recomendaciones 64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65
ANEXOS 68
Anexo 1: Configuración de las Aplicaciones 68
Figura 1: Características del tráfico generado por las aplicaciones 68
Figura 2: Marcación de trafico de las aplicaciones 68
Anexo 2: Parámetros de funcionamiento de la Red Básica MPLS 69
Figura 1: Throughput Red MPLS 69
Figura 2: IPTD Voz y Videoconferencia en Red Básica 69
Figura 3: IPDV Voz y Videoconferencia en Red Básica 70
Anexo 3: **Configuración 2** 71
Figura 1: IPTD de VoIP. Configuración 2 con WFQ, PQ y CQ 71
Figura 2: IPTD de Vc. Configuración 2 con WFQ, PQ y CQ 71
Anexo 4: Comportamiento del Protocolo CBWFQ 72

Figura 1: IPTD en VoIP con CBWFQ Todos los Escenarios 72

Figura 2: IPTD en Vc con CBWFQ Todos los Escenarios 72

INTRODUCCIÓN

La evolución del sector de las telecomunicaciones hacia las redes convergentes o Redes de Próxima Generación (*NGN*) está ligada a la evolución del estado hacia la Sociedad de la Información, ya que estas redes constituyen la principal infraestructura para el transporte de la información y para la conectividad de las personas.

Las redes de telecomunicaciones, como soporte para el transporte de información, han alcanzado un avance espectacular en las últimas décadas y han tenido un papel protagonista en la evolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Ha sido precisamente esta expansión la que explica por qué la calidad de los servicios de telecomunicaciones en Internet ha ido cobrando tanta importancia en los últimos años.

Implementar y comprobar la calidad de servicio en redes NGN es un tema de importancia tanto para los operadores de telecomunicaciones como para el regulador y los clientes. Para los usuarios es importante saber que el servicio que obtienen está acorde con el monto que pagan por él. Para el regulador es importante definir de forma precisa los criterios de calidad de servicio que los operadores de telecomunicaciones estén obligados a cumplir [1]. A su vez para los operadores es importante saber la calidad de servicio que están entregando a sus clientes de modo que puedan tomar correctivos necesarios cuando no se estén cumpliendo los objetivos establecidos por el regulador o hacer de sus niveles de servicio un elemento distintivo, lo cual puede promover entre las diferentes empresas proveedoras de servicio mayor competencia.

En las Redes de Próxima Generación se hace necesario actualizar y ampliar los conceptos de medición de QoS para tener en cuenta aspectos propios de estas redes que, por definición, operan bajo el principio de transmisión de paquetes [1].

Las redes de telecomunicaciones en sus inicios no fueron diseñadas para soportar las aplicaciones de gran ancho de banda existentes hoy en día, por lo que no existían los llamados modelos de calidad de servicio [2]. Con el transcurso del tiempo y el desarrollo de la ciencia en el campo de la telemática surgieron mecanismos que aseguraban el cumplimiento de ciertos parámetros que garantizaban un mínimo de calidad en una conexión entre terminales, la BER (*Bit Error Rate*) era el factor más importante de medición de calidad en las redes tradicionales TDM (Multiplexación por División en el Tiempo); se trataba de tener una BER lo más baja posible para de esta forma garantizar que al receptor llegara la información lo más auténtica posible.

La red telefónica tradicional da garantías de QoS, ya que reserva un circuito extremo a extremo para cada comunicación, empleando la conmutación de circuitos. Por otro lado, en el caso de que la red detecte una saturación de cualquiera de sus recursos, simplemente bloquea el establecimiento de la comunicación. Esto quiere decir que la red telefónica tradicional no establece la comunicación a menos que tenga garantías de calidad; o lo que es lo mismo, la red telefónica es una red de calidad garantizada frente al modelo al "mejor esfuerzo" de las redes IP (*Internet Protocol*) que emplean la tecnología de conmutación de paquetes.

Con la evolución de las redes de datos tradicionales a redes de próxima generación, ofrecer calidad de servicio se ha convertido en un tema crucial, debido a que múltiples aplicaciones con diferentes características de funcionamiento compiten por el uso del ancho de banda de los enlaces al interior de la red de núcleo [3]. Esta situación lleva a que en determinado momento las aplicaciones no funcionen de manera adecuada y causen insatisfacción al usuario. Dada la tendencia mundial en las redes de telecomunicaciones de migrar hacia redes de nueva generación y de la importancia en este tipo de redes de cumplir con los parámetros de calidad se formula la siguiente

Situación del problema: ¿cómo contribuir a la implementación de QoS en redes NGN? Para dar respuesta a esta situación se traza como

Objetivo general: Implementar mecanismos que garanticen QoS en redes NGN para servicios en tiempo real.

Los **objetivos específicos** son:

- Describir los principales elementos que forman parte de la calidad de servicios en redes NGN.
- Determinar los elementos necesarios para implementar QoS, así como las principales características del escenario.
- Evaluar mecanismos de QoS para aplicaciones de tiempo real mediante simulación.

El trabajo se está compuesto por la Introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos. En la introducción se dejará plasmada la importancia que revierte el análisis de la implementación de calidad de servicios así como los aspectos fundamentales de la metodología. En el capítulo 1 se hará referencia a lo relacionado con los fundamentos de calidad de servicios para las Redes de Nueva Generación, así como los servicios y aplicaciones que requieren de este factor para su correcto funcionamiento. El capítulo 2 abordará todo lo referido a los elementos que permiten realizar correcta implementación de calidad de servicios para aplicaciones de tiempo real. En el capítulo 3 se analizan los resultados obtenidos a partir de las simulaciones con el software OPNET Modeler 14.0 con diferentes escenarios experimentales. Las conclusiones estarán en correspondencia con los objetivos trazados. Las recomendaciones servirán para dejar sentadas las bases para futuros trabajos en la materia. La bibliografía es actualizada y de alto rigor científico por la actualidad y vigencia del tema tratado, además está organizada de forma adecuada. Al final aparecen los anexos.

CAPÍTULO 1. CALIDAD DE SERVICIOS EN REDES DE SIGUENE GENERACION.

En este capítulo se abordarán los fundamentos teóricos de las redes NGN y de una de sus más importantes características, la QoS. Se hace énfasis en los aspectos fundamentales que brindan las recomendaciones de la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, sector de Comunicaciones) Y.1540 y Y.1541.

1.1 Introducción al Concepto NGN

A la hora de buscar una definición para el concepto de NGN se da la paradoja de que no existe una única que sea válida para cualquier entorno y situación. Es más, según los distintos actores involucrados en el proceso así cambian las definiciones, por lo cual es muy difícil llegar a un acuerdo sobre una definición que abarque todos los escenarios posibles.
Dentro del mundo de las telecomunicaciones ha existido hasta fechas recientes, tal y como ya se ha apuntado anteriormente, una clara separación entre los mundos de la voz y los datos, lo cual ha motivado que los organismos de estandarización hayan sido también diferentes en la mayoría de los casos. Incluso los métodos de trabajo en estos grupos han sido distintos. Por otro lado, mientras que en el mundo de la voz las normas, en su mayor parte, son de obligado cumplimiento, en el mundo de los datos éstas se desarrollaban por consenso entre los propios fabricantes y operadores, más como recomendaciones que como normas de obligado cumplimiento [3].

Esta situación ha provocado la existencia de dos claros enfoques, según se considere uno u otro mundo, hacia el concepto NGN:

1. El relacionado con los datos e Internet:

- La red dará soporte de conectividad a un conjunto de elementos terminales inteligentes. El control y establecimiento de las sesiones será responsabilidad de los propios terminales.
- Los servicios son absolutamente independientes de la red. Todo servicio estará basado en la interacción entre terminales inteligentes.
- Los servicios tradicionales, también conocidos como *legacy*, verán disminuir de forma paulatina su importancia a favor de nuevos servicios, muchos de ellos aún desconocidos y, por tanto, de difícil caracterización en el momento de diseñar una red [4].

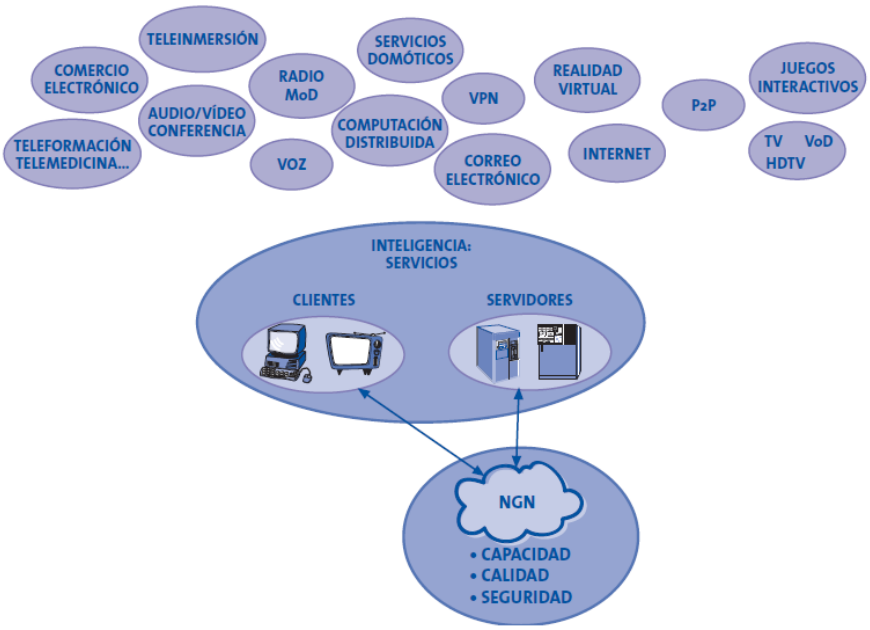

Figura 1.1: Representa la visión del mundo Internet y los servicios a tener en cuenta [5]

2. El relacionado con la voz:

- Los servicios serán provistos a través de redes interconectadas sobre un conjunto combinado de terminales inteligentes y no inteligentes. La red tendrá la inteligencia y el

control sobre los servicios y se adaptará a éstos en función de las necesidades que los usuarios finales demanden.

- La actual red telefónica evolucionará para adaptarse a los servicios multimedia, constituyendo la base de la futura NGN.
- Gran parte del desarrollo y provisión de los servicios finales partirá de los Operadores Públicos de Red, soportados por servicios básicos desarrollados sobre interfaces abiertas[5].

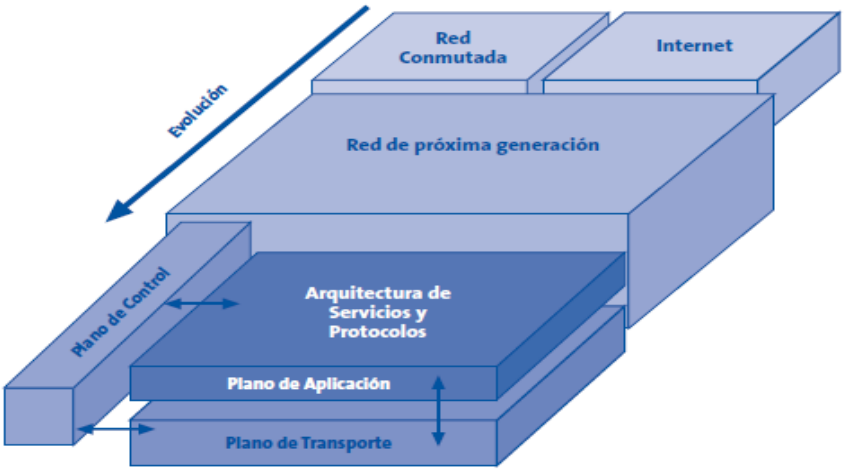

Figura 1.2: Representa la visión del proceso de evolución hacia el modelo NGN para el mundo de la voz [5]

Frente a estas dos posturas, no del todo coincidentes como ha quedado patente, se puede situar la visión que tienen los clientes de los servicios finales que serán soportados por las NGN. En un primer nivel se debe establecer una clara separación entre clientes empresariales y residenciales, ya que sus objetivos y motivaciones son distintos[5]. Mientras que para el grupo de clientes empresariales el principal atractivo de las NGN puede ser los servicios tradicionales (como los servicios de voz, las redes privadas virtuales, etc.) a costes moderados, para el sector residencial, por el contrario, el principal atractivo será mejorar los actuales servicios, manteniendo una estructura de costes bajos, y ampliar la oferta de servicios de entretenimiento.

1.2 Definición y Características de Redes Próxima Generación

Existen numerosas definiciones de NGN, sin embargo, por su validez internacional, se considera la definición dada por el Grupo de Estudio del Sector de Normalización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT –T) en la Recomendación Y.2001, que define una NGN como: "Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS (*Quality of Service*), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios"[6]. Esta definición sugiere que tanto las funciones referentes a los servicios como al transporte, se pueden ofrecer separadamente.

Según los lineamientos y estándares de la UIT, las características principales de las NGN, incluidas en la Recomendación Y.2001 son:

- La transferencia estará basada en paquetes.
- Las funciones de control están separadas de las capacidades de portador, llamada/sesión, y aplicación/servicio.
- Desacoplamiento de la provisión del servicio del transporte, y se proveen interfaces abiertas.
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real/de flujo continuo en tiempo no real y multimedia).
- Tendrá capacidades de banda ancha con calidad de servicio extremo a extremo.
- Tendrá interfuncionamiento con redes tradicionales a través de interfaces abiertas.
- Movilidad generalizada.
- Acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios.
- Diferentes esquemas de identificación.
- Características unificadas para el mismo servicio, como es percibida por el usuario.

- Convergencia entre servicios fijos y móviles.
- Independencia de las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte.
- Soporte de las múltiples tecnologías de última milla.
- Cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios, por ejemplo en cuanto a comunicaciones de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal, etc [6].

1.2.1 Migración hacia Redes de Próxima Generación

La migración hacia NGN constituye un elemento fundamental para lograr la convergencia de redes y servicios, y específicamente para el desarrollo de la banda ancha. Esta migración consiste en pasar de las redes PSTN (*Public Switched Telephone Network*) ó RTPC (Redes Telefónicas Públicas Conmutadas), basadas en voz, a NGN basadas en el protocolo IP [7]. En este sentido, las redes PSTN no estaban diseñadas para la entrega unidireccional de radio o televisión, de modo distinto, el Internet fue diseñado para el transporte en tiempo no real de paquetes.

Dentro de las principales razones para la migración hacia Redes de Próxima Generación, se pueden citar las siguientes:

- Eficiencia de costos: economías de alcance propias de una única red troncal basada en IP y reducción de costos operativos al permitir la eliminación de centrales locales.
- Diversificación de fuentes de ingresos: erosión de ingresos por rubros tradicionales (paso de la voz a la banda ancha).
- Demanda de los consumidores de mayores velocidades de transmisión.
- Presión competitiva: prestadores de TV por cable, empresas eléctricas, proyectos municipales/públicos y proveedores alternativos [4].

La migración hacia NGN no significa la sustitución total de las redes ya existentes, sino por el contrario, la integración de las redes de telefonía convencionales. Esto significa que las redes tradicionales pueden evolucionar, adaptarse y formar parte de las NGN, para mantener las inversiones. La modernización de acceso es la base para proveer los nuevos servicios y aplicaciones (datos, voz y multimedia) en la misma red [6]. Las NGN irán reemplazando progresivamente elementos y áreas de las RTPC tradicionales, construyendo

en base a xDSL (*Digital Subscriber Line*), acceso de fibra y con la convergencia de servicios o aplicaciones fijo – móvil e Internet.

Es importante señalar que la migración a NGN trae consigo ventajas. Dentro de las ventajas se pueden citar: la disponibilidad de una gran variedad de servicios y fácil movilidad entre ellos, la posibilidad del usuario para elegir el tipo de acceso que más se adecue a sus necesidades ya sea atendiendo a criterios de precios o calidad del servicio, y la mayor velocidad de transmisión, entre otras. De ahí que el sector de las telecomunicaciones se modernice constantemente, incorporando nuevas tecnologías o adaptando las ya existentes, nuevos actores y nuevos escenarios de convergencia de redes y servicios para responder a los nuevas demandas de los usuarios finales.

1.3 Arquitectura General de Redes NGN

La arquitectura general de una NGN está formada por cuatro capas o niveles basados en un modelo jerárquico para facilitar la comprensión. Cada nivel está provisto de distintos equipos y protocolos y realizan funciones diferentes. Los cuatro niveles son: Gestión y Servicio, Control de red, Núcleo y Acceso del terminal. A continuación se describirán las principales características y funciones de cada nivel.

1.3.1 Nivel Gestión y Servicio

En este nivel se realizan las funciones relacionadas con la operación y administración de la red y sus servicios. Las tareas incluyen aspectos como la gestión de fallas, configuración de red y elementos, medición de desempeño, seguridad, gestión de tráfico y QoS. Los servicios son independientes de la tecnología de acceso que se utilice y junto con las aplicaciones se ofrecen a toda la red, sin importar la ubicación del usuario. Estas redes se gestionan generalmente mediante aplicaciones de software sobre plataformas abiertas (UNIX, LINUX) o Windows, en configuración cliente-servidor [3]. Estas aplicaciones permiten gestionar los diferentes elementos de red y las interfaces para sistemas de mayor jerarquía como son los sistemas de distribución de servicios finales y sistemas de facturación

1.3.2 Nivel Control de Red

En este nivel se encuentran dispositivos como el Softswitch, Pasarela de Señalización, Servidor de Medios y Servidor de Capacidades. Estos se encargan de controlar e interconectar la red con otras redes.

1-Softswitch

Es el dispositivo más importante dentro de la Capa de Control y se encarga del control de llamadas (señalización y gestión de servicios), procesamiento de llamadas y otros servicios, sobre una red de conmutación de paquetes o red IP.

El softswitch interconecta redes de telefonía fija con las redes de conmutación de paquetes siendo su objetivo fundamental brindar confiabilidad y QoS. Este dispositivo trabaja con estándares e interfaces abiertas para integrar las NGN con la capacidad de transportar voz, datos y aplicaciones multimedia en tiempo real sobre redes IP.

2-Pasarela de Señalización *(Signalling Gateway)*

La Pasarela de Señalización es un elemento de red cuya función principal es enrutar y manipular la señalización. Además sirve de puente entre la red de señalización SS7 (Sistema de Señalización 7) y los nodos que maneja el Softswitch. Es el responsable de ejecutar el establecimiento y desconexión de las llamadas. Este elemento puede estar integrado o ser un dispositivo independiente dentro de la red en el Nivel de Control.

3-Servidor de Medios *(Media Server)*

Mejora las características funcionales del Softswitch con el soporte de aplicaciones como:

- Integración de fax y mail box, notificando por e-mail o pre-grabación de los mensajes.
- Capacidad de videoconferencia.
- Verificación de los mensajes de lectura para voz, fax y e-mail para una interfaz Ethernet.
- Control sobre múltiples servidores de aplicación.

4- Servidor de Capacidades *(Feature Server)*

Es una aplicación a nivel de servidor y su función principal es la tarifación de los servicios y recursos de la red en tiempo real. Además alberga un conjunto de servicios de valor agregado. Este puede ser parte del Softswitch o puede encontrarse como un dispositivo independiente dentro de la capa de control.

Las aplicaciones más comunes son:

- Utiliza la Pasarela de Señalización para la autenticación y autorización de la llamada.

- Centralización de llamadas: distribución automática de llamadas a múltiples destinos.
- Llamadas en espera, transferencias de llamadas, correo de voz, marcado automático, identificador de llamadas, velocidad de marcado, etc [3].

1.3.3 Nivel Núcleo

El transporte y enrutamiento del tráfico de extremo a extremo generado por la red es la función principal de este nivel. El núcleo permite la conectividad del nivel de acceso con los niveles superiores para que los usuarios puedan acceder a los servicios de la red NGN [7]. La tecnología que se emplee en el núcleo depende de las características propias de cada red, pero se debe garantizar la transparencia y que cumpla con los requisitos de QoS. En la actualidad la tendencia es la utilización de redes ASON (*Automatically Switched Optical Network*) en la implementación del núcleo.

1.3.4 Nivel Acceso de terminal

La función principal de este nivel es proveer al usuario el acceso a los servicios de la NGN independiente del tipo de terminal y medio empleado mediante gateway de acceso y gateway de red, utilizando varios protocolos e interfaces abiertas. En los gateway se realizan los mecanismos de QoS tratando directamente con el tráfico generado por el usuario como: clasificación del tráfico y filtrado de paquetes [3].

1-Pasarela de Acceso *(Access Gateway)*

El Gateway de Acceso realiza la conversión de formato de la información original a formato que pueda enviarse mediante IP, actuando bajo el control del Softswitch.

2-Pasarela de medios *(Media Gateway)*

Se encuentran ubicados en los extremos del núcleo de la red y son conocidos también como pasarelas de red o puntos de control de borde. Su objetivo fundamental es brindar conectividad entre redes diferentes e incompatibles como la PSTN, ATM *(Asynchronous Transfer Mode),* Frame Relay y otras [3]. Además realizan las funciones de procesamiento de voz, cancelación de eco, manejo de jitter, generación de tonos, discriminación del tipo de tráfico y manejo de políticas de Calidad Servicio. Emplean RTP *(Real-Time Transport Protocol)* como protocolo para la transmisión de paquetes de voz.

3-IAD *(Integrated Access Device)*

El IAD permite el acceso de los usuarios a servicios integrados de voz y datos al cumplir con las funciones de un módem DSL y a la vez encargándose de la conversión de las señales de voz analógicas de los usuarios para el transporte hacia la red, proporcionando una interfaz de datos Ethernet y varias interfaces de voz [3].

1.4 Protocolos en NGN:

Para comprender la arquitectura y protocolos comúnmente utilizados en una red NGN, primeramente hay que establecer la relación existente entre el modelo NGN con las distintas capas del modelo OSI (*Open System Interconnection*).

Basándose en el modelo OSI y caracterizándolo con el esquema referencial del modelo NGN se tiene:

- Física y Enlace: Nivel de Acceso del Terminal
- Red y Transporte: Núcleo de Red
- Sesión, Presentación y Aplicación: Control de Red y nivel de Gestión y Servicio.

En la Figura 1.3 expuesta a continuación se presenta un esquema de red NGN por capas referenciando al modelo OSI en el que se puede apreciar los protocolos y tecnologías que intervienen para dar soporte a las aplicaciones multimedia. Como se observa dentro de una infraestructura de red NGN deben entenderse protocolos y tecnologías tanto tradicionales como nuevas para que sea posible la implementación de una red que proporcione servicios convergentes.

El despliegue en infraestructura de las tecnologías tradicionales de transporte tanto a nivel físico como de enlace (ATM, Frame Relay, SDH/SONET, etc.) han requerido de una gran inversión por parte de los proveedores y por tanto estas redes no pueden actualmente dejarse a un lado, por ello uno de los objetivos de las NGN es coexistir con las redes tradicionales a través de la implementación de dispositivos inteligentes en el nivel de control y con el avance tecnológico ir incorporando terminales inteligentes en la parte del acceso del usuario [3].

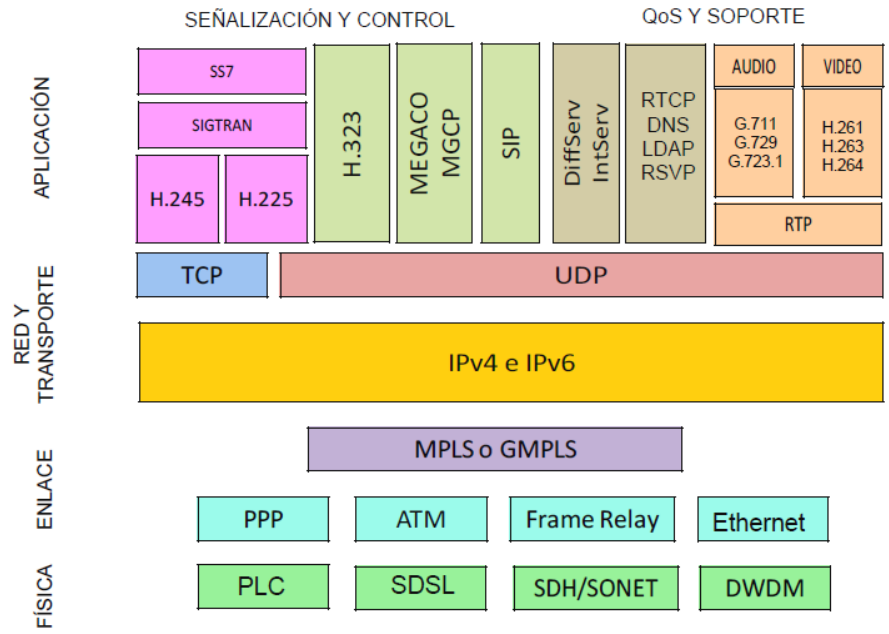

Figura 1.3: Protocolos que intervienen en el modelo de red NGN [3]

Tipos de Protocolos utilizados en NGN

Los protocolos más usados en NGN se dividen en dos grupos fundamentales: Protocolos de señalización y control y protocolos de QoS y soporte. A continuación se dará una breve descripción de estos grupos de protocolos:

1.4.1 Protocolos de Señalización y Control:

- **SS7**

El SS7 es un conjunto de protocolos que soportan la señalización de llamadas fuera de banda y características avanzadas de llamadas señalizando los circuitos conmutados de los proveedores de servicios de la PSTN, además se encarga del establecimiento y desconexión de la llamada, consultas de las bases de datos, estado del enlace troncal y las instrucciones de conmutadores remotos. SS7 no solo permite satisfacer necesidades de voz, también fue concebido para utilizarse con datos permitiendo la interconectividad con diferentes redes de datos como ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), Frame Relay, etc., permitiendo una gran variedad de servicios suplementarios.

- **SIGTRAN** *(Signalling Transport)*

Define una arquitectura para el transporte de señalización sobre las redes IP y conjuntamente deduce mecanismos de comunicaciones para transportar mensajes SS7 sobre IP. El protocolo más significativo del conjunto de protocolos SIGTRAN es el SCTP *(Stream Control Transmission Protocol)*, que es un protocolo a nivel de transporte, una alternativa a la utilización de TCP*(Transmission control Protocol)* y UDP*(user datagram protocol)*. Es utilizado conjuntamente con MEGACO para traducir la señalización telefónica en el transporte por la red IP, debido a que MEGACO no tiene señalización telefónica por canal común o SS7 [3].

- **H.323**

Es un estándar de la UIT-T que ofrece especificaciones de componentes, protocolos y procedimientos para aplicaciones en tiempo real de voz, datos y video. Define la señalización necesaria para las comunicaciones multimedia sobre redes IP y otras, haciéndolo más popular para las aplicaciones de VoIP (Voz sobre IP). El protocolo H.323 cumple con las funciones de control de llamada, uso de códecs de voz y regula las normas de otros organismos referentes a la transmisión en tiempo real de voz.

- **MEGACO H.248**

El H.248 o MEGACO es un protocolo estándar definido por la UIT-T para la gestión de sesiones y señalización. Es un complemento de los protocolos H.323 y SIP*(Session Initiation Protocol)* porque para controlar los Media Gateways utiliza H.323 y para la comunicación con un Softswitch o Media Gateway Controller lo hace por medio de SIP [3]. El protocolo MEGACO permite la conmutación de llamadas de voz, fax y multimedia entre la red PSTN y las redes IP de Próxima Generación y se originó del MGCP (*Media Gateway Control Protocol*), este proporciona un control centralizado de las comunicaciones y servicios multimedia a través de redes basadas en IP.

- **SIP**

Conjunto de protocolos que simplifican las funciones del protocolo H.323. Con el protocolo SIP se establece la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas (señalización) de usuario donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos online y realidad virtual interactuando con las funciones típicas de la Red Pública Conmutada.

1.4.2 Protocolos de QoS y Soporte

Estos protocolos tienen la función de efectuar los mecanismos de transporte de los flujos de tráfico para el control sobre la calidad y clase de servicio en la transmisión de aplicaciones de tiempo real. A continuación se describen los más importantes.

- **RTP** *(Real Time Protocol)*

Desarrollado por el IETF (Grupo de Tareas Especiales de Ingeniería en Internet), define las funciones de transporte de extremo a extremo para la transmisión en tiempo real de aplicaciones de audio y video a través de Internet e incluye mecanismos de control para la sincronización de los flujos de tráfico, mediante el marcado con números de secuencia de paquetes IP para la reconstrucción de la información de voz y video [3]. Realiza funciones como la identificación del tipo de información transmitida y el control de la llegada de los paquetes a su destino. Este protocolo funciona sobre TCP o UDP y utiliza un registro de tiempo para ajustar los intervalos de muestreo de acuerdo a la secuencia original. No es responsable de tareas de alto nivel como la recuperación de paquetes perdidos y el control de la congestión.

Las funciones principales son:

- Los paquetes RTCP contienen datos que ayudan a verificar las condiciones de transmisión en el extremo remoto.

- RTCP está diseñado para ser independiente de la capa de transporte (TCP o UDP) pero generalmente se lleva a cabo por encima de UDP.

- **RSVP** *(Resource Reservation Protocol)*

Es un protocolo que permite ofrecer Calidad de Servicio sobre aplicaciones en tiempo real en redes IP mediante la reserva de recursos en los routers intermedios para asegurar un ancho de banda en la transmisión, la reserva de recursos en los router intermedios (entre emisor y receptor) garantiza un ancho de banda lo suficientemente amplio para el correcto funcionamiento de aplicaciones de tiempo real en redes IP, por lo que es un protocolo que introduce el concepto de QoS en este tipo de redes [6]. Además, brinda información de control de la versión del protocolo, el tiempo de vida, el tamaño del paquete, información de la reserva de recursos como: dirección IP y puerto de destino, dirección IP del router con RSVP que envía el mensaje, especificación de QoS y otros. Este protocolo puede trabajar con IPv4 siendo IPv6 el mejor dotado para la reserva de recursos.

- **LDAP** *(Lightweight Directory Access Protocol)*

Es un protocolo de Internet a nivel de aplicación que los programas de correo electrónico y otros utilizan para buscar información en un servidor de directorio, permitiendo administrar directorios, al acceder a bases de información generalmente de usuarios de una red mediante protocolos TCP/IP. El directorio es similar a una base de datos que contiene la información estructurada a manera de un árbol sobre el personal y hardware de una empresa ya sea a nivel local, nacional y hasta mundial.

- **IntServ** *(Integrated Services)* o modelo de Servicios Integrados

Utiliza RSVP para ofrecer QoS a redes IP con el objetivo de solicitar previamente los recursos de red, que son tomados en cada router de trayecto, siempre y cuando se disponga de los recursos necesarios. El modelo de Servicios Integrados incluye los servicios de mejor esfuerzo, tiempo real y compartición controlada de los enlaces mediante la reserva de los recursos en cada sesión siendo los paquetes de datos revisados para asignarles la reserva de recursos correspondiente. Las desventajas que presenta este modelo surgen en base al mantenimiento de la información de cada flujo de tráfico generada en cada router de la red provocando un overhead por paquete inaceptable por cuestiones de chequeos y administración de los recursos, afectando al núcleo de la red, además de que todos los routers deben soportar RSVP.

- **DiffServ** *(Differentiated Services)* o modelo de Servicios Diferenciados del IETF.

Proporciona Calidad de Servicio e intenta evitar los problemas encontrados en IntServ, únicamente se encarga del marcado del paquete, más no en la reserva de recursos como en el anterior modelo, también este modelo elimina la información sobre cada flujo de tráfico de los routers evitando la congestión en el núcleo de la red, ya que el marcado de los paquetes se realiza solo en los nodos del borde. DiffServ se basa en la división del tráfico en diferentes clases mediante la asignación de una cabecera DSCP *(Differentiated Services Code-Point)* a los paquetes para distinguirlos, clasificarlos y darles el tratamiento necesario con un código específico que indica el comportamiento de los paquetes, esta cabecera es compatible con IPv4 e IPv6 [3].

1.5 Calidad de servicio en redes NGN

Se entiende por Calidad de Servicio a la capacidad de una red para sostener un comportamiento adecuado del tráfico que transita por ella, cumpliendo a su vez con los requerimientos de ciertos parámetros relevantes para el usuario final. Esto puede entenderse también como el cumplimiento de un conjunto de requisitos estipulados en un contrato (SLA: *Service Level Agreement*) entre un ISP (*Internet Service Provider*, Proveedor de Servicios de Internet) y sus clientes. A continuación se hace referencia a las principales recomendaciones internacionales referentes a la evaluación de la QoS en redes IP.

1.5.1 Recomendación UIT-T Y.1540

Esta Recomendación define parámetros que se pueden utilizar para especificar y evaluar la calidad de funcionamiento en cuanto a velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad de la transferencia de paquetes IP del servicio de comunicación de datos con protocolo Internet. Los parámetros definidos se aplican al servicio IP de extremo a extremo, punto a punto, y a tramos de la red, que proporcionan o contribuyen a la prestación de ese servicio. Las definiciones de esta recomendación plantean el transporte sin conexión como uno de los aspectos diferenciadores del servicio IP [8].

La utilización prevista de los parámetros de calidad de funcionamiento Y.1540 [8] constituye la planificación y la oferta del servicio IP internacional. Entre los usuarios a los que va dirigida la presente Recomendación figuran los proveedores de servicios IP, los fabricantes de equipos y los usuarios de extremo. Esta Recomendación puede ser utilizada por los proveedores de servicios para planificar, desarrollar y estimar un servicio IP que satisfaga las necesidades de los usuarios en materia de calidad de funcionamiento, por los fabricantes de equipos como fuente de información respecto a esa calidad de funcionamiento que influirá en el diseño de los equipos y por los usuarios de extremo para evaluar la calidad del servicio IP.

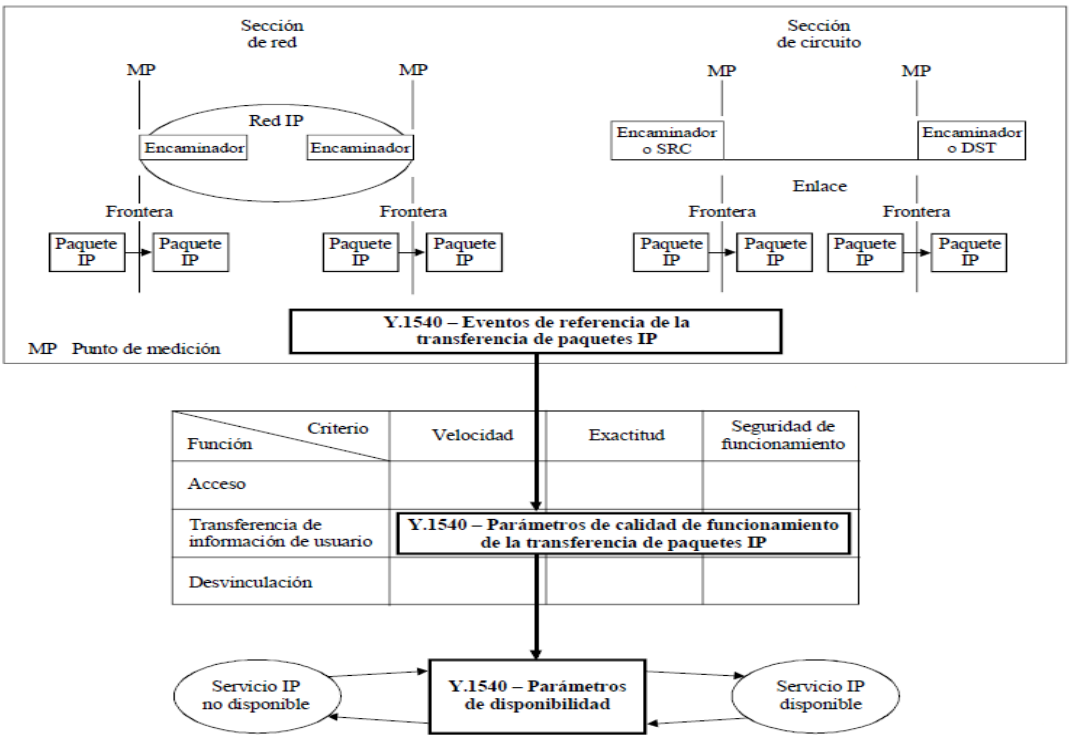

Figura1.4: Alcance de esta Recomendación [8]

Los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en esta Recomendación describen la velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad de la transferencia de paquetes IP que proporciona el servicio de comunicación de datos IP. La calidad de funcionamiento de extremo a extremo de los servicios IP internacionales que proporcionan las funciones de acceso y desvinculación (por ejemplo, el servicio de nombre de dominio) y las capacidades de transporte de capas superiores (por ejemplo, el protocolo de control de la transmisión) se pueden tratar en Recomendaciones aparte.

Conjunto de parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de información de paquetes IP:

- Poblaciones de interés:

Para el caso **extremo a extremo**, la población de interés es normalmente el conjunto total de paquetes que se envía de un SRC *(Source Host)* a un DST *(Destination Host)*. Los puntos de medición en el caso extremo a extremo son el MP *(Measurement Point)* del SRC y el DST.

- IPTD (*IP Packet Transfer Delay*):

Es el tiempo que demora un paquete, satisfactoriamente o con errores, atravesar un componente de red ya sea un switch, host o una sección de red. Este es uno de los parámetros principales y críticos para todas las aplicaciones que utilicen una red convergente.

- IPDV *(IP Packet Delay Variation):*

Es el *jitter* o el tiempo esperado de llegada de cada paquete. Las variaciones del retardo IP provocarán el aumento de los umbrales del temporizador de retransmisión TCP y quizás den lugar también a que se retarden las retransmisiones de paquetes o se retransmitan paquetes innecesariamente.

- IPLR *(IP Packet Loss Ratio):*

Se refiere a la razón de pérdidas de paquetes, la cual se obtiene entre el total de paquetes perdidos sobre el total de paquetes transmitidos en un flujo de datos determinado.

- IPER *(IP Packet Error Ratio):*

Hace referencia a la tasa de paquetes con errores, la cual se obtiene entre el total de paquetes con errores sobre el total de paquetes sin errores transmitidos en flujo de datos determinado.

- La Tasa de paquetes IP espurios en un Punto de Medición *(MP)* de egreso:

Es el número total de paquetes IP espurios observados en ese MP de egreso durante un intervalo de tiempo especificado, dividido por la duración del intervalo de tiempo (equivalente al número de paquetes IP espurios por segundo de servicio).

- La Tasa de Bloques de Paquetes IP con Muchas Pérdidas *(IPSLBR):*

Es la relación entre los resultados bloques de paquetes IP con muchos errores y el número total de bloques en una población de interés.

- Tasa de paquetes reordenados (IP *Packet Reordered Ratio*, IPRR):

Es la relación entre el total de paquetes reordenados que resultan y el total de paquetes que son transferidos exitosamente, en una población de interés.

- Tasa de paquetes replicados (RIPPR, *Replicated IP Packet Ratio*):

Es la relación entre el total de paquetes replicados resultantes y el total de paquetes transmitidos exitosamente, menos los paquetes replicados resultantes, en una población de interés [8].

1.5.2 Recomendación UIT-T Y.1541

En la recomendación UIT-T.1541[9] se especifican los valores de calidad de funcionamiento del IP aceptables en todo el mundo para cada uno de los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en la Rec. UIT-T Y.1540. Los valores que se muestran en la Tabla 1.1 dependen de la clase de calidad de servicio de red acordada entre los usuarios de extremo y los proveedores de servicios de red. En la Tabla 1.2 se definen seis diferentes clases de QoS de red, las clases de QoS de red definidas aquí tienen por objetivo establecer las bases de los acuerdos entre los usuarios de extremo y los proveedores de servicios de red, y entre los proveedores de servicio. Estas son aplicables a una gran variedad de aplicaciones de tráfico, entre ellas la telefonía de punto a punto, la transferencia de datos, y las conferencias con multimedios, ya para aplicaciones que exigen una calidad de funcionamiento mayor que otras es posible que se necesite una clasificación nueva o más actualizada para las aplicaciones futuras. El número limitado de clases coincide con la condición requerida de una implementación viable, particularmente con respecto a la escala de las redes mundiales.

Tabla 1.1 Definiciones de clases de QoS y calidad de funcionamiento de redes IP [9]

Parámetro de calidad de funcionamiento de red	**Tipo de objetivo de calidad de funcionamiento de red**	**Clases de QoS**					
		Clase 0	**Clase 1**	**Clase 2**	**Clase 3**	**Clase 4**	**Clase 5***
IPTD	Límite superior en el IPTD medio	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
IPDV	Límite superior en el cuantil $1x10^{-3}$ de IPTD menos el IPTD mínimo	50 ms	50 ms	U	U	U	U
IPLR	Límite superior en probabilidad de pérdida de paquetes	$1x10^{-3}$	$1x10^{-3}$	$1x10^{-3}$	$1x10^{-3}$	$1x10^{-3}$	U
IPER	Límite superior	$1x10^{-4}$					U

"U" Significa no especificado o sin límites * Clase no especificada

En algunas clases de QoS de red se le designa el valor de "U" a algunos parámetros de calidad de funcionamiento. En estos casos, la UIT-T no establece objetivos con relación a estos parámetros. Los operadores de red pueden elegir arbitrariamente asegurar algún nivel

mínimo de calidad para los parámetros no especificados, aunque la UIT-T no recomienda ningún mínimo de este tipo.

Tabla 1.2: Clases QoS IP [9]

Clase de QoS	Aplicaciones (ejemplos)	Mecanismos de nodo	Técnicas de red
0	Tiempo real, sensibles a la fluctuación de fase, alta interacción (VoIP, videoconferencia).	Cola separada en servicio preferencial, preparación del tráfico.	Encaminamiento y distancia limitados.
1	Tiempo real, sensibles a la fluctuación de fase, alta interacción (VoIP, videoconferencia).		Encaminamiento y distancia menos limitados.
2	Datos transaccionales, altamente interactivos (señalización).	Cola separada, prioridad por supresión.	Encaminamiento y distancia limitados
3	Datos transaccionales interactivos.		Encaminamiento y distancia menos limitados.
4	Solo pérdida baja (transacciones cortas, datos en grandes cantidades, flujo continuo de video).	Cola larga, prioridad por supresión.	Cualquier ruta/trayecto
5	Aplicaciones tradicionales de redes IP por defecto.	Cola separada (prioridad inferior	Cualquier ruta/trayecto

Dependiendo del tipo de aplicación o servicio, el administrador de la red la puede enmarcar en una clase específica, para así garantizar el desempeño adecuado de la aplicación.

Actualmente se trabaja para mejorar la recomendación Y.1541[9] con el objetivo de que brinde soporte para aplicaciones en usuarios extremadamente sensibles a la pérdida, por ejemplo: emulaciones de circuitos TDM, televisión digital de alta calidad y transferencia de alta capacidad usando TCP. Para satisfacer estas necesidades se pretende agregar un número mínimo de clases de QoS.

Tradicionalmente la QoS se ha relacionado con los parámetros de la red y actualmente ha ido cambiando, ya que depende de la percepción que el abonado tenga del servicio que recibe, el cual está contratado y reflejado en los SLA [9].

1.5.3 Norma ETSI TS 185 001

Define un conjunto de conceptos de QoS genéricos para NGN. Además provee un modelo teórico y describe los requerimientos para la entrega de QoS en NGN [2]. En esta aparecen las definiciones que se muestran a continuación.

La QoS garantizada, se refiere al servicio de entrega de tráfico con límites numéricos en algunos o en todos los parámetros de QoS.

La QoS relativa, se refiere al servicio de entrega de tráfico sin límites absolutos en la administración del ancho de banda entregado, el retardo o la pérdida de paquetes. Describe las circunstancias donde se diferencian ciertas clases de tráfico de otras y los diferentes niveles de QoS que pueden alcanzar cada una de ellas.

Existen dos tipos de definiciones de calidad de servicio en esta norma:

- Calidad de servicio de extremo a extremo. (*End to End QoS*)
- Calidad de servicio en el portador (Red de transmisión y distribución, *Bearer QoS*)

En la siguiente Figura1.5 se muestra como la calidad de servicio puede ser medida de extremo a extremo o de UNI a UNI como indica la norma ETSI 185 001.

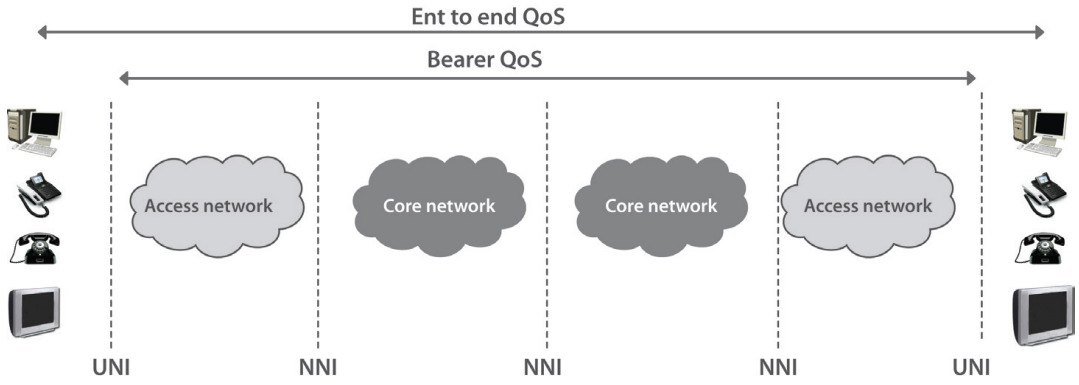

Figura 1.5: Coceptos genericos de QoS [2]

Las redes NGN deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Poseer una arquitectura de QoS capaz de administrar diferentes tipos de redes de acceso y diferentes tipos de núcleo.
- Contar con diferentes mecanismos de control de QoS de acuerdo con las diferentes tecnologías empleadas.
- Dar soporte a diferentes tipos de codecs y a la negociación de codecs entre entidades NGN.
- Ofrecer soporte a un gran rango de servicios que cuente con QoS habilitada. Para esto deben contar con mecanismos de control de QoS, control de arquitectura de QoS y mecanismos de señalización de QoS.
- El control de señalización NGN QoS debe estar basado en protocolos ya definidos o protocolos bajo desarrollo [2].

1.5.4 Clasificación de servicios en una red NGN

En una red NGN los usuarios pueden acceder a distintos tipos de servicios, cada uno con sus características particulares, cada servicio o clase de servicio crea una expectativa de calidad distinta, por lo que la obtención de un determinado nivel de calidad y la evaluación de la calidad obtenida va a depender de cada servicio en particular. En la Tabla 1.3 se muestran la mayoría de los servicios ofrecidos por las NGN.

Tabla 1.3: Servicios ofrecidos en NGN [2]

Clase de servicios	Servicios
Audio digital	Audio baja demanda ,audio con calidad de estudio, audio sub-estándar, difusión de audio y telefonía
Video digital	Difusión de video de alta definición, difusión de video estándar, difusión de video subestándar, videoconferencia, videotelefonía, VoD de alta definición, VoD estándar y VoD subestándar
Servicio básico de datos	Correo, difusión de datos, mensajería, navegación, P2P y trasferencia de archivos
Servicios de valor añadido.	*e-administration* *e-commerce* *e-games* *e-learning*

1.5.5 Técnicas de medida de QoS

La ETSI TS 185 001 recomienda realizar medidas de extremo a extremo y/o medidas sobre la red de transmisión.

Existen dos técnicas para medir QoS:

Técnicas activas: Se conocen también como técnicas intrusivas y su funcionamiento consiste en “inyectar tráfico” en la red con el objetivo de realizar la medición de los parámetros fundamentales de QoS en una Red de Próxima Generación como son el retardo de transferencia de paquetes en un sentido (IPTD), la variación del retardo de paquetes IP en un sentido (IPDV), la tasa de pérdida de paquetes (IPLR) y la tasa de errores de los paquetes (IPER). En la recomendación no se especifica ningún protocolo para realizar estas medidas, pero si el uso de paquetes de prueba en cualquier enlace establecido entre dos routers. Se denominan “Población de Interés” a dichos enlaces seleccionados para una medición particular [10].

Técnicas pasivas: Se denominan también técnicas no intrusivas, estas se limitan a observar el tráfico existente en la red.

1.6 Conclusiones parciales

Las redes NGN constituyen el futuro de las redes de telecomunicaciones ya que integran todos los servicios en una red única con eficiencia.

El concepto de calidad de servicio en redes NGN abarca una gran cantidad de diferencias con las redes tradicionales, facilitando la flexibilidad de servicio y tipos de tráfico, por lo que es imprescindible su estudio y comprensión para su correcto funcionamiento. Del conjunto de parámetros descritos en la Recomendación Y.1540, los principales para evaluar QoS son: el retardo de paquetes, la variación del retardo, la pérdida de paquetes y la cantidad de paquetes con errores.

CAPÍTULO 2. IMPLEMENTACION DE QoS

En el siguiente capítulo se determinarán los principales elementos a tener en consideración a la hora de brindar QoS en redes NGN, haciendo énfasis en la topología de red, los servicios, aplicaciones y protocolos a tomar en cuenta.

2.1 Acercamientos a la Calidad de Servicios

Es probable que la mayoría de las personas, cuando se les habla de calidad de servicio, piensen en clases de servicio diferenciadas, en conjunto quizás con algunos mecanismos para proveer políticas de tráfico o control de admisión. La palabra clave en este tema es la diferenciación, debido a que antes de poder otorgar calidad de servicio a un cliente en particular, aplicación o protocolo, es necesario clasificar el tráfico en clases y determinar la forma en que serán manejadas estas clases de tráfico a medida que circulan por la red.

Durante los últimos años han surgido variados métodos para establecer QoS en equipamientos de redes. Algoritmos avanzados de manejos de cola, modeladores de tráfico (*Traffic Shaping*), y mecanismos de filtrado mediante listas de acceso (*Access-List*), han hecho que el proceso de elegir una estrategia de QoS sea más delicado. Cada red puede tomar ventaja de distintos aspectos en implementaciones de QoS para obtener una mayor eficiencia, ya sea para redes de pequeñas corporaciones, empresas o proveedores de servicios de Internet [11].

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

2.1.1 Servicio de Mejor Esfuerzo.

Se le llama servicio de mejor esfuerzo al que la red provee cuando hace todo lo posible para intentar entregar el paquete a su destino, donde no hay garantía de que esto ocurra. Una aplicación enviará datos en cualquier cantidad, cuando lo necesite, sin pedir permiso o notificar a la red. Éste es el modelo utilizado por las aplicaciones de Ftp (*File Transfer Protocol*) y Http (*Hyper Text Transfer Protocol*) [12]. Obviamente, no es el modelo apropiado para aplicaciones sensibles al retardo o variaciones de ancho de banda, las cuales necesitan de un tratamiento especial.

2.1.2 Servicios Integrados.

El modelo de Servicios Integrados provee a las aplicaciones de un nivel garantizado de servicio, negociando parámetros de red, de extremo a extremo. La aplicación solicita el nivel de servicio necesario para ella con el fin de operar apropiadamente, y se basa en la QoS para que se reserven los recursos de red necesarios antes de que la aplicación comience a operar. Estas reservaciones se mantienen en pie hasta que la aplicación termina, o hasta que el ancho de banda requerido por ésta sobrepase el límite reservado para dicha aplicación [11]. El modelo IntServ se basa en el Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP) para señalizar y reservar la QoS deseada para cada flujo en la red. Debido a que la información de estados para cada reserva necesita ser mantenida por cada enrutador a lo largo de la ruta, la escalabilidad para cientos de miles de flujos a través de una red central, típicos de una red óptica, se convierte en un problema.

2.1.3 Servicios Diferenciados.

Este modelo incluye un conjunto de herramientas de clasificación y mecanismos de cola que proveen a ciertas aplicaciones o protocolos con determinadas prioridades sobre el resto del tráfico en la red. Cuenta con los enrutadores de bordes para realizar la clasificación de los distintos tipos de paquetes que circulan por la red. El tráfico de red puede ser clasificado por dirección de red, protocolo, puertos, interfaz de ingreso o cualquier tipo de clasificación que pueda ser alcanzada mediante el uso de listas de acceso, en su variante para la implementación de QoS. Al utilizar el modelo DiffServ se obtienen varias ventajas. Los enrutadores operan más rápido, ya que se limita la complejidad de la clasificación y el

encolado, se minimizan el tráfico de señalización y el almacenamiento. En DiffServ, se definen clases de servicio, cada flujo particular de datos es agrupado en un tipo de clase, donde son tratados idénticamente. Los enrutadores internos sólo están interesados del comportamiento por salto (PHB: *Per Hop Behavior*), marcado en la cabecera del paquete. Esta arquitectura permite a DiffServ rendir mucho mejor en ambientes de bajo ancho de banda, y provee de un mayor potencial que una arquitectura IntServ [11].

2.2 Topología de la red de núcleo

El escenario experimental es un segmento de backbone de una red conformada por seis enrutadores conectados como se muestra en la Figura 2.1, su principal función es el etiquetamiento de las tramas y su respectivo enrutamiento debido a que la tecnología empleada en el núcleo de la red es MPLS (*Multi-Protocol Label Switching*). A los routers LER-1 y LER-2 se encuentran conectadas dos redes LAN (*Local Area Network*) compuestas por diez estaciones cada una, las cuales acceden a un conjunto de aplicaciones configuradas en dicha red. Entre los enrutadores LER-1 y LER-2 se configuraran una serie de LSPs (*Label Switch Path*) estáticos ya que las conexiones existente en el interior de la red de núcleo son de baja velocidad de transmisión, del orden de 1.5 MB, así dicha red siempre estará propensa a entrar en estado de congestión.

En los distintos escenarios se aplicaron diferentes políticas de QoS con el objetivo de demostrar y evaluar, según las Recomendaciones Y.1540 y Y.1541, el comportamiento de la red ante situaciones de congestión predefinidas.

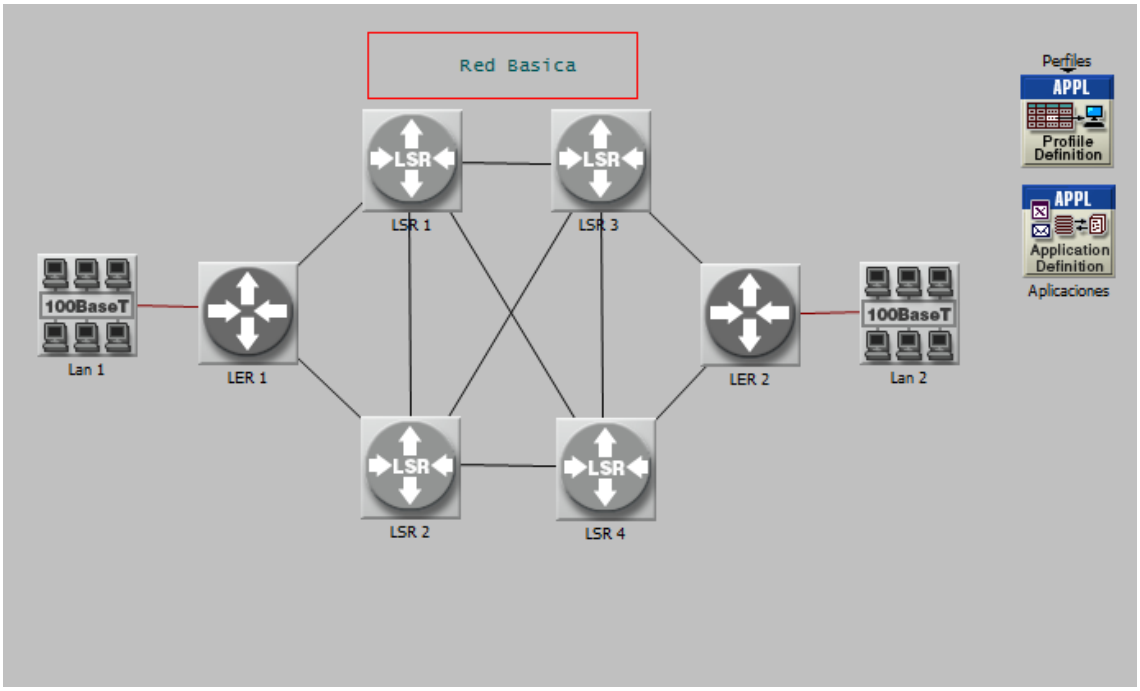

Figura 2.1: Topología de red.

2.2.1 Configuraciones de LSPs

Se analizaron diferentes configuraciones con referencia a los LSP estáticos con el objetivo de verificar cuál de ellas es la más adecuada para implementar en el escenario experimental, verificando que cumplan con lo descrito en la Recomendación Y.1541 y teniendo en cuenta los diferentes mecanismos de encolamiento.

Configuración 1: Entre los enrutadores LER-1 y LER-2 se crea un LSP de ida y otro de regreso como se muestra en la Figura 2.2. A cada aplicación se le asigna un trunk con un ancho de banda igual al ancho de banda del LSP.

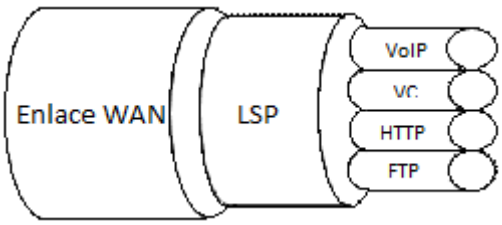

Figura2.2: Configuración 1 [1]

VC: Videoconferencia.

Configuración 2: Entre los enrutadores LER-1 y LER-2 se crea un LSP por aplicación (4 LSPs de ida y 4 LSPs de regreso) como se muestra en la Figura2.3. A cada LSP se le asigna un trunk para la aplicación que iba a transportar.

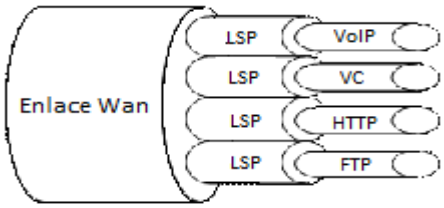

Figura 2.3: Configuración 2 [1]

VC: Videoconferencia.

Configuración 3: Entre los enrutadores LER-1 y LER-2 se configuraron 2 LSPs de ida y 2 LSPs de regreso como se muestra en la Figura2.4. En este esquema el tráfico se dividió, asignando para un LSP el tráfico de voz y videoconferencia y en el otro el tráfico de FTP y HTTP.

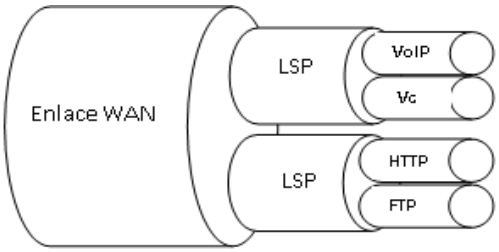

Figura 2.4: Configuración 3 [1]

VC: Videoconferencia.

2.3 Manejo de la Congestión

Existen varios niveles en los cuales se puede proveer de calidad de servicio en una red IP. Uno de ellos es el de contar con una estrategia de manejo de los paquetes en caso de congestión, o evitar que la red alcance este estado, descartando paquetes a medida que estos ingresan a la red. El “manejo de congestión” es un término general usado para nombrar los distintos tipos de estrategia de encolamiento que se utilizan para manejar situaciones donde la demanda de ancho de banda solicitada por las aplicaciones excede el ancho de banda total de la red, controlando la inyección de tráfico a la red, para que ciertos flujos tengan prioridad sobre otros [11].

2.4 Mecanismos de encolamiento

En los nodos fronteras e interiores de una red se llevan a cabo, entre otras, funciones de encolamiento para acondicionar el tráfico, ya sea cuando entra a la red, durante su recorrido por la misma o simplemente cuando la abandonan. Además, mediante estas funciones de encolamiento los nodos pueden definir el tratamiento particular que recibirán los paquetes de un determinado flujo de tráfico.

Las colas de espera juegan un papel fundamental, ya que mientras mayor tiempo pasen los paquetes en la cola de espera, mayor será el tiempo total de comunicación.

Existen diferentes mecanismos de encolamiento basados en algoritmos que van desde los más simples hasta los sumamente complejos. Cada mecanismo de encolamiento tiene sus ventajas y desventajas, así como escenarios donde es más recomendable usar ese mecanismo en particular, la elección del mecanismo de encolamiento a utilizar depende de lo que se quiera lograr [13].

2.4.1 FIFO (*First-In First-Out)*

Es el tipo más simple de encolamiento, se basa en el siguiente concepto: el primer paquete en entrar a la interfaz, es el primero en salir. Ver Figura 2.5. Este es adecuado para interfaces de alta velocidad, sin embargo, no para bajas, ya que FIFO es capaz de manejar cantidades limitadas de ráfagas de datos. Si llegan más paquetes cuando la cola está llena, éstos son descartados [11]. No tiene mecanismos de diferenciación de paquetes.

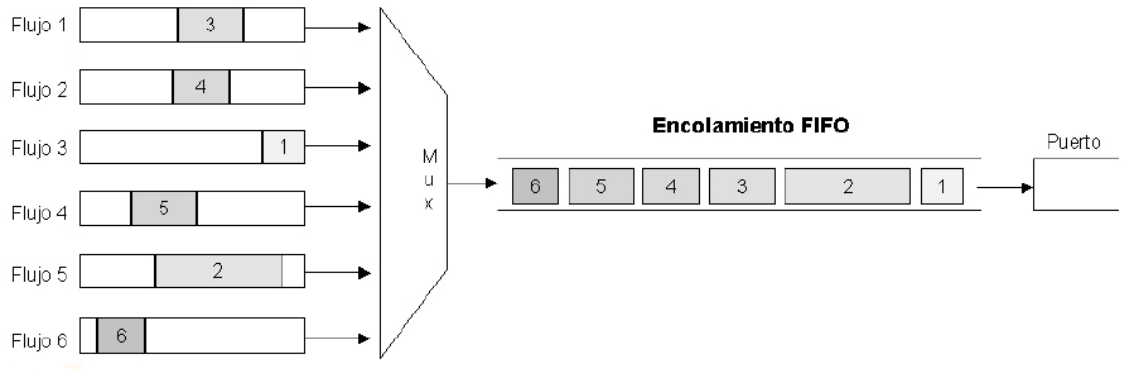

Figura2.5: First-In First-Out [14]

2.4.2 WFQ (*Weight Fair Queueing*)

Esta disciplina de encolado que es una aproximación del método GPS (*Generalized Processor Sharing*) divide el tráfico entrante en N colas. El ancho de banda del puerto de salida se divide entre las N colas en función de pesos asignados a cada cola. La suma de los pesos siempre tiene que ser 100 %. En WFQ a diferencia de FQ (*Fair Queueing*) en el cual se recorren las N colas enviando un paquete de cada cola si ésta no está vacía, el planificador saca de las N colas los paquetes en orden de su tiempo de finalización. Este tiempo de finalización se estima haciendo una aproximación al modelo teórico *Weighted bit-by-bit round robin* [15]. Este modelo recorre las colas usando *round robin* sacando cada vez un bit. Cuando un paquete está completo se envía de manera que los paquetes grandes esperan más tiempo a ser enviados que los pequeños. Esta aproximación es sólo teórica y no es aplicable ya que reensamblar los bits de cada trama una vez extraídos de las colas requeriría un procesamiento mayor. Ver Figura 2.6

Para un enlace de salida de capacidad C, la tasa de salida de la clase *i* con el peso W_i viene dada por:

$$C_i = \frac{C_{wi}}{W_1 + W_2 + ...W_N} \quad (1)\ [16]$$

Esta disciplina solventa los problemas que presentaba FQ y permite un reparto diferenciado por clases del ancho de banda de salida. En una situación en la que todas las colas tienen tráfico, el ancho de banda de un flujo queda limitado por la fórmula 1 lo cual impone una limitación a la hora de medir el ancho de banda en sistemas que tengan este tipo de encolado [16].

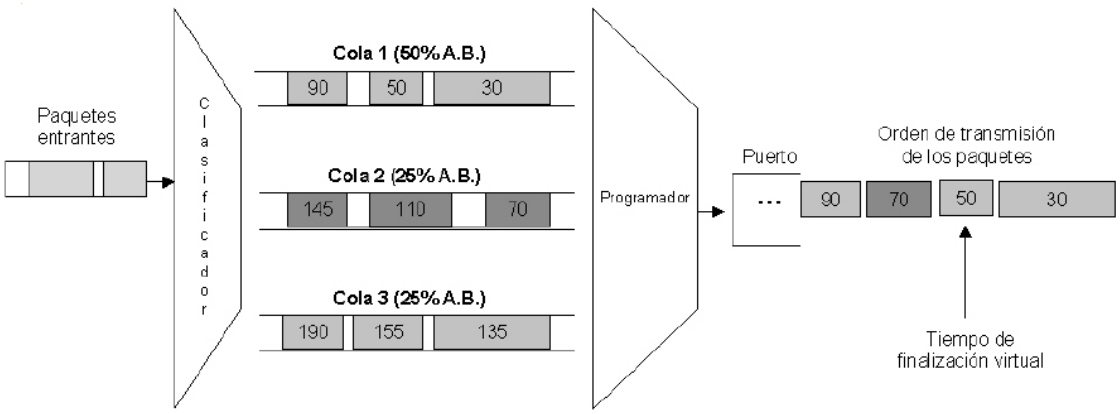

Figura 2.6: WFQ [14]

2.4.3 Class-Based WFQ

WFQ tiene algunas limitaciones de escalamiento, ya que la implementación del algoritmo se ve afectada a medida que el tráfico por enlace aumenta; colapsa debido a la cantidad numerosa de flujos que analiza. CBWFQ fue desarrollada para evitar estas limitaciones, tomando el algoritmo de WFQ y expandiéndolo, permitiendo la creación de clases definidas por el usuario, que permiten un mayor control sobre las colas de tráfico y asignación del ancho de banda. Algunas veces es necesario garantizar una determinada tasa de transmisión para cierto tipo de tráfico, lo cual no es posible mediante WFQ, pero sí con CBWFQ. Las clases que son posibles implementar con CBWFQ pueden ser determinadas según protocolo ACL *(Access Control List)*, valor DSCP, o interfaz de ingreso. Cada clase posee una cola separada, y todos los paquetes que cumplen el criterio definido para una clase en particular son asignados a dicha cola. Una vez que se establecen los criterios para las clases, es posible determinar cómo los paquetes pertenecientes a dicha clase serán manejados. Si una clase no utiliza su porción de ancho de banda, otras pueden hacerlo. Se pueden configurar específicamente el ancho de banda y límite de paquetes máximos (o profundidad de cola) para cada clase [11]. El peso asignado a la cola de la clase es determinado mediante el ancho de banda asignado a dicha clase.

2.4.4 PQ *(Priority Queueing)*

El encolamiento de prioridad consiste en un conjunto de colas, clasificadas desde alta a baja prioridad. Cada paquete es asignado a una de estas colas, las cuales son servidas en estricto orden de prioridad. Las colas de mayor prioridad son siempre atendidas primero,

luego la siguiente de menor prioridad y así sucesivamente. Si una cola de menor prioridad está siendo atendida, y un paquete de una cola de mayor prioridad ingresa, esta última es atendida inmediatamente. Este mecanismo se ajusta a condiciones donde existe un tráfico importante, pero puede causar la total falta de atención a colas de menor prioridad. Ver Figura 2.7

PQ ofrece los siguientes beneficios:

- Para routers basados en software, el encolamiento PQ supone una carga mucho menor en el sistema en comparación con disciplinas de servicio de colas más elaboradas.
- PQ permite a los routers organizar los paquetes almacenados y por tanto servir una clase de tráfico de modo diferente a otras. Por ejemplo, se pueden colocar prioridades a las aplicaciones de tiempo real, como voz y video interactivo, y que se traten de forma prioritaria frente a otras aplicaciones que no operan en tiempo real [13].

Pero PQ también tiene varias limitaciones:

- Si la cantidad de tráfico de alta prioridad no se acondiciona, el tráfico de baja prioridad, puede experimentar un retardo excesivo mientras espera a que se sirva el tráfico de alta prioridad.
- Si el volumen de tráfico de alta prioridad llega a ser excesivo, se puede descartar el tráfico de baja prioridad cuando las memorias reservadas para este tipo de tráfico se desborden.
- Un mal comportamiento de un flujo de tráfico de alta prioridad, puede añadir un aumento significativo del retardo y de la varianza del retardo *(jitter)* experimentado por otros flujos de tráfico de alta prioridad con los que comparte la cola.
- PQ no es la solución a las limitaciones del encolamiento FIFO en donde se favorecían a los flujos UDP sobre los TCP, durante períodos de congestión [16].

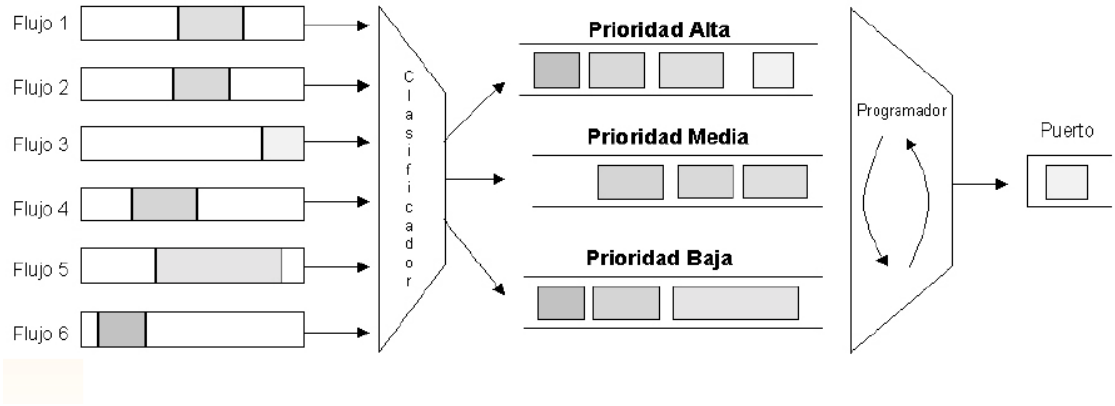

Figura 2.7: Funcionamiento de PQ [14]

2.4.5 CQ (*Custom Queueing)*

Para evadir la rigidez de PQ, se opta por utilizar Encolamiento Personalizado (CQ). Permite al administrador priorizar el tráfico sin los efectos laterales de inanición de las colas de baja prioridad, especificando el número de paquetes o bytes que deben ser atendidos para cada cola. Se pueden crear hasta 16 colas para categorizar el tráfico. CQ ofrece un mecanismo más refinado de encolamiento, pero no asegura una prioridad absoluta como PQ. Se utiliza CQ para proveer a tráficos particulares de un ancho de banda garantizado en un punto de posible congestión, asegurando para este tráfico una porción fija del ancho de banda y permitiendo al resto del tráfico utilizar los recursos disponibles [11].

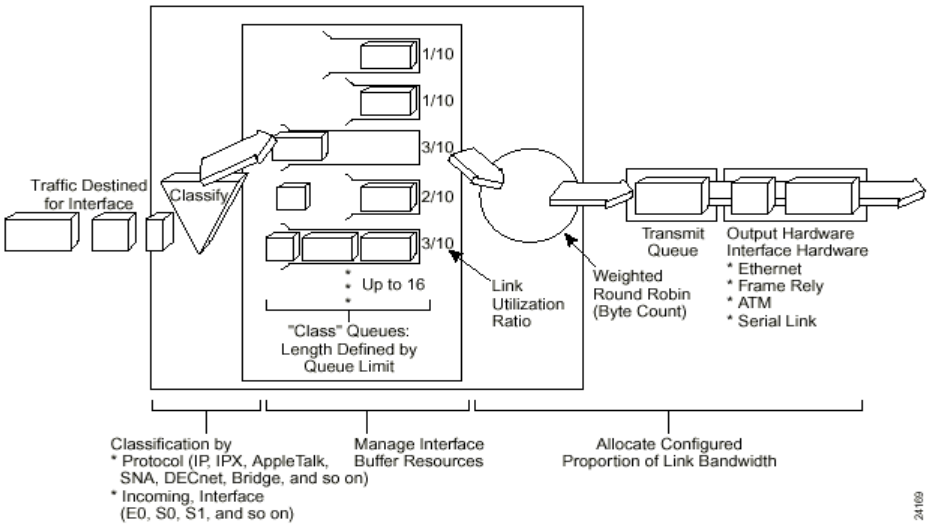

Figura 2.8: Funcionamiento de CQ [14]

2.5 MPLS

Internet ha permitido un considerable crecimiento de la innovación tecnológica debido a que cada año millones de usuarios se integran a esta red. MPLS es la tecnología que permite mantener el ritmo actual de crecimiento de internet, así como soportar las futuras aplicaciones de multimedia.

En la actualidad existen distintos servicios de telecomunicaciones donde convergen voz, datos y videos con la necesidad de ser transmitidos sobre una sola plataforma, esperando que la transmisión garantice ciertos parámetros de calidad de servicios. Debido a que los protocolos TCP/IP no aseguran calidad de servicio, se ha desarrollado distintas tecnologías que brindan una solución a este inconveniente, entre estas tecnologías se encuentra MPLS [17].

Esta tecnología es el avance más reciente en las tecnologías de enrutamiento y envío en rutas IP, lo que implica una nueva manera de pensar a la hora de construir y gestionar las redes. Las ventajas son considerables en cuanto a: Calidad de Servicio, Ingeniería de Tráfico, Redes Privadas Virtuales (VPN) sobre una topología inteligente, muy superior en prestaciones a las soluciones tradicionales de túneles y circuitos virtuales, además de soportar múltiples protocolos.

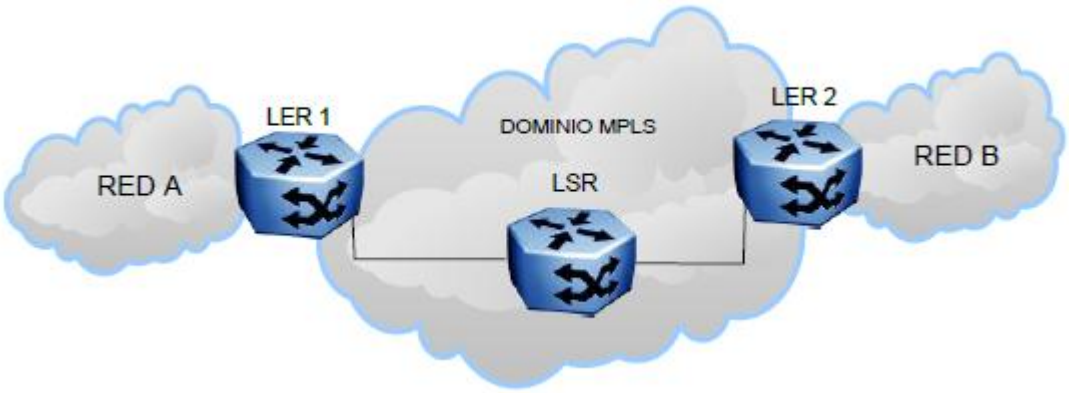

Figura 2.9: Red Básica MPLS [3]

A continuación se describen las características más importantes de la tecnología MPLS:

1. Fue diseñada para operar sobre cualquier tecnología de transporte a nivel de enlace, facilitando la migración a las Redes de Próxima Generación.
2. MPLS es una tecnología que combina eficazmente las funciones de control de ruteo con la simplicidad y rapidez de la conmutación de nivel 2.
3. La implementación de MPLS permite a una red ser más sencilla de operar, mayor escalabilidad e interoperabilidad debido al soporte de diversas tecnologías bajo una plataforma común que permite a los operadores ofrecer variados servicios dependiendo de los requerimientos de los usuarios con Calidad de Servicio.
4. Mapea direcciones IP a etiquetas (*label*) de longitud fija.
5. Utiliza protocolos para el intercambio y distribución de etiquetas que permiten la creación de caminos virtuales conocidos como LSP que se crean dependiendo de la clasificación del flujo de tráfico que cursa la red.
6. MPLS permite aplicar técnicas de Ingeniería de Tráfico para encontrar la mejor ruta, no necesariamente la más corta en algunos casos, pero que garantiza la llegada de los flujos de tráfico evitando cuellos de botella y caída de los enlaces [12].

Los elementos básicos más comunes y fundamentales para la comprensión de MPLS son los siguientes:

2.5.1 LER *(Label Edge Router)*

Los LER se encuentran ubicados en el borde de la red MPLS y desempeñan las funciones de encaminamiento tanto para un dominio MPLS como para un dominio no MPLS (otras redes). El propósito de los LER es el análisis y clasificación del paquete IP que entra a la red de acuerdo a criterios, a esta clasificación por conjuntos de paquetes se le denomina FEC (*Forward Equivalence Class*) [18]. Una vez analizado el paquete IP se añade una cabecera MPLS y en uno de sus campos denominado **etiqueta** se le asigna un valor de acuerdo a su clasificación FEC.

Al salir del dominio MPLS el LER de salida es el que direcciona el paquete a la red de destino por enrutamiento convencional eliminando la cabecera MPLS. El LER de ingreso a la red o dominio MPLS también se lo conoce como *Ingress* LSR y el LER de salida se le llama *Egress* LSR.

2.5.2 LSR *(Label Switching Router)*

El LSR se encuentra ubicado en el núcleo de la red MPLS, realiza encaminamiento basándose en la conmutación de etiquetas. Una vez que le llega un paquete a una de sus interfaces éste lee la etiqueta de entrada en la cabecera MPLS y busca en la tabla de conmutación la etiqueta y la interfaz de salida para designar la nueva etiqueta que indica el siguiente salto dentro del dominio y finalmente reenvía el paquete por el camino ya designado en el LER (según el FEC).

La conmutación es muy rápida ya que los LSR solo se encargan de la lectura e intercambio de etiquetas obviando la lectura de las cabeceras IP de los paquetes pero es posible que los LSR sean los que retiran la cabecera MPLS en el penúltimo salto antes de salir el paquete por un LER, este hecho puede suceder cuando en un dominio MPLS hay mucho tráfico y resulta mayor procesamiento para el LER, este mecanismo se denomina “remoción en el penúltimo salto” su siglas en inglés PHP [12].

2.5.3 FEC

El FEC es un conjunto de paquetes que son reenviados sobre un mismo camino a través de la red (LSP) y se determina una vez a la entrada a la red MPLS en un router LER. Para clasificar a los paquetes dentro de un mismo FEC se hace en base a criterios como:

- Dirección IP de origen, destino o direcciones IP de la red.
- Número de puerto de origen o destino
- Campo protocolo de IP (TCP, UDP, ICMP, etc.)
- Valor del campo DSCP de DiffServ
- Etiqueta de flujo en IPv6[12]

Cada FEC tiene QoS debido a que se debe tratar a los paquetes que van por el mismo camino de diferente manera, dando prioridad según la necesidad, de manera que se utilizan los recursos de la red óptimamente [12].

Agregación dentro de FEC

La Agregación es un mecanismo que permite agrupar varios FEC mediante la asignación de una sola etiqueta para todos, de esta manera se reduce el tiempo de envío de los FEC porque se elimina asociaciones etiqueta/FEC redundantes.

Puede ser posible la Agregación cuando a un LSR le llegan desde un mismo LER varios FEC con el mismo origen y destino dentro de la red MPLS asignados al mismo camino LSP [18].

2.5.4 LDP (*Label Distribution Protocol*)

El LDP define los mecanismos para la distribución de etiquetas, permite a los LSR descubrirse e intercambiar información sobre las asociaciones FEC/Etiqueta que se han realizado y sobre todo para mantener la coherencia de las etiquetas utilizadas para los distintos tipos de tráfico que conmutan. Con este protocolo se evita que a un LSR le llegue tráfico con una etiqueta que no se encuentra en su tabla, con esto se asegura la rapidez en la conmutación de los LSR.

Para establecer la ruta LSP los LER/LSR establecen sesiones a través de mensajes en los cuales se solicita:

- A su vecino que le informe sobre que etiqueta debe usar para el envío del tráfico por una determinada interfaz, es decir que la distribución de etiquetas se realiza contraria al camino que sigue el tráfico.
- Un LER/LSR informa de las asociaciones Etiqueta/FEC a sus vecinos que las almacenan en sus tablas sin haber solicitado la información, este mecanismo es más eficaz ya que así todos los vecinos LER/LSR mantienen las tablas actualizadas (del mismo LSP) y haciendo el proceso de conmutación de etiquetas mucho más rápido pero incrementando el tráfico de control [7].

2.5.5 LSP

El LSP es una ruta de tráfico específica a través de la red MPLS que sigue un grupo de paquetes que pertenecen al mismo FEC. Esta ruta se crea concatenando los saltos que dan los paquetes para el intercambio de etiquetas en los LSR y para esto utiliza mensajes LDP.

Las rutas LSP se forman desde el destino hacia el origen debido a que el LSR de origen genera las peticiones para crear un nuevo LSP mientras que el destino responde a estas

solicitudes formándose de esta manera el LSP hasta el origen. Existen dos métodos para el establecimiento de los LSPs:

1. Ruta explícita:

A partir del primer LSR de salto se construye una lista de saltos específica utilizando los protocolos de señalización o de distribución de etiquetas (RSVP, LDP, etc).

2. Salto a Salto:

Cada LSR selecciona el próximo salto según el FEC que esté disponible.

El encaminamiento del LSP se realiza mediante protocolos de enrutamiento que utilizan algoritmos de estado de enlace para conocer la ruta trazada completa y tener rutas alternativas si algún enlace falla [7].

2.5.6 LIB *(Label Information Base)*

Un LSR o LER tiene dos tablas, una dedicada a la información de enrutamiento y la segunda con la información a nivel local de las etiquetas conocida como LIB. Los datos de la taba LIB se relacionan con las etiquetas que han sido asignadas por un LER/LSR y de las asociaciones etiqueta/FEC recibidas de los vecinos del dominio MPLS mediante los protocolos de Distribución de Etiquetas. La información que proporciona una tabla LIB da a conocer sobre la interfaz y etiqueta de entrada seguida de la interfaz y el valor de etiqueta de salida, este proceso se realiza en cada salto de un LSR o LER y permite mantener actualizadas las rutas LSP [3].

2.6 Aplicaciones de referencia para las simulaciones

Para implementar calidad de servicio en un núcleo de red se deben tomar ciertas aplicaciones que por sus características se presten para la verificación de las políticas de QoS desplegadas en el núcleo. Para ello resulta conveniente aplicaciones sensibles al retardo y otras que por sus características puedan competir con estas por los recursos de la red. Es vital tener en cuenta lo descrito en las recomendaciones Y.1540 y Y.1541, y la configuración de red seleccionada.

2.6.1 FTP (Protocolo de Transferencia de Archivos)

FTP, es un protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP, basado en la arquitectura cliente-servidor. Desde un equipo cliente se puede conectar a un servidor para descargar archivos desde él o para enviarle archivos, independientemente del sistema operativo utilizado en cada equipo

Un problema básico de FTP es que está pensado para ofrecer la máxima velocidad en la conexión, pero no la máxima seguridad, ya que todo el intercambio de información, desde el *login* y *password* del usuario en el servidor hasta la transferencia de cualquier archivo, se realiza en texto plano sin ningún tipo de cifrado, con lo que un posible atacante puede capturar este tráfico, acceder al servidor y/o apropiarse de los archivos transferidos[2].

Se ubica en la clase 4 dentro de las diferentes clases de QoS. En este caso se trabajó con un tamaño de archivo de 700 Kbyte.

2.6.2 HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto)

Pertenece a la familia de protocolos de Internet y su principal función es la transferencia de hipertexto. Define la sintaxis y la semántica que utilizan los elementos de software de la arquitectura web para comunicarse. Es un protocolo orientado a transacciones y sigue el esquema petición-respuesta entre un cliente y un servidor. Al cliente que efectúa la petición se le conoce como agente del usuario (*user agent*). A la información transmitida se la llama Recurso y se le identifica mediante un Localizador Uniforme de Recursos (URL) [2]. Los recursos pueden ser archivos, el resultado de la ejecución de un programa, una consulta a una base de datos, la traducción automática de un documento, etc.

Al igual que FTP pertenece a la clase 4 de QoS, o sea, aplicaciones que soportan pérdidas y no hay problemas con el retardo

2.6.3 VoIP (*Voice over IP*)

La Voz sobre IP es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos.

La Telefonía IP es una aplicación inmediata de la VoIP, la cual permite la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes IP. Con esto, la telefonía IP conjuga dos mundos históricamente separados, la transmisión de voz y la de datos.

Cuando se realiza una llamada telefónica a través de IP, la voz se digitaliza, se comprime y se envía en paquetes de datos. Estos paquetes se envían a través de la red IP a la persona con la que se está hablando. Cuando alcanzan su destino, son ensamblados de nuevo, descomprimidos y convertidos en la señal de voz original [19].

Actualmente existen estándares que regulan este tipo de comunicaciones y establecen normas para la interconexión de dispositivos en una comunicación de telefonía IP. Los más conocidos son H.323 y SIP. Realmente son una serie de normas para la transmisión multimedia (audio, video y datos) sobre redes que no garantizan calidad de servicio en las redes IP.

Los problemas de la QoS en VoIP vienen derivados de dos aspectos principalmente: el primero conociendo que Internet es un sistema basado en conmutación de paquetes y por tanto la información no viaja siempre por el mismo camino, por lo que se producen efectos como la pérdida de paquetes o la variación en el tiempo de arribo de los paquetes. El segundo aspecto, las comunicaciones VoIP son en tiempo real, lo que produce que efectos como el eco, la pérdida de paquetes y el retardo sean muy molestos y perjudiciales, por lo que se deben evitar.

Un códec es un elemento que convierte una señal analógica en un formato digital para transmitirla y luego convertirla nuevamente en un formato descomprimido de señal para poder reproducirla en el receptor. Esta es la esencia de la VoIP, la conversión de señales entre analógico-digital [19]. El códec utilizado en este caso para VoIP fue G.711, este pertenece a los codificadores por forma de onda y constituye la codificación por excelencia en los sistemas TDM.

Por ser una aplicación en tiempo real, sensible al retardo y de interacción se clasifica dentro como clase alta de QoS.

2.6.4 Videoconferencia

Es la comunicación simultánea bidireccional de audio y vídeo, permitiendo mantener reuniones con grupos de personas situadas en lugares alejados entre sí. Adicionalmente, pueden ofrecerse facilidades telemáticas o de otro tipo como el intercambio de gráficos, imágenes fijas, transmisión de ficheros desde el ordenador, etc. Su implementación proporciona importantes beneficios, como el trabajo colaborativo entre personas geográficamente distantes y una mayor integración entre grupos de trabajo.

La tecnología básica utilizada en sistemas de videoconferencia es la compresión digital de audio y vídeo en tiempo real. Se pueden lograr tasas de compresión de hasta 1:500. El flujo digital resultante se divide en paquetes etiquetados, que luego se transmiten a través de una red digital [20].

Existen dos tipos de sistemas de videoconferencia:

1. Sistemas de videoconferencia dedicados: Posee todos los componentes necesarios empaquetados en un solo equipo, por lo general una consola con una cámara de vídeo de alta calidad controlada por un control remoto. Hay varios tipos de dispositivos de videoconferencia dedicada:

- Videoconferencia para grandes grupos: son dispositivos grandes, no portátiles, más costosos utilizados para grandes salas y auditorios.
- Videoconferencia para grupos pequeños: no son portátiles, son más pequeños y menos costosos, utilizados para salas de reuniones pequeñas.
- Videoconferencias individuales son generalmente dispositivos portátiles, destinados a usuarios individuales, tienen cámaras fijas, micrófonos y altavoces integrados en la consola [20].

2. Sistemas de escritorio: Los sistemas de escritorio son complementos a los PC normales, transformándolas en dispositivos de videoconferencia. Una gama de diferentes cámaras y micrófonos pueden ser utilizados con la tarjeta, que contiene el códec e interfaces de

transmisión necesarias. La mayoría de los sistemas de escritorios trabajan con el estándar H.323.

En el presente trabajo se le brindará mayor prioridad a las aplicaciones de VoIP y videoconferencia ya que actualmente son las que mayor demanda tienen en los proveedores de servicio y se han convertido en aplicaciones críticas para los usuarios en este tipo de redes.

2.7 OPNET Modeler

El simulador OPNET fue lanzado en 1987 como la primera herramienta comercial de simulación disponible para las redes de comunicaciones.

OPNET es una herramienta de simulación de eventos discretos, basada en el lenguaje de programación **C**. Esta brinda una interfaz gráfica para los usuarios, la cual puede usarse en varios modos, facilitando el desarrollo de nuevos modelos y programas de simulación. Ofrece gran variedad de escenarios de simulación para el trabajo y es la parte central del proceso de análisis de resultados. OPNET ha sido diseñado para soportar el modelado y simulación de un gran rango de sistemas de comunicaciones, desde una simple LAN hasta una red global satelital [21].

OPNET permite, por medio de un editor gráfico, la construcción del modelo de la red y la fijación de las características de cada uno de los elementos del modelo. Posee una biblioteca con información de equipos de diversos fabricantes y es posible hacer el diseño con aquellos que pudieran utilizarse posteriormente.

Un modelo de OPNET consiste en tres capas: el Modelo de Red, el Modelo del Nodo y el Modelo de Proceso.

El modelo de red representa la topología de la red de comunicaciones, construida a partir de nodos y enlaces que los interconectan. Una de las características más importantes del modelo de red es la posibilidad de recrear redes con contexto geográfico donde se pueden definir características físicas del escenario tales como la distancia u obstáculos que puedan alterar por ejemplo el funcionamiento de nodos inalámbricos[21].

El Modelo del Nodo determina el contenido de los nodos (transmisores, generadores, receptores, etc.) y como están conectados los elementos. Algunos de estos elementos o módulos ya están predefinidos, no obstante, los usuarios pueden diseñar sus módulos. Si se entra en algún nodo se puede ver la estructura de elementos funcionales que lo componen, denominados módulos.

En el Modelo de Procesos está contenida la funcionalidad de un módulo, definida por una máquina de estado finito.

2.8 Conclusiones parciales

Al ofrecer QoS se debe tener en cuenta las configuraciones que se realicen tanto en los dispositivos de interconectividad, como las configuraciones hechas en el interior de la red de núcleo.

Dado que las normas no definen todavía un procedimiento especifico para hacer las mediciones, será muy importante que el regulador establezca los procesos y la configuración de las herramientas de forma estandarizada para que los operadores realicen sus mediciones bajo las mismas reglas de juego. En general los procedimientos de medida son realizables con un nivel de complejidad intermedio y se pueden llevar a cabo con un software de dominio público.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se abordan los resultados obtenidos en las simulaciones así como las conclusiones más importantes a las que se llegaron a partir de analizar los resultados bajo las condiciones descritas.

3.1 Condiciones de la Simulaciones.

El siguiente experimento se implementaron 13 escenarios configurados de disimiles formas, con el objetivo de demostrar cuál de las configuraciones es la que presenta un mejor desempeño de las aplicaciones, mediante la implementación de mecanismos de calidad de servicios, específicamente mecanismos de encolamiento, cuando la red entra en estado de congestión. Cada red LAN está compuesta por diez estaciones, en las cuales se configuraron las aplicaciones FTP, HTTP, VoIP y videoconferencia, cada aplicación se estructuró con una distribución constante y las características del tráfico generado por cada una de ellas lo que se aprecia en el Anexo 1. La razón para escoger una distribución constante obedece a la necesidad de cargar el enlace a su máxima capacidad, para así realizar las simulaciones con enlaces congestionados donde el retardo de las aplicaciones sin configurar ningún mecanismo de QoS se sale de los límites de la recomendación Y.1541.

Ftp se configuro con un tamaño de archivo de 700Kbytes, el códec utilizado para VoIP fue G.711, con supresión de silencio, y el tiempo de simulación promedio fue de diez minutos para cada caso. En las simulaciones se le brinda mayor prioridad a las aplicaciones de voz y videoconferencia, ya que actualmente son las aplicaciones que mayor demanda tienen en los proveedores de servicio y que se convirtieron en aplicaciones críticas para los usuarios

en este tipo de redes. El tráfico de cada aplicación fue especificado como se aprecia en el Anexo 1 para identificarlo y asignar las prioridades respectivas.

Los parámetros de la recomendación Y.1541 analizados en el desempeño de las aplicaciones de voz y videoconferencia fueron IPTD, que para la herramienta de simulación es el *Packet End-to-End Delay* e IPDV, que para la herramienta de simulación es el *Packet Delay Variation.* Para las otras aplicaciones no se hizo de manera detallada el análisis de dichos parámetros debido a que estos son afectados por los esquemas de encolamiento configurados, en el cual a la voz y la videoconferencia se le brinda mayor prioridad por ser las aplicaciones más sensibles a los retardos de la red.

3.2 Escenarios de mejor desempeño:

Durante las simulaciones se evaluaron fundamentalmente tres mecanismos de encolamiento CBWFQ, PQ y CQ. En este proyecto, primeramente se apreció lo que en estudios anteriores ya estaba demostrado, que resulta imposible disfrutar de aplicaciones en tiempo real sin que la red tenga implementado mecanismos de QoS, esto se evidencia en sus altos tiempos de IPTD e IPDV tanto para aplicaciones de voz como para videoconferencia, ver Anexo 2. Al transcurrir el estudio, Tabla 3.1 y 3.2, se puede apreciar que mientras mayor sea el número de LSPs, el valor de IPTD aumenta, debido a que cuanto más LSPs un enrutador tenga configurados este debe invertir más tiempo de procesamiento en lo referente al etiquetamiento y elección del LSP a utilizar. Por lo anteriormente expuesto se descarta la Configuración 2, expuesta en el capítulo anterior, la cual contaba con 4 LSPs de ida y 4 LSPs de vuelta, es decir que cada LER y LSR de la red tiene que procesar un gran número de LSPs, por consiguiente su retardo es muy elevado. Esto se puede ver en el Anexos 3, donde el protocolo CQ cumple con los tiempos establecidos, pero solo para la aplicación de voz, ya que para videoconferencia se queda por encima de los límites marcados por la recomendación Y.1541.

Las simulaciones muestran que el protocolo de encolamiento CBWFQ no cumple con los tiempos establecidos por la recomendación Y.1541, y esto se aprecia en el Anexo 4, donde los valores de IPTD tanto para voz como para videoconferencia están muy por encima de lo permisible, debido a que este mecanismo se ve afectado a medida que el tráfico aumenta,

ya que se crean clases a las cuales se le asigna un ancho de banda específico, el cual no puede exceder, a no ser que otras clases no estén utilizando el que se les ha designado, lo cual en un momento de congestión es muy poco probable, lo que descarta a todos los escenarios que presenten como recurso este protocolo de encolamiento.

Tabla 3.1: Resultados obtenidos para los parámetros IPTD e IPDV en las tres configuraciones propuestas en la red de núcleo para la aplicación de VoIP.

Tipo de encolamiento	Configuración 1		Configuración 2		Configuración 3	
Parámetro (seg)	IPTD	IPDV	IPTD	IPDV	IPTD	IPDV
CBWFQ	4.55	2.2	5.11	6.115	5.013	6.4
PQ	0.346	0.012	0.6	3.282	0.588	2.777
CQ	0.508	0.42	0.386	0.014	0.37	0.014

Tabla 3.2: Resultados obtenidos para los parámetros IPTD e IPDV en las tres configuraciones propuestas en la red de núcleo para la aplicación de Videoconferencia.

Tipo de encolamiento	Configuración 1		Configuración 2		Configuración 3	
Parámetro (seg)	IPTD	IPDV	IPTD	IPDV	IPTD	IPDV
CBWFQ	4.73	2.97	14.735	39.6	14.95	43.55
PQ	0.408	0.025	0.694	0.046	0.599	0.037
CQ	0.304	0.004	0.517	0.015	0.388	0.019

Todo anteriormente expuesto deja solamente cuatro escenarios para el análisis pero hay uno de ellos que no cumple con la recomendación Y.1541 y este es el que presenta protocolo de encolamiento PQ en una configuración de red compuesta con dos LSPs de ida y dos de vuelta. Apreciar Figura 3.1 y 3.2, donde los valores de IPTD e IPDV están por encima de lo establecido, aunque para videoconferencia IPDV este dentro de los marcos de la recomendación, descartando a este por lo que se analizan solo tres escenarios.

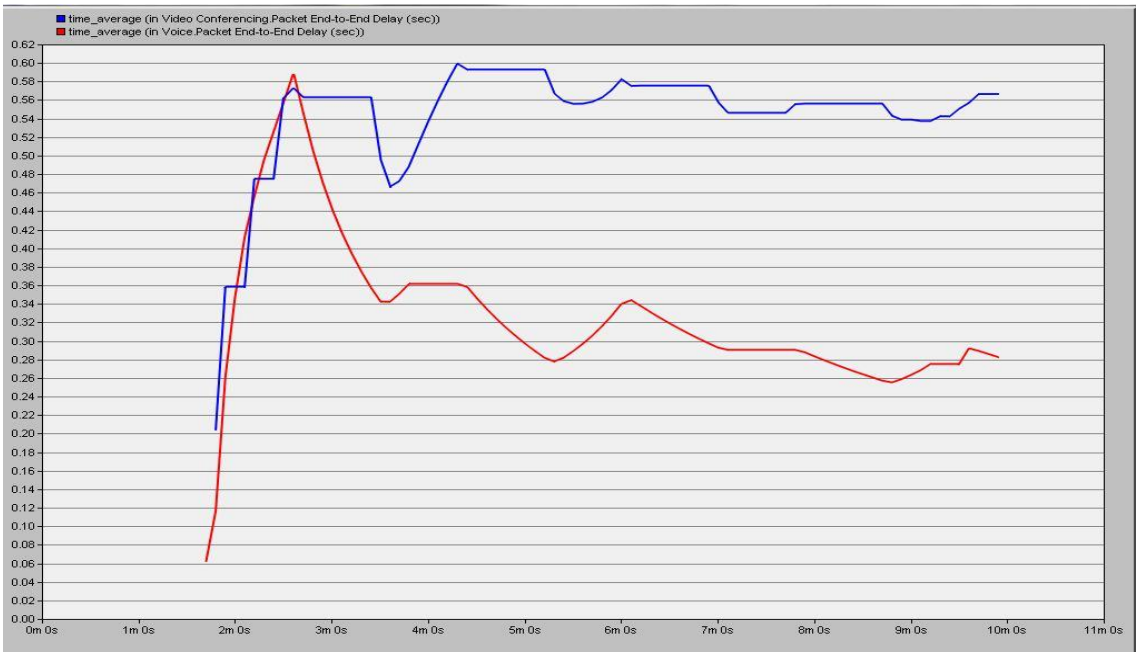

Figura 3.1: IPTD en Configuración 3 con PQ

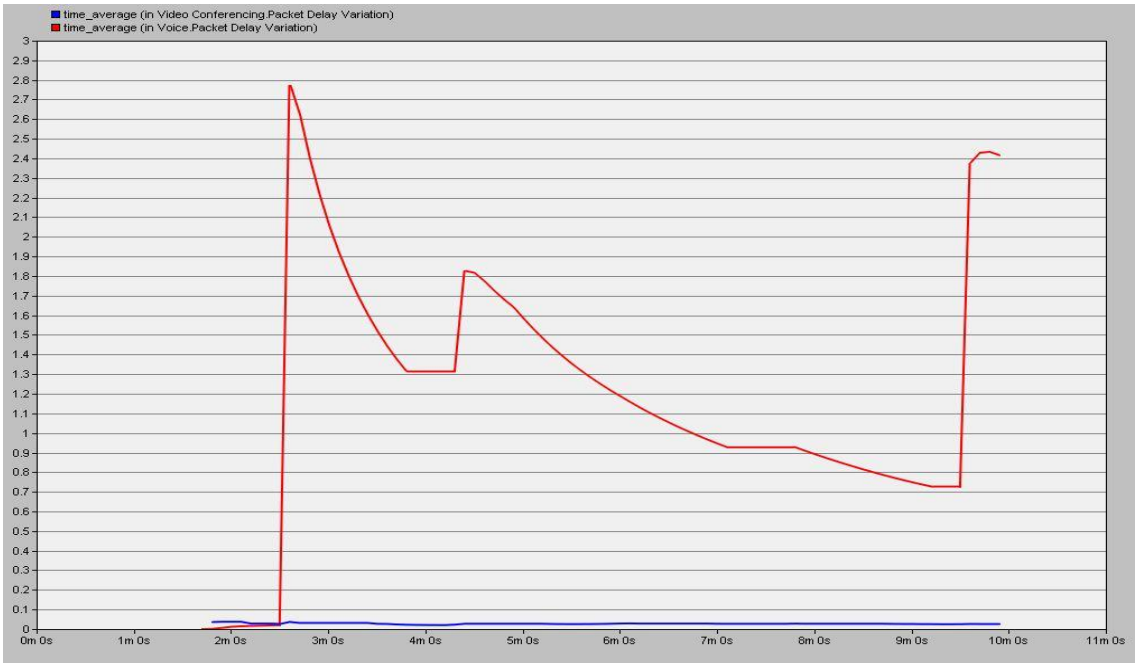

Figura 3.2: IPDV en Configuración 3 con PQ

3.2.1 Escenario 1:

En este escenario se configuró en todos los enrutadores el mecanismo de cola CQ además tiene configurado un LSP de ida y otro de vuelta entre los LER 1 y LER 2.

Es importante aclarar que no basta con aplicar políticas de QoS para el correcto desempeño de las aplicaciones en una red NGN, estas deben tener el ancho de banda suficiente, de lo contrario competirían por el uso del ancho de banda, causando insatisfacción a los usuarios

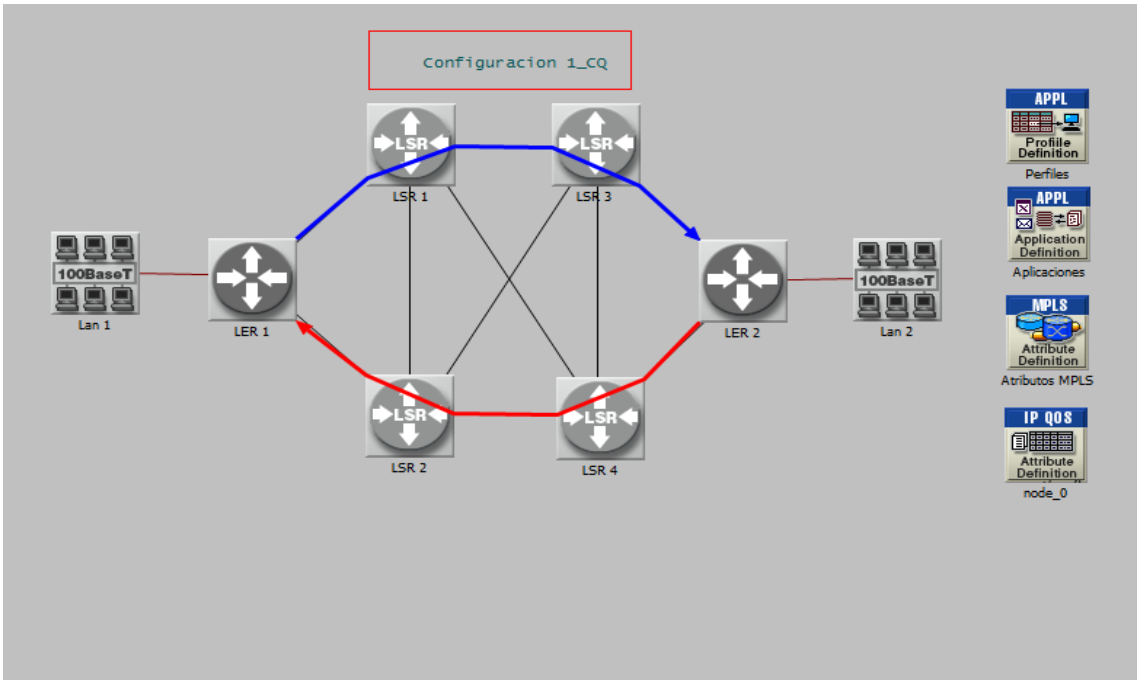

Figura 3.3: Escenario 1

3.2.2 Escenario 2

En el siguiente escenario se crearon dos LSPs estáticos, uno de ida y otro de vuelta, entre LER 1 y LER 2, por estos LSPs las redes LAN 1 y LAN 2 tienen acceso a las aplicaciones configuradas en la red. Se tomó la configuración 1 descrita en al capítulo anterior debido a que mientras más LSP tengan los enrutadores, mayor es el tiempo que demoran en el etiquetamiento de los paquetes y en la elección del LSP adecuado para encaminarlos, a todos los routers se le configuró el protocolo de encolamiento PQ, creándose colas de mayor a menor prioridad según la aplicación.

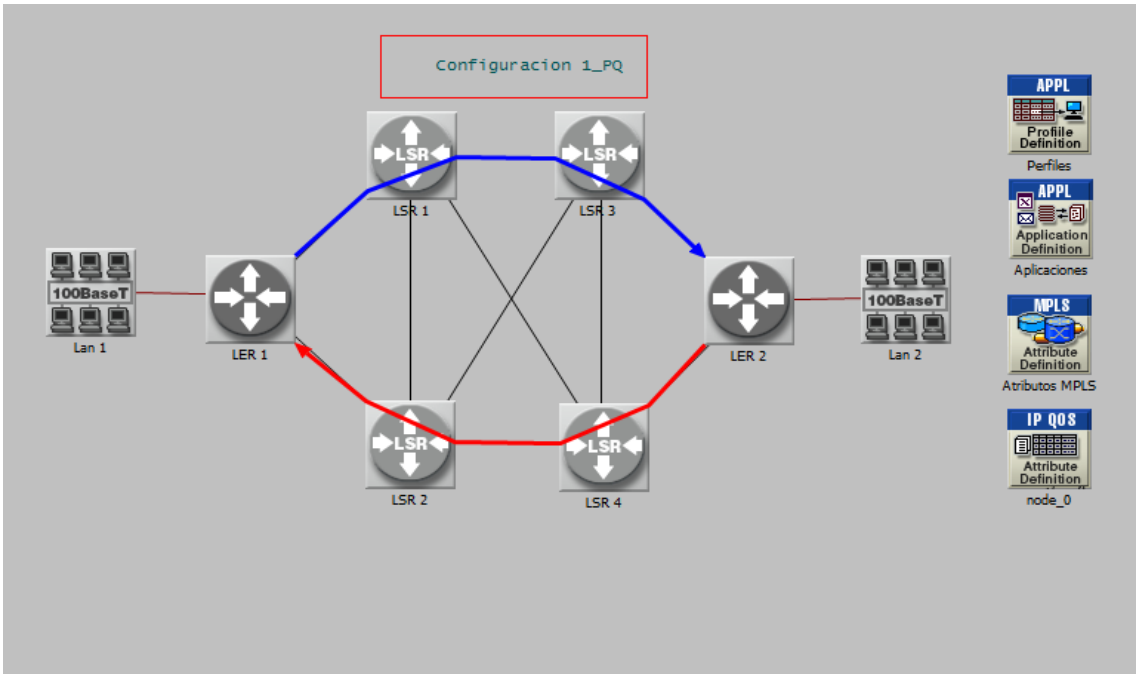

Figura 3.4: Escenario 2

3.2.3 Escenario 3

En este último escenario se configuraron todos los routers de la red con el mecanismo de encolamiento CQ ya que se crearon dos LSPs de ida y dos de vuelta como se explica en la Configuración 3 del capítulo anterior, buscando que no sean demasiados los LSPs que se configuren en los routers y así sea menor el tiempo de procesamiento en cada unidad de red.

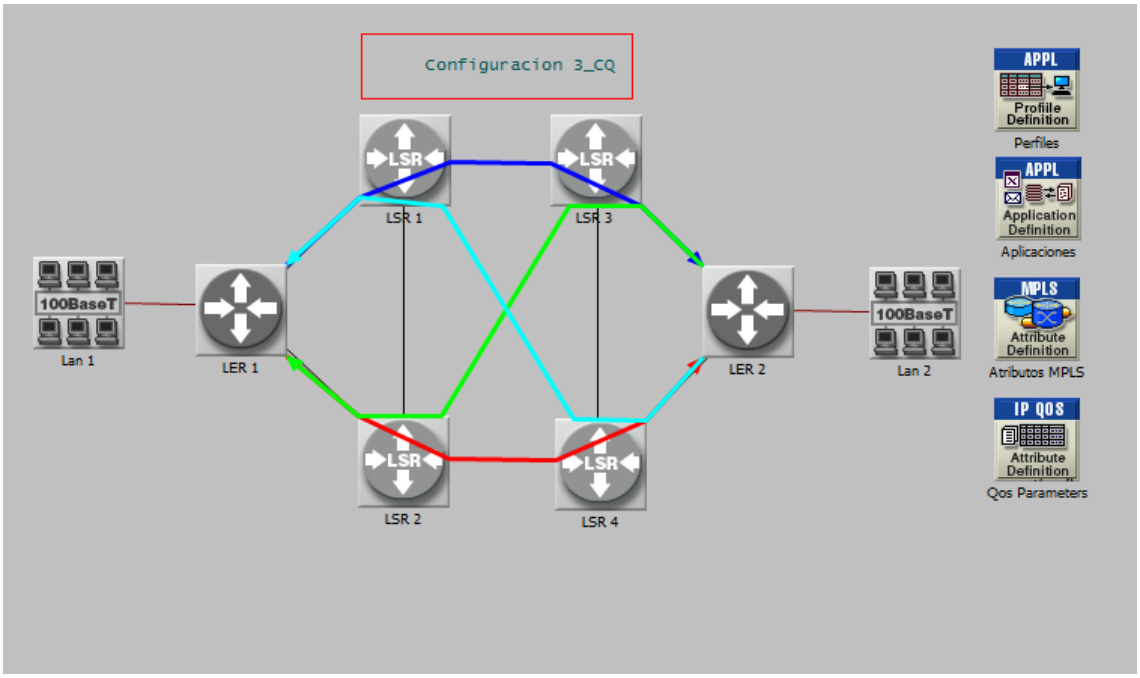

Figura 3.5 Escenario 3

3.3 Resultados de las simulaciones

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las simulaciones para los anteriormente mencionados escenarios experimentales. Los valores analizados son los picos máximos de rendimiento, ya que se analizó este segmento de red para condiciones críticas de congestión.

3.3.1 Escenario 1

La demora en este experimento se comporta de manera diferente para la aplicación de videoconferencia que para la de voz, como se aprecia en la Figura 3.6

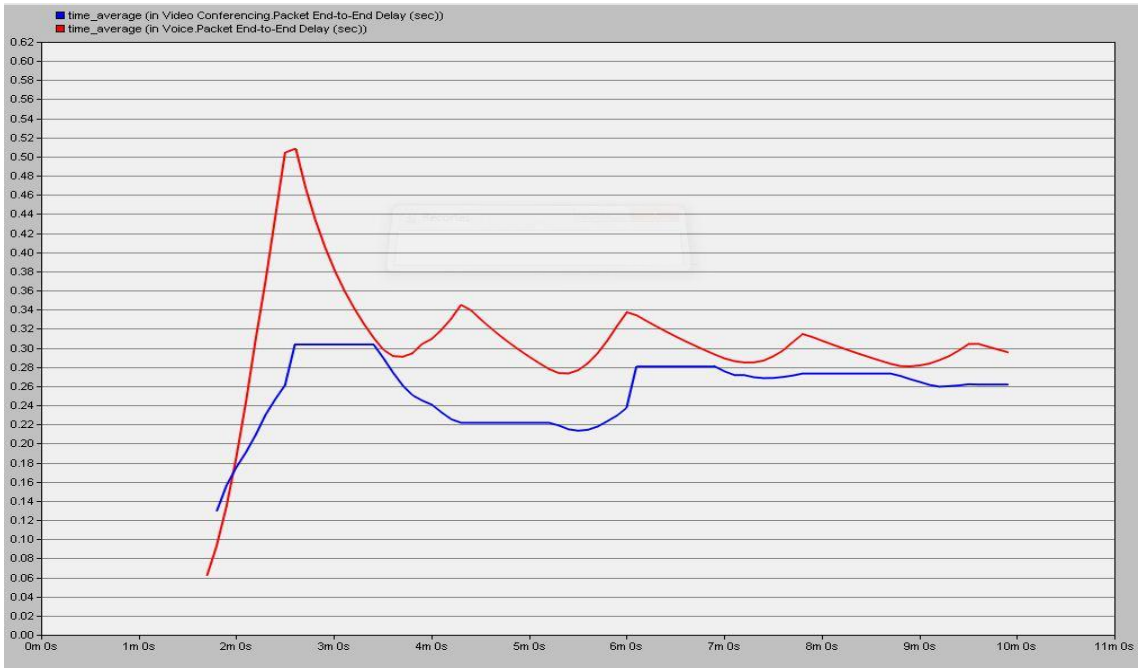

Figura 3.6: IPTD Voz y Videoconferencia Escenario 1

En este gráfico se evidencia cómo el protocolo de encolamiento CQ brinda mayor prioridad a la aplicación de videoconferencia sobre la de voz, producto de esto la aplicación videoconferencia esta dentro de los parámetros de la recomendación Y.1541, lo que no le ocurre a la de voz. De igual forma sucede en la variación de la demora como se evidencia en la Figura 3.7

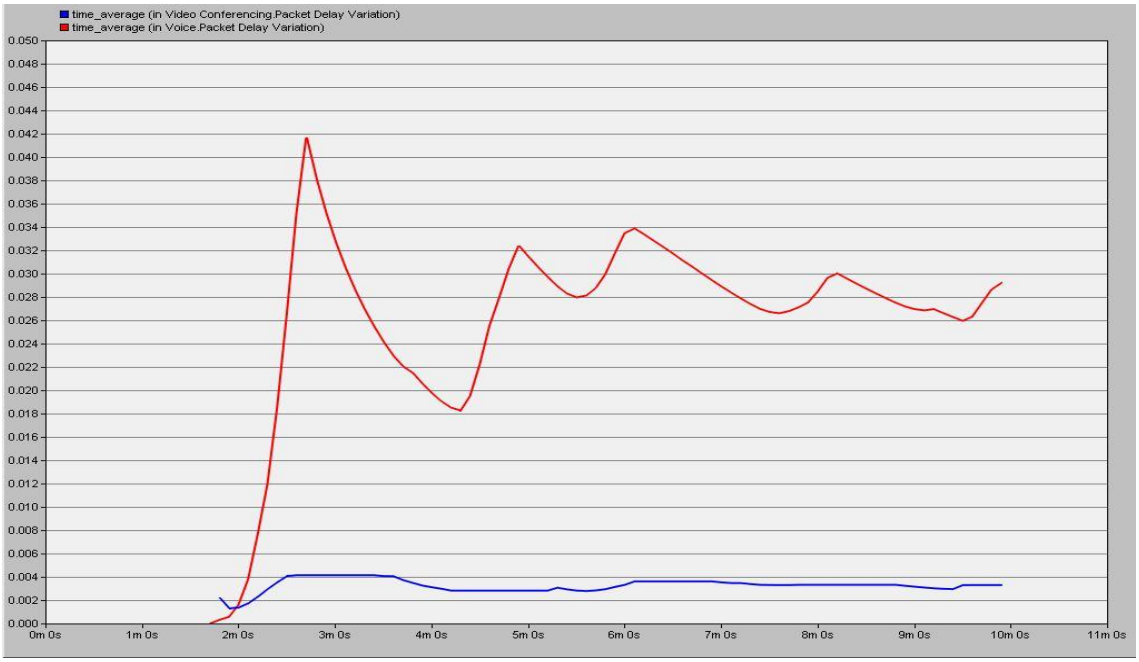

Figura 3.7: IPDV Voz y Videoconferencia Escenario 1

3.3.2 Escenario 2

En este escenario se aprecia una mejoría de la demora y la variación de la demora ya que está configurado con el protocolo de encolamiento PQ, el cual muestra un mejor rendimiento que CQ a la hora de que exista un solo camino o LSP, ver Figura 3.8 y 3.9.

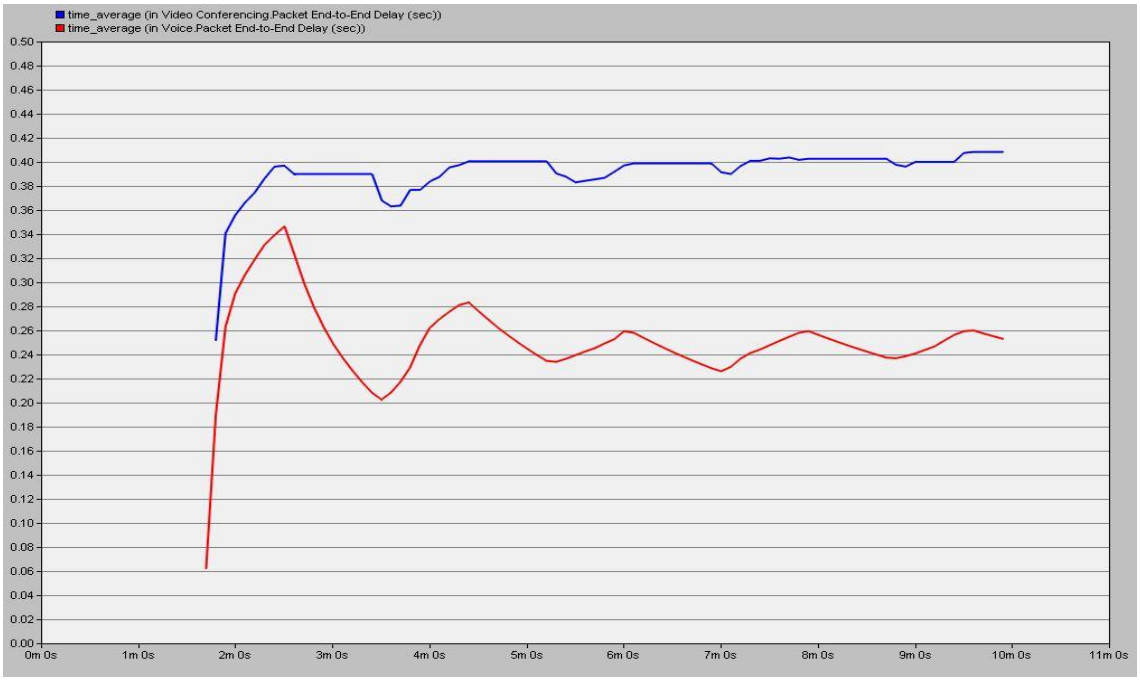

Figura 3.8: IPTD Voz y Videoconferencia Escenario 2

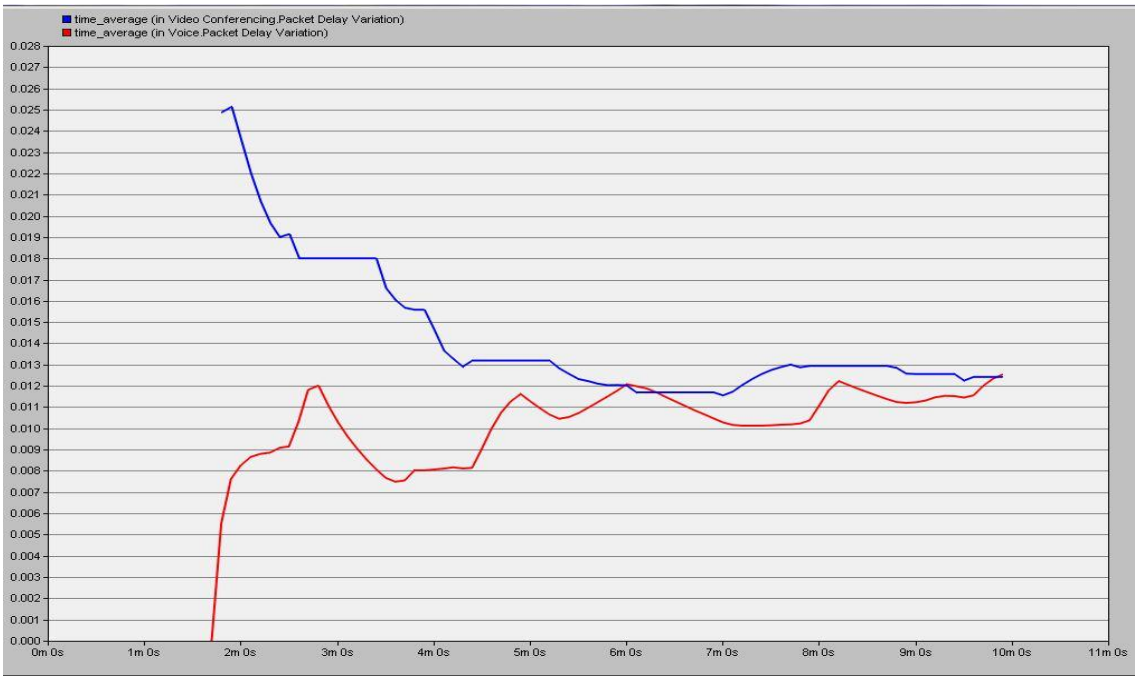

Figura 3.9: IPDV Voz y Videoconferencia Escenario 2

Este escenario muestra que los valores de demora y variación de la demora son algo mayores para videoconferencia que para la voz, sin salirse de los marcos de la recomendación, esto se debe a que la aplicación de videoconferencia necesita un mayor

ancho de banda ya que este transporta a la vez audio y video mientras que la de voz solo transporta audio.

3.3.3 Escenario 3

Este escenario muestra valores inferiores de IPTD e IPDV con respecto al escenario anterior, ver Figura 3.13 y 3.14, esto se debe a que consta con dos LSPs de ida y dos de vuelta con los routers configurados con el protocolo de encolamiento CQ el cual evidencia mejor desempeño a la hora de que exista más de un camino o LSPs. En la configuración anterior se apreciaban tiempos superiores de demora y variación de la demora, ya que al existir un solo camino LSPs el tráfico, tanto de entrada como de salida, es menor (Figura 3.10), esto se obedece a que las pérdidas de tiempo que experimentan los LERs a la hora de seleccionar cuál es el paquete que se debe enviar primero son mayores. Al existir dos LSPs mejora el manejo del tráfico ya que los LERs tienen dos caminos por los cuales enviar el tráfico y así disminuyen los tiempos de procesamiento en estas unidades. Figura 3.11.

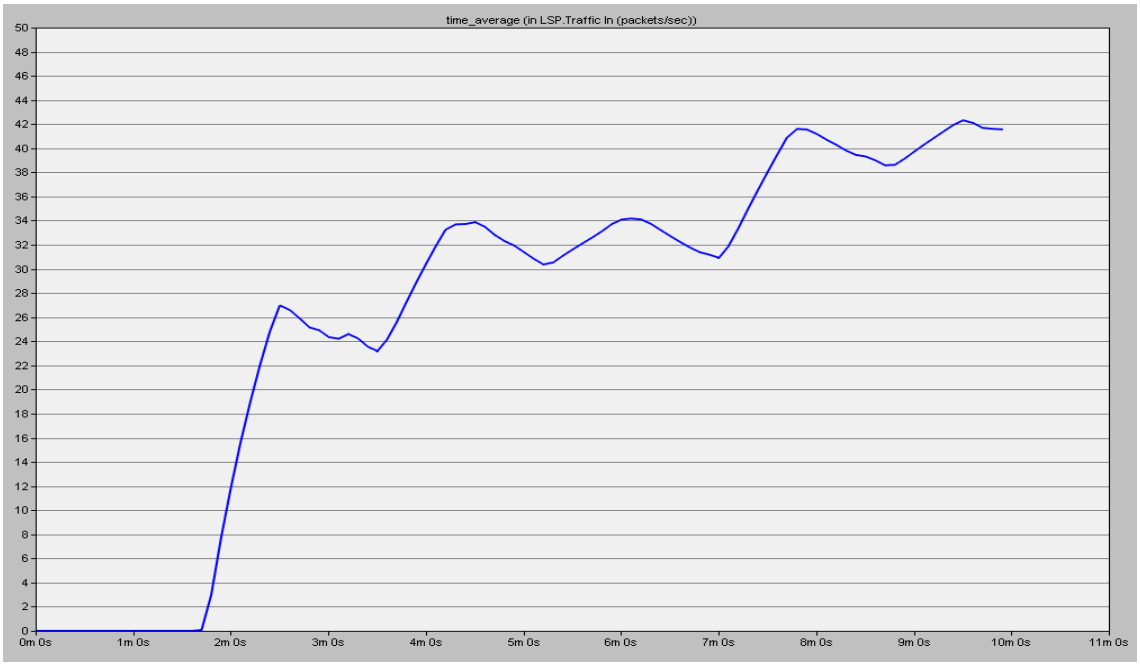

Figura 3.10: Trafico entre LER 1 y LER 2 con un LSP.

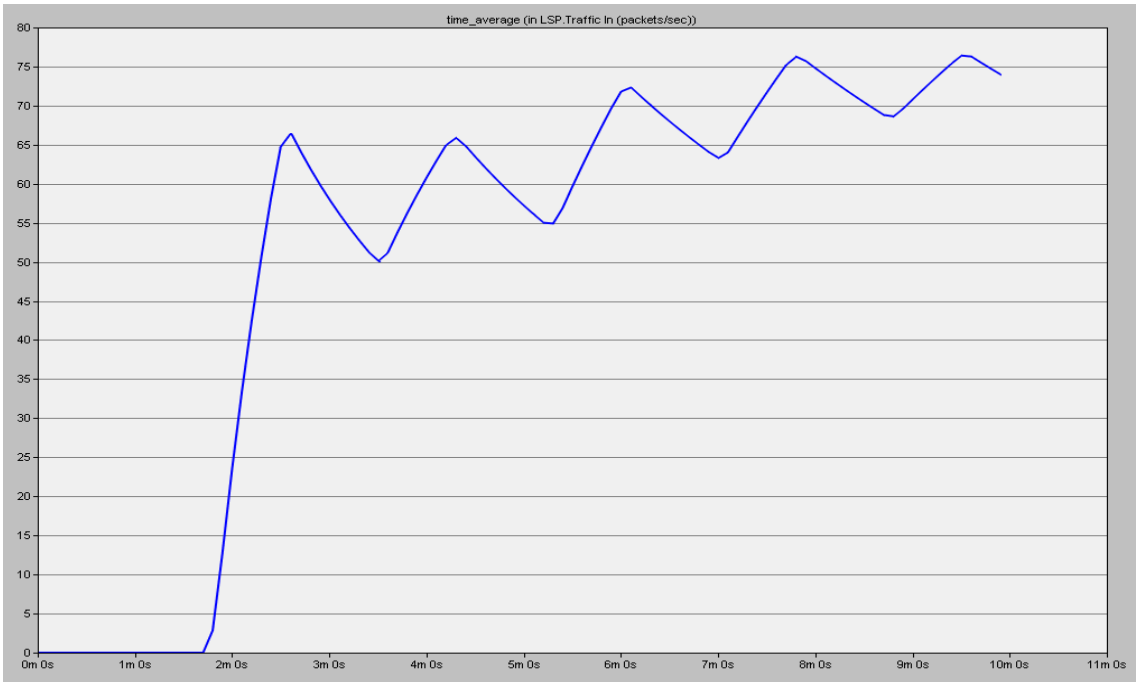

Figura 3.11: Trafico entre LER 1 y LER 2 con dos LSPs.

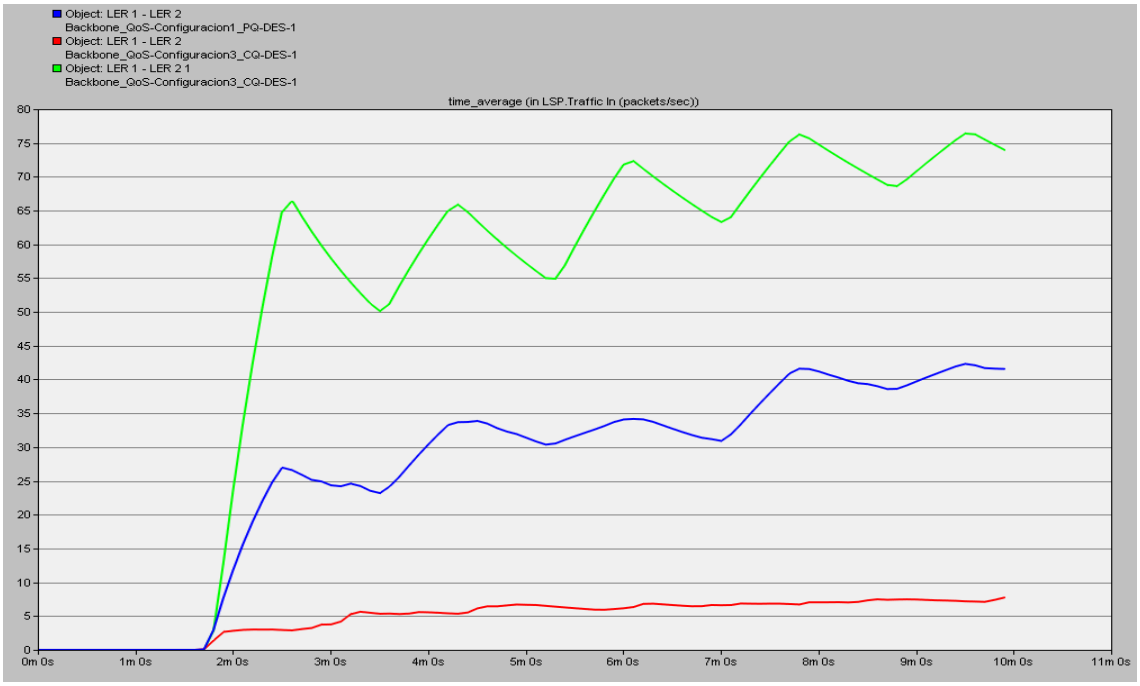

Figura 3.12: Comparación del Trafico entre Configuración 1 y Configuración 3.

La línea roja representa el tráfico de aplicaciones de menor uso de ancho de banda como FTP y HTTP de la Configuración 3 y cómo el tráfico de dicha configuración es mayor debido a lo anteriormente expuesto.

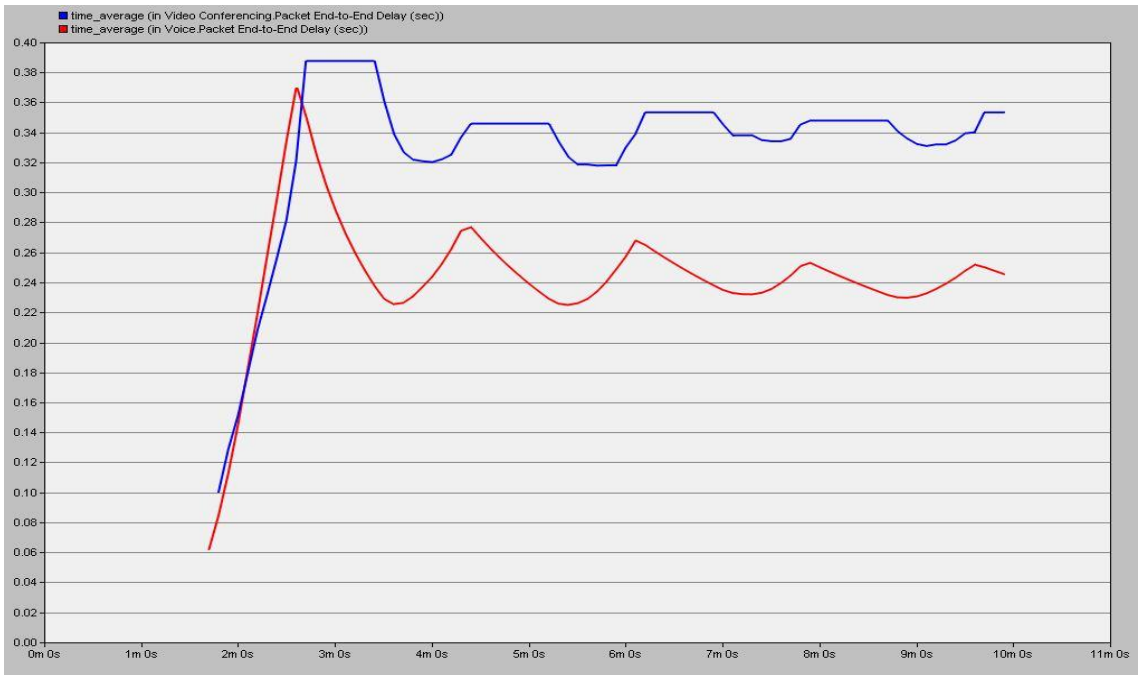

Figura 3.13: IPTD Voz y Videoconferencia Escenario 3

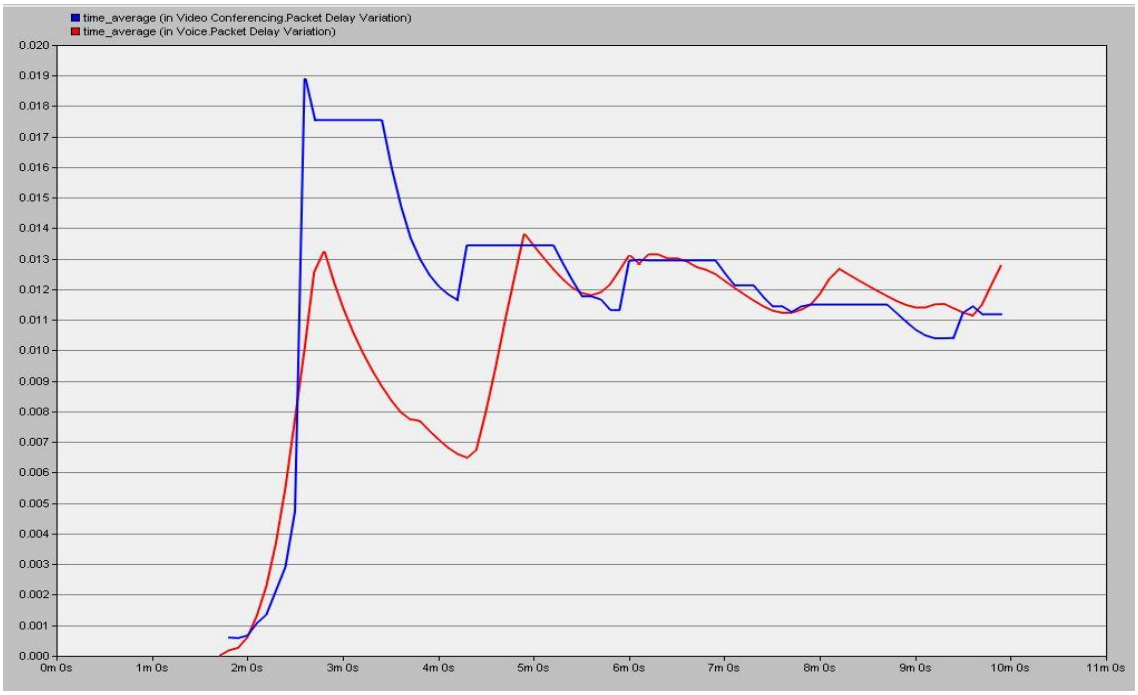

Figura 3.14: IPDV Voz y Videoconferencia Escenario 3

Este escenario no solo muestra tiempos de demora inferiores para las aplicaciones de videoconferencia y voz, también muestra mejorías en FTP en cuanto a los tiempos de descarga y tráfico recibido en paquetes por segundo, ver Figura 3.15 y 3.16, y de HTTP en respuesta de tiempo y tráfico recibido también en paquetes por segundo. Figura 3.17 y 3.18

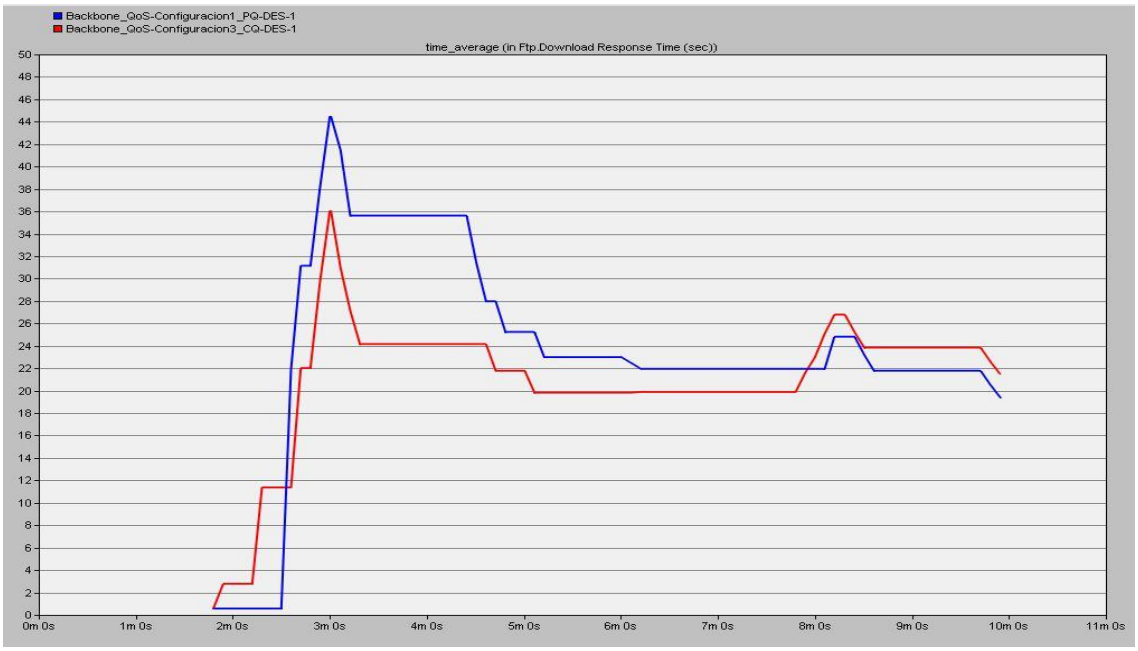

Figura 3.15: Tiempo de Descarga Ftp Escenario 3

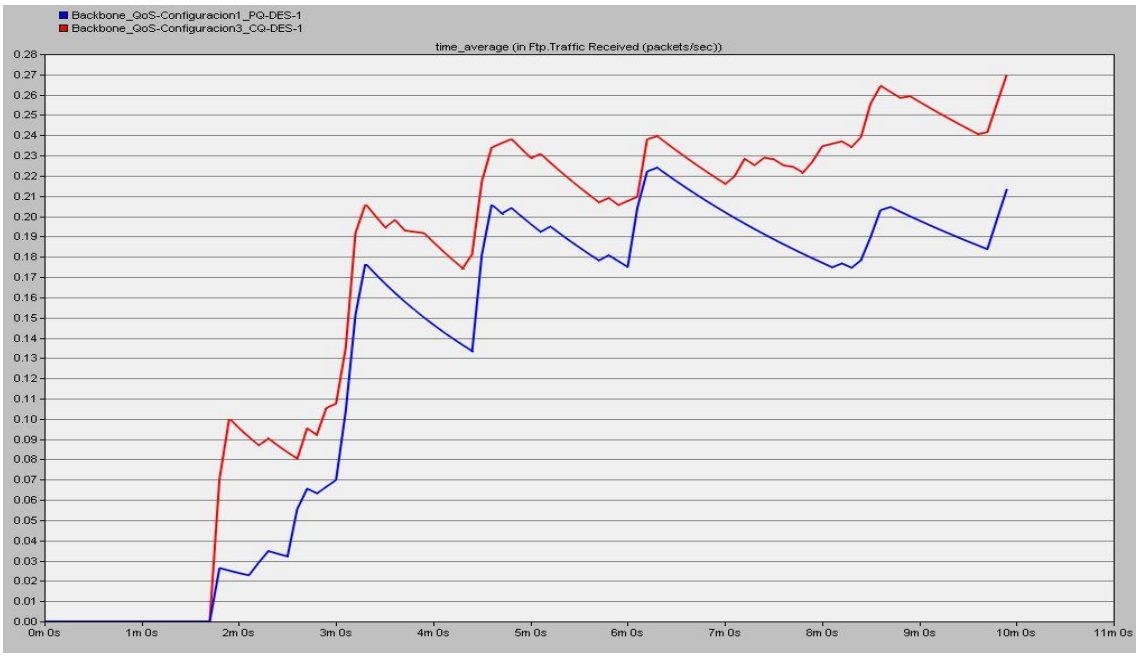

Figura 3.16: Tráfico Ftp Escenario 3

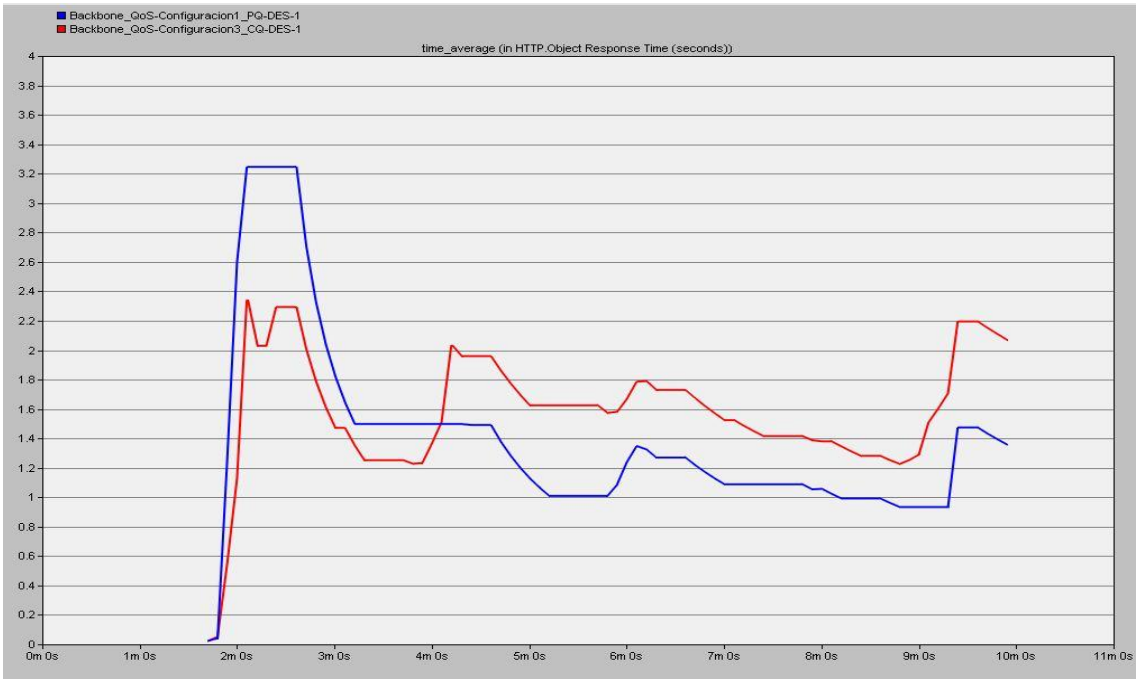

Figura 3.17: Respuesta de Tiempo Web Escenario 3

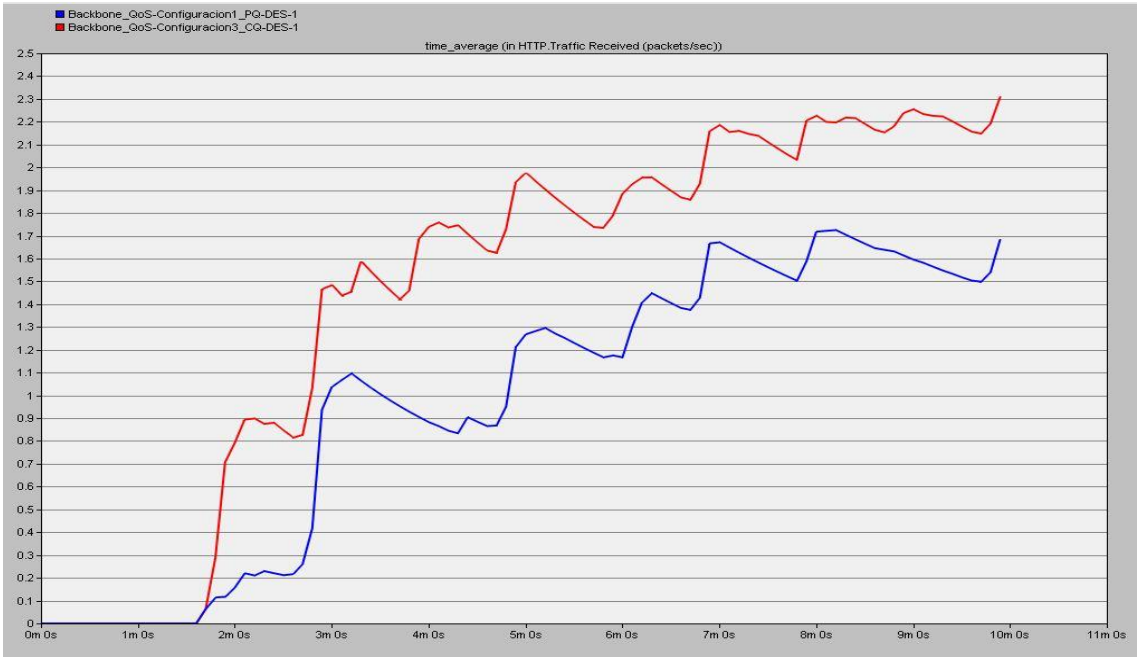

Figura 3.18: Tráfico Web Escenario 3

Con lo anteriormente expuesto se afirmar que este escenario tiene un desempeño superior a los anteriormente analizados ya que no solo tiene un desempeño más elevado para las aplicaciones más sensibles a las pérdidas de paquetes o demora, sino que garantiza un mejor funcionamiento de las otras aplicaciones Tabla 3.3. Este muestra como se disminuyen las pérdidas de paquetes recibidos de VoIP, Figura 3.19, que a la hora de establecer una conversación causa molestias al usuario como en el escenario anterior en el cual la relación de paquetes recibidos es inferior. Figura 3.20

Tabla 3.3 Tráfico de las Aplicaciones (paquetes/segundo)

Aplicación	VoIP	Videoconferencia	HTTP	FTP
Recibido	400	1.5	2.2	0.6
Enviado	450	55	2.4	0.27

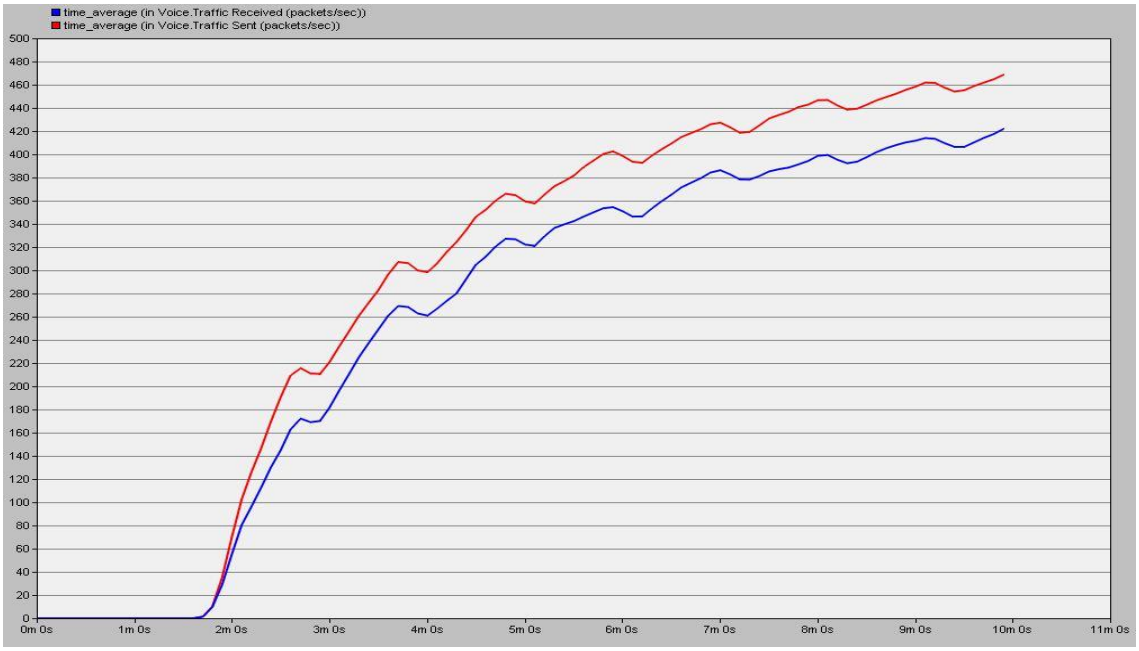

Figura 3.19: Paquetes Enviados y Recibidos VoIP Escenario 3

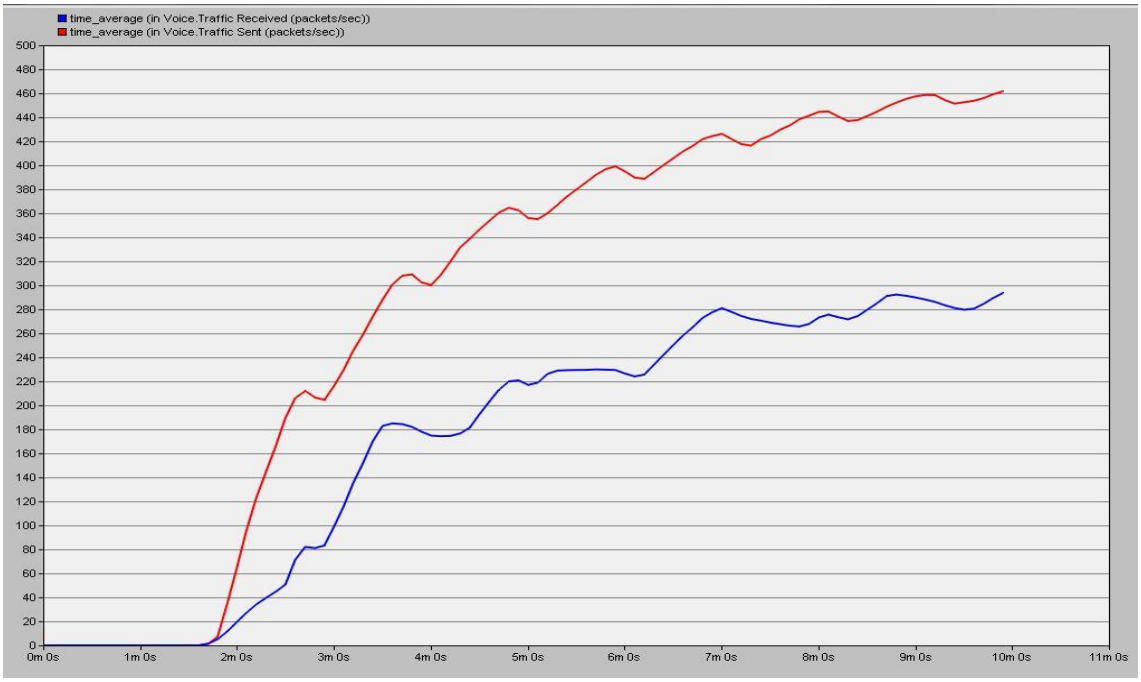

Figura 3.20: Paquetes Enviados y Recibidos VoIP Escenario 2

3.4 Conclusiones parciales

Para poder disfrutar de aplicaciones de tiempo real en un escenario específico resulta indispensable la implementación de políticas de QoS, ya que si no se aplican estos mecanismos la congestión de los enlaces lo hace imposible debido a las perdidas y los retrasos a la hora de utilizar dichas aplicaciones. MPLS funciona sin configurar ningún mecanismo de QoS en tanto el cumulo de datos a transmitir no exceda la capacidad de física de la plataforma que lo soporta, pero si se presenta congestión se debe revisar el proceso de configuración de la red en lo referente a la creación de los LSP y mecanismos de encolamiento. Resulta imprescindible la configuración de algoritmos de QoS para el correcto funcionamiento de aplicaciones en tiempo real en redes NGN.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A partir de la realización de las tareas técnicas y el cumplimiento de los objetivos específicos de la presente investigación se puede concluir que:

1. Las redes NGN brindan calidad de servicio cuando cumplen con lo descrito en las recomendaciones Y.1540, donde se definen los parámetros para evaluar la calidad del servicio de comunicación de datos con IP y Y.1541, la cual especifica los valores de calidad de funcionamiento para cada uno de los parámetros definidos en la recomendación Y.1540.
2. Para ofrecer QoS en un núcleo NGN resulta imprescindible implementar MPLS, crear caminos LSPs y aplicar correctamente las disciplinas de encolamiento.
3. La configuración de LSPs favorece el tráfico de la red y contribuye a la disminución de los tiempos de demora de sus aplicaciones, pero se debe ser estricto en su creación ya que al existir una gran cantidad de estos caminos, aumentan los tiempos de procesamiento en los FEC, causando un funcionamiento inadecuado de dicha red.
4. Los mecanismos de encolamiento están estrictamente ligados al número de caminos LSPs existentes y de esta correcta relación depende el óptimo funcionamiento de las aplicaciones.

Recomendaciones

1. Realizar pruebas similares en escenarios con mayor cantidad de elementos e implementar LSPs dinámicos, que permitan a la red autonomía en la distribución de recursos.
2. Profundizar en el estudio de la Calidad de Servicio en redes NGN para satisfacer las crecientes demandas de aplicaciones de tiempo real en la actualidad.
3. Promover este estudio para que sea analizado por diferentes entidades, las cuales ya se adentran en el mundo de las redes convergentes con QoS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. C. C. Quiñonez, "Análisis de configuraciones en el núcleo de una red NGN para garantizar QoS," p. 12, 2010.

[2] Y. D. David Blandón, Fabio G. Guerrero, Andrés Navarro C., Juan Carlos Cuellar, Caterine Ochoa A. (2010). *"Medición de la calidad del servicio en Redes de Próxima Generación en Colombia."* *(Primera edición, diciembre de 2010 ed.)*.

[3] S. K. N. Pupiales, "“DISEÑO DE UNA RED DE BACKBONE CON TECNOLOGÍA MPLS PARA EL SOPORTE DE SERVICIOS TRIPLE PLAY EN LA EMPRESA ECUANET-MEGADATOS S.A”," TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN, FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS, UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, Ibarra, 2010.

[4] (2007, Estudio Integral de Redes de Nueva Generación y Convergencia.

[5] (2009). *Integración de infraestructuras mediante NGN*.

[6] (2008, Regulación de redes en convergencia. 59.

[7] J. C. C. Quiñonez, "NGN: Conceptos Básicos," ed, 2011, p. 17.

[8] "SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN Y ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET," in *Recomendación UIT-T Y.1540*, UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES ed: SECTOR DE NORMALIZACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES DE LA UIT, 2002, p. 40.

[9] "SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LAINFORMACIÓN Y ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET," in *Recomendación UIT-T Y.1541*, UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES ed: SECTOR DE NORMALIZACIÓNDE LAS TELECOMUNICACIONES DE LA UIT, 2002, p. 38.

[10] M. L. BEJARANO, "“ANALIS DE ALGORITMOS DE RESOLUCIÓN DE COLISIONES EN REDES INALAMBRICAS DE BANDA

ANCHA”," FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Mexico DF, 2006.

[11] A. J. G. V. Sebastián Andrés Álvarez Moraga. (2005, ESTUDIO Y CONFIGURACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO PARA PROTOCOLOS IPV4 E IPV6 EN UNA RED DE FIBRA ÓPTICA WDM. *Rev. Fac. Ing. - Univ. Tarapacá vol. 13*, 10.

[12] N. A. H. Lopez, ""DISEÑO DE UNA RED MPSL UTILIZANDO EL PROTOCOLO IPV6 PARA PROVEDORES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES"," PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN ELCTRONICA Y TELECOMUNICACIONES., FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA, ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, Quito, 2009.

[13] R. A. Llamas, ""Estudio e Implementación de Mecanismosde Calidad de Servicio sobre una Arquitectura de Servicios Diferenciados"," ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, Cartagena, 2003.

[14] J. A. C. Garcia, ""PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA LA MEDICION DE PARAMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE SERVICIO"," ed, 2003.

[15] J. T. Leonardo Uzcátegui. (2010). *NGN*.

[16] F. J. R. d. Santiago, "Análisis e implementación de un sistema real de medida de ancho de banda," Trabajo Fin de Máster, ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID, Madrid, 2010.

[17] A. H. Xipeng Xiao, Brook Bailey. (2000, Traffic Engineering with MPLS in the Internet. *IEEE Network*.

[18] S. M. Sanchez, "MPLS (Multi-Protocol Label Switching)," Universidad Central de las Villas "Marta Abreu", 2013.

[19] S. Bielenberg, "VoIP," in *Voz sobre IP*, ed: ULYSEA S.L., 2005.

[20] A. C. Medina. *LA VIDEO CONFERENCIA: CONCEPTUALIZACION, ELEMENTOS Y USO EDUCATIVO. (Gupo AREA ed.)*. Available: http://www.ugr.es/servimeco/revistaeticanet/index.htm.

[21] (2004). *OPNET: Manual de Usuario*.

[22] H. P. Changho Yun. (2007, QoS Control for NGN: A Survey of Techniques.

[23] H. Carrión. (2008, Redes de Nueva Generación.

[24] P. F. Chimento, "Tutorial on QoS support for IP," ed.

[25] S. Felici, "Evaluación de mecanismos de calidad de servicio en los routers para servicios multimedia," Doctorado: Sistemas y Servicios Telemáticos, 2009.

[26] J. G. I. Vidal, F. Valera, I. Soto, A. Azcorra. (2007, Integration of a QoS aware end user network within the TISPAN NGN solutions. *IEEE Computer Society*.

[27] P. D. M. J. Luís Felipe M. de Moraes. An Alternative QoS Architecture for the IEEE 802.16 Standard.

[28] J. E.-G. María Ángeles Callejo-Rodríguez. (2008, Bridging the Standardization Gap to Provide QoS in Current NGN Architectures. *IEEE Communications Magazine*, 6.

[29] G. d. E. NGN, "MEDICION DE LA CALIDAD DEL SERVICIO," *interacTIC*, vol. 01, p. 16, 2011.

[30] D. M. Palacio. (2007, Efecto de políticas de QoS en routers. 12.

[31] S. D.-S. Terol. (2012, Comunicaciones unificadas + NGN. *1.0*.

[32] A. H. Xipeng Xiao, Brook Bailey. (2000, Traffic Engineering with MPLS in the Internet. *IEEE Network*.

ANEXOS

Anexo 1: Configuración de las Aplicaciones

Figura 1: Características del tráfico generado por las aplicaciones

Aplicación	Cantidad de usuarios usando la aplicación	Duración de la aplicación (seg)	Tiempo entre repeticiones (seg)	Número de repeticiones durante el tiempo de simulación
Voz	10	50	15	Ilimitadas
FTP	10	50	30	Ilimitadas
HTTP	10	30	30	Ilimitadas
Video conferencia	10	45	60	Ilimitadas

Figura 2: Marcación de trafico de las aplicaciones

Aplicación	Tipo de Servicio (ToS)		DSCP
Voz	Interactive Voice	(6)	EF
Video conferencia	Interactive Multimedia	(5)	AF41
http	Background	(1)	AF21
ftp	Best Effort	(0)	AF11

Anexo 2: Parámetros de funcionamiento de la Red Básica MPLS

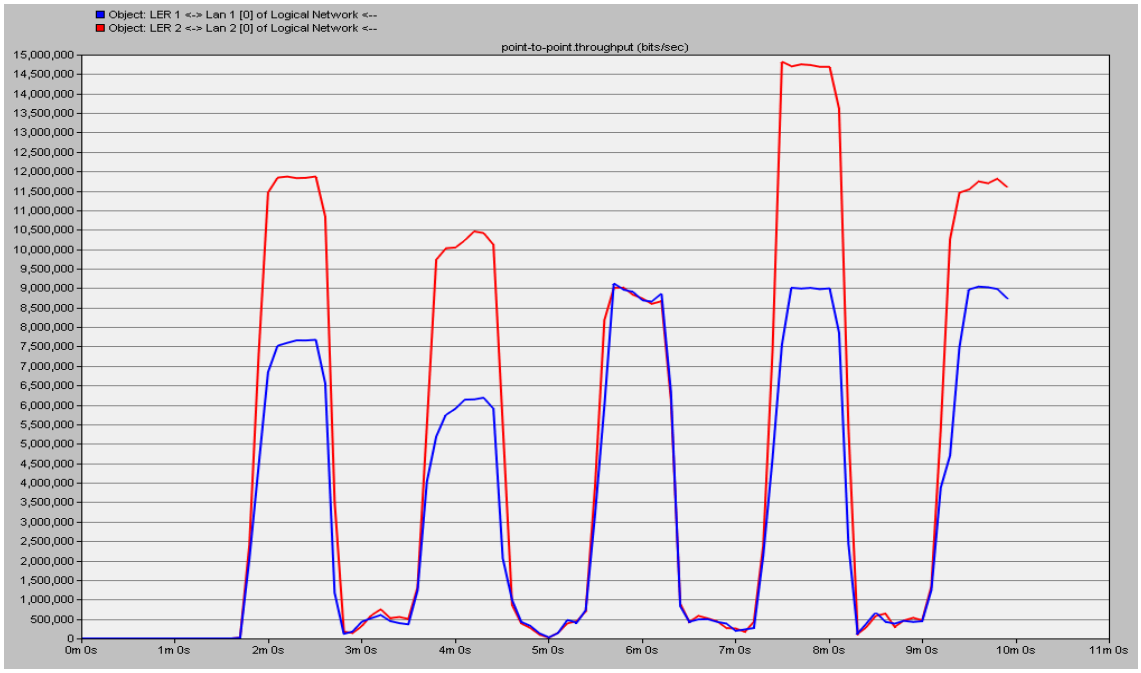

Figura 1: Throughput Red MPLS

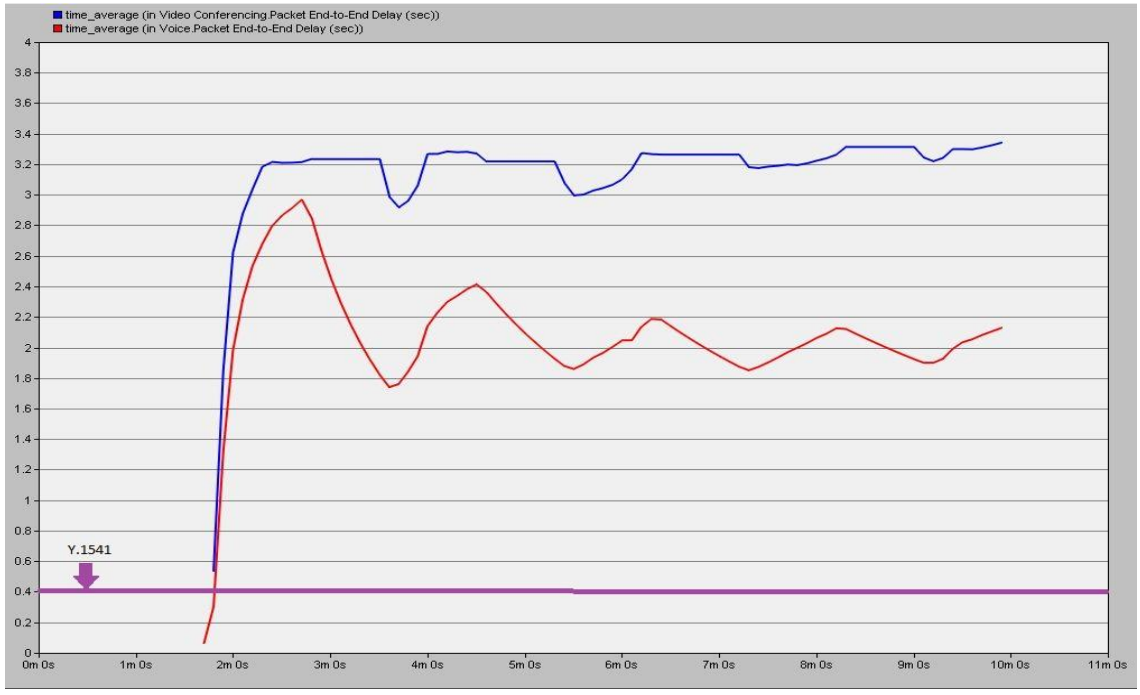

Figura 2: IPTD Voz y Videoconferencia en Red Básica

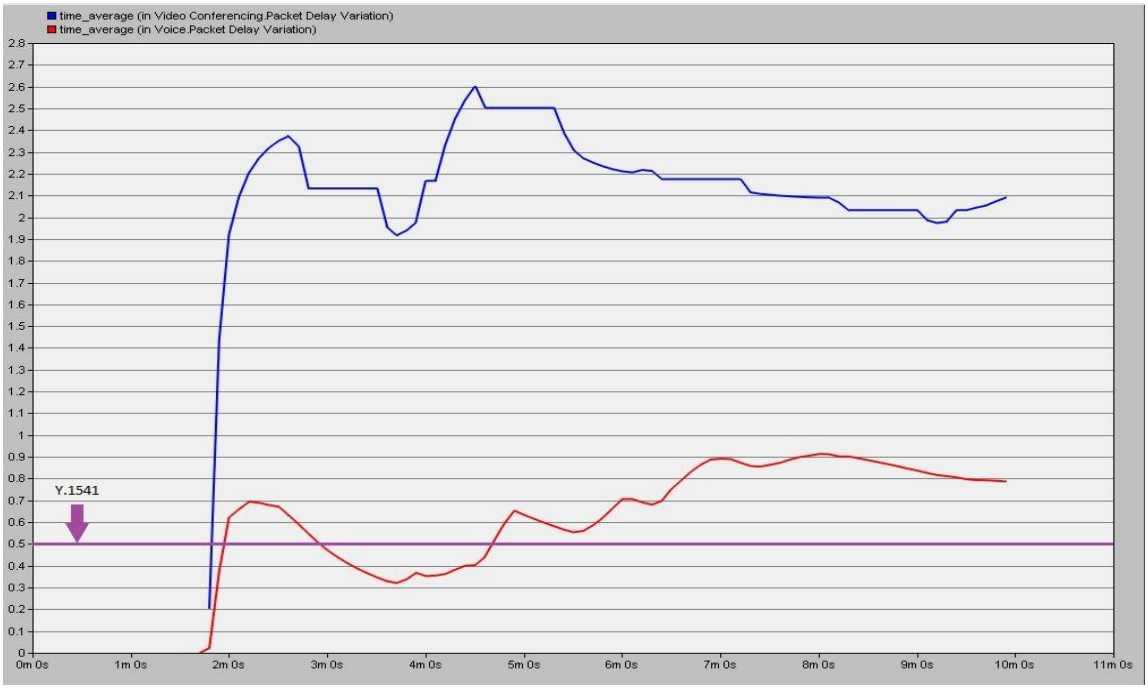

Figura 3: IPDV Voz y Videoconferencia en Red Básica

Anexo 3: Configuración 2

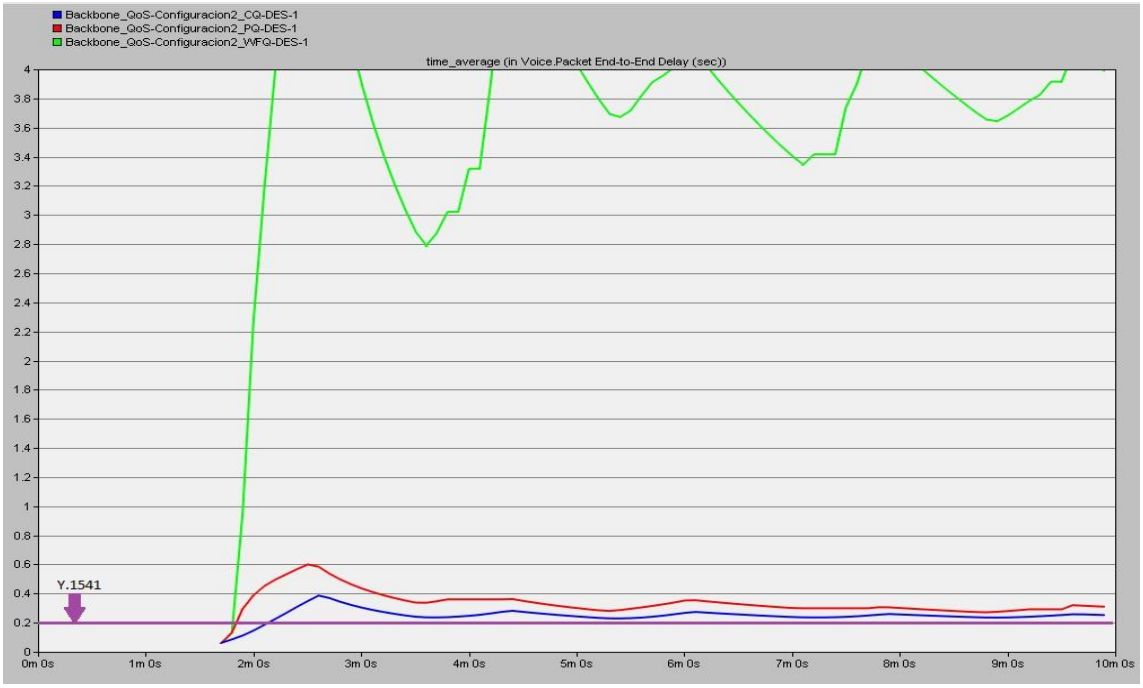

Figura 1: IPTD de VoIP. Configuración 2 con WFQ, PQ y CQ

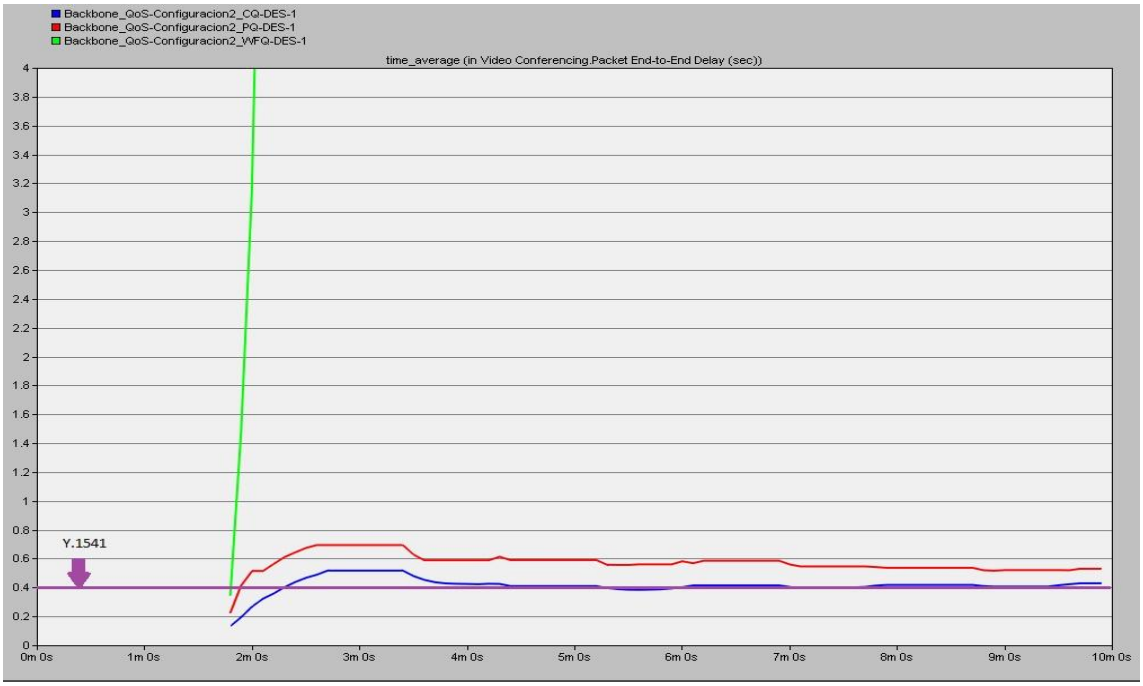

Figura 2: IPTD de Vc. Configuración 2 con WFQ, PQ y CQ

Anexo 4: Comportamiento del Protocolo CBWFQ

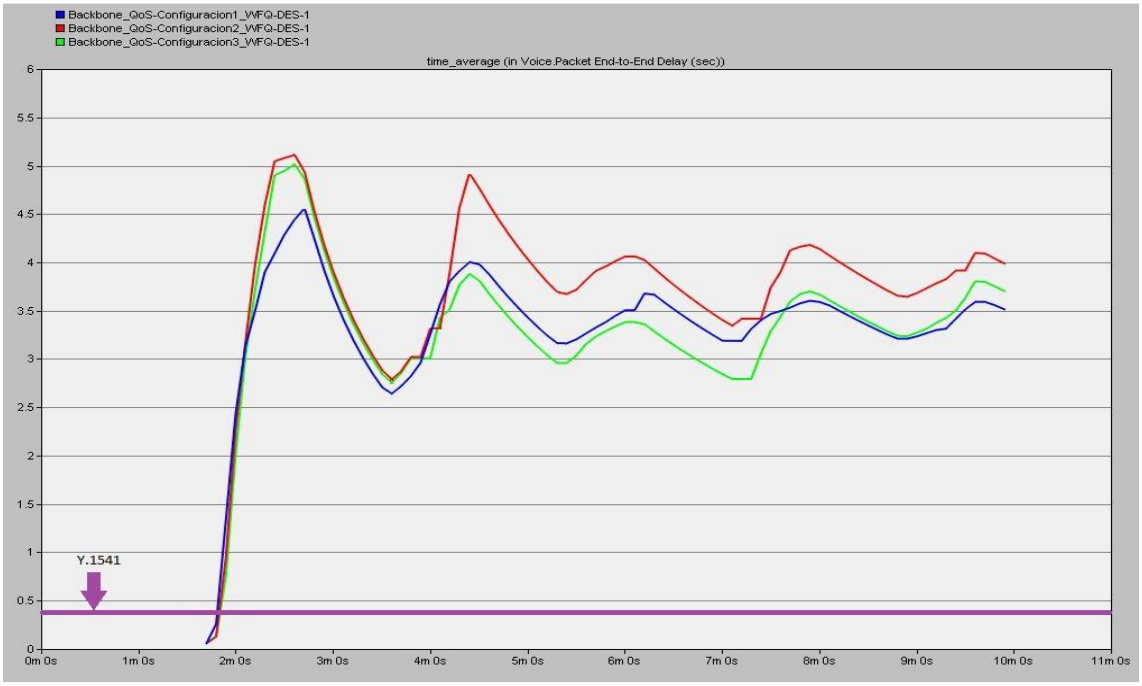

Figura 1: IPTD en VoIP con CBWFQ Todos los Escenarios

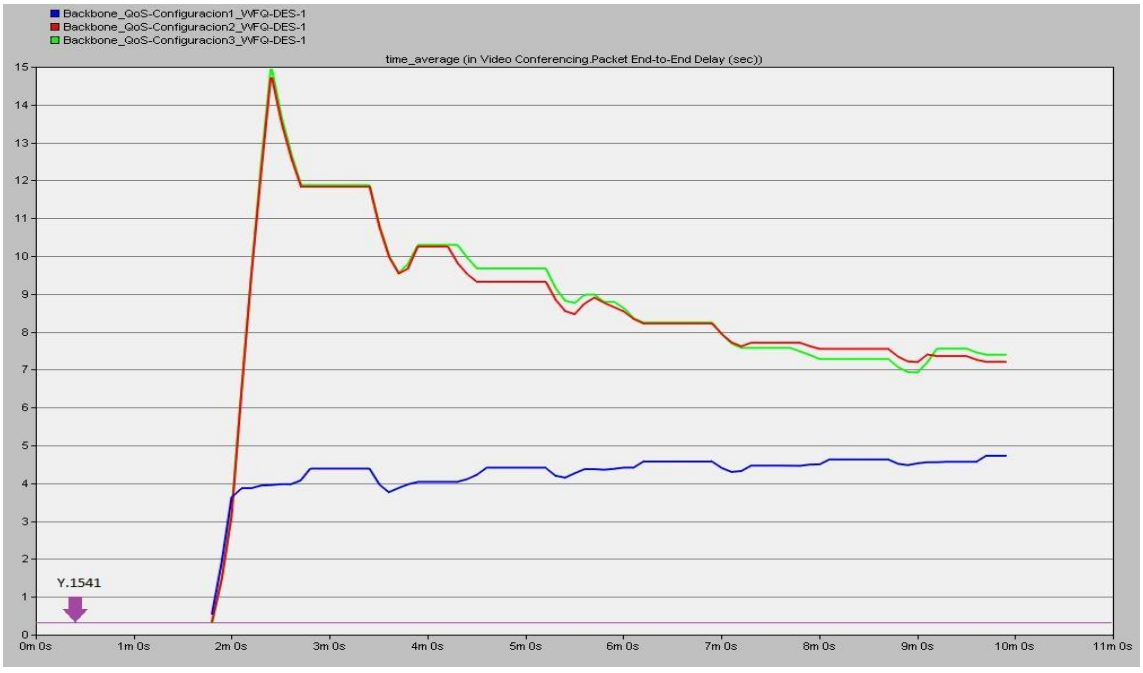

Figura 2: IPTD en Vc con CBWFQ Todos los Escenarios