



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Diseño de escenarios de simulación utilizando IGRP y calidad de servicio para enlaces punto a punto sobre la plataforma Opnet**

AUTOR:

Pin Rodríguez, Ingri Jessenia

Componente práctico del examen complejo previo a la obtención del grado de **INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

REVISOR:

M. Sc. Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio

Guayaquil, Ecuador

6 de marzo del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente **componente práctico del examen complejo**, fue realizado en su totalidad por **Pin Rodríguez, Ingri Jessenia** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**.

REVISOR

---

M. Sc. Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio

DIRECTOR DE CARRERA

---

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, 6 de marzo del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Pin Rodríguez, Ingri Jessenia**

**DECLARÓ QUE:**

**El componente práctico del examen complejo: Diseño de escenarios de simulación utilizando IGRP y calidad de servicio para enlaces punto a punto sobre la plataforma Opnet**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 6 de marzo del 2020

EL AUTOR

---

PIN RODRÍGUEZ, INGRI JESSENIA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Pin Rodríguez, Ingri Jessenia**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del: **Diseño de escenarios de simulación utilizando IGRP y calidad de servicio para enlaces punto a punto sobre la plataforma Opnet**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 6 de marzo del 2020

EL AUTOR

---

PIN RODRÍGUEZ, INGRI JESSENIA

# REPORTE DE URKUND

The screenshot shows the URKUND interface. On the left, document details are listed: 'Documento: Ingrid\_Pin\_EC2019B.docx (D64925610)', 'Presentado: 2020-03-05 18:45 (-05:00)', 'Presentado por: fernandopr23@hotmail.com', 'Recibido: edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje: Revisión EC Ingrid Pin. [Mostrar el mensaje completo](#)'. A yellow highlight indicates '1% de estas 15 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes'. On the right, the 'Lista de fuentes' (Source List) is shown with columns for 'Categoría' and 'Enlace/nombre de archivo'. It lists a source from 'https://docplayer.es/82280358-Universidad-cat...' and a file named 'Titulación Raimiro Plaza.docx'. Below the list are sections for 'Fuentes alternativas' and 'Fuentes no usadas'. At the bottom, there are navigation icons and buttons for 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir', along with a '0 Advertencia' (0 Warnings) indicator.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Diseño de escenarios de simulación utilizando IGRP y  
calidad de servicio para enlaces punto a punto sobre la  
plataforma Opnet

AUTOR: Pin Rodriguez, Ingrid Jessenia

Componente práctico del examen complejo previo a la  
obtención del grado de INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES

REVISOR: M. Sc. Pacheco Bofórquez, Héctor Ignacio

## DEDICATORIA

Dedicado a Dios por guiarme en este camino de la vida.

A mi familia por siempre estar ahí en los buenos y malos momentos, todo gracias a mis padres que, gracias a su esfuerzo y dedicación podré obtener mi carrera universitaria.

A mi hermana por siempre darme aliento para seguir adelante.

A mis compañeros que compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas.

A mi gran amiga Ericka Bernal por ser un apoyo incondicional.

EL AUTOR

PIN RODRÍGUEZ, INGRI JESSENIA

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecida con Dios, mi Familia, mis Amigos, mis compañeros de trabajo que compartieron sus conocimientos desde el punto de vista profesional.

EL AUTOR

PIN RODRÍGUEZ, INGRI JESSENIA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_  
**M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS**  
DECANO

f. \_\_\_\_\_  
**M. Sc. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO**  
DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**  
OPONENTE



## ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Descripción del componente práctico.....	2
1.1. Introducción. ....	2
1.2. Objetivo General. ....	3
1.3. Objetivos Específicos.....	3
Capítulo 2: Fundamentación teórica. ....	4
2.1. Visión general de las redes.....	4
2.2. Redes de área local – LAN. ....	5
2.3. Red de área metropolitana (MAN). ....	6
2.4. Red de área amplia (WAN). ....	7
2.5. La clasificación de las redes por los roles de componentes. ....	7
2.5.1. Redes punto a punto (P2P). ....	7
2.5.2. Redes basadas en servidor. ....	9
2.6. Capas en los modelos de red. ....	9
2.7. Velocidad de datos, rendimiento y ancho de banda ....	10
2.8. La calidad de servicio (QoS).....	10
Capítulo 3: Diseño y análisis de resultados ....	12
3.1. Descripción general del componente práctico.....	12
3.2. Diseño del escenario-1: modelado del protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior – IGRP.....	12
3.3. Diseño del escenario-2: modelado de calidad de servicio (QoS).....	14
3.3.1. Descripción para Ethernet. ....	16
3.3.2. Enlace lento entre los enrutadores. ....	16
3.3.3. Enlace rápido entre los enrutadores. ....	17
3.4. Análisis de resultados de los escenarios diseñados. ....	17
3.4.1. Análisis de resultados del escenario – 1: IGRP . ....	17

3.4.2. Análisis de resultados del escenario – 2: calidad de servicio.....	19
Conclusiones.....	30
Recomendaciones.....	31
Bibliografía.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 2:

Figura 2. 1: Estructura básica de una red. ....	4
Figura 2. 2: Estructura de una red de área local (LAN). ....	5
Figura 2. 3: Estructura de una red de área metropolitana (MAN). ....	6
Figura 2. 4: Estructura de una red de área amplia (WAN). ....	7
Figura 2. 5: Redes P2P descentralizadas no estructuradas. ....	8
Figura 2. 6: Las diferentes capas de modelo de red. ....	10

### Capítulo 3:

Figura 3. 1: Diseño del primer escenario de simulación utilizando IGRP, ....	12
Figura 3. 2: Ventana de configuración de la simulación del primer escenario para IGRP. ....	13
Figura 3. 3: Conexión de la antena al equipo Elvis III de NI. ....	14
Figura 3. 4: Configuración experimental de QoS en Opnet Modeler. ....	16
Figura 3. 5: Gráficas de IGRP de tráfico enviado y recibido. ....	18
Figura 3. 6: Gráfica de paquetes perdidos para el escenario IGRP. ....	19
Figura 3. 7: Gráfica del enlace P2P de utilización y retardo de colas, sin escenario de QoS. ....	20
Figura 3. 8: Gráfica del enlace P2P de utilización y retardo de colas, con escenario de QoS. ....	20
Figura 3. 9: Gráfica del tiempo promedio de respuesta FTP, sin QoS. ....	22
Figura 3. 10: Gráfica del tiempo promedio de respuesta FTP, con QoS. ....	22
Figura 3. 11: Gráfica del tiempo promedio de respuesta FTP, QoS versus sin QoS. ....	23
Figura 3. 12: Gráfica del retardo en la cola de enlace con QoS. ....	24
Figura 3. 13: Gráfica del retardo en la cola de enlace sin QoS. ....	24
Figura 3. 14: Gráfica del retardo en la cola del enlace sin QoS. ....	25
Figura 3. 15: Gráfica del rendimiento del enlace. ....	25

Figura 3. 16: Gráfica sin QoS para Client_0. ....	26
Figura 3. 17: Gráfica con QoS para Client_0. ....	27
Figura 3. 18: Gráfica sin QoS para Client_2. ....	27
Figura 3. 19: Gráfica con QoS para Client_2. ....	28
Figura 3. 20: Gráfica sin QoS para Client_6. ....	28
Figura 3. 21: Gráfica con QoS para Client_6. ....	29

## Resumen

El presente trabajo es el desarrollo del componente práctico del examen complejo y el propósito de este fue realizar el diseño de escenarios de simulación utilizando IGRP y calidad de servicio para enlaces punto a punto (P2P) sobre la plataforma Opnet. Este trabajo demuestra los conocimientos adquiridos en el salón de clases durante todo el trayecto de la formación de Ingeniera en Telecomunicaciones. La primera parte se realiza la descripción del componente práctico (introducción, objetivo general y objetivos específicos). La segunda parte se describe los aspectos teóricos de las redes de computadoras, tipos de redes, las capas del modelo de una red y de la calidad de servicio. La tercera parte, es la parte práctica donde se realizan dos escenarios de simulación para una red punto a punto (P2P) utilizando el protocolo IGRP y de la calidad de servicio. Después, se evalúan los resultados y se discuten con y sin QoS en la red modelada.

**Palabras claves:** IGRP, REDES, CAPAS, P2P, QOS, PROTOCOLOS,

## **Capítulo 1: Descripción del componente práctico.**

### **1.1. Introducción.**

Las redes están en todas partes, o eso parece. Difícilmente puede hacer algo con datos que no impliquen una red. Al igual que las redes humanas de las que todos formamos parte, las redes informáticas nos permiten compartir información y recursos. En los negocios, la dependencia de las redes es aún más generalizada que en los hogares o las escuelas. Las redes ayudan a individuos y empresas a ahorrar dinero, pero también ayudan a generar ingresos.

Los servicios de red se han vuelto esenciales en todas las esferas de la vida, como los negocios, la educación, el comercio y el entretenimiento. Con el uso creciente de los servicios de red, los sistemas informáticos en la red se están volviendo muy vulnerables a varios tipos de ataques. Una amenaza malévola para la comunidad de la red son las botnets. Una botnet es una red de hosts comprometidos, llamados bots, para realizar actividades maliciosas en otras máquinas de manera colectiva. (Garg et al., 2016)

Las primeras computadoras electrónicas que se construyeron fueron muy caras, muy grandes, consumieron grandes cantidades de energía y, por lo tanto, solo eran accesibles para una minoría muy pequeña de personas. Sin embargo, a medida que pasaba el tiempo, las computadoras se volvieron más baratas, más pequeñas y rápidas y, por lo tanto, se volvieron cada vez más comunes entre los aficionados a la electrónica. Sin embargo, lo que se ha retrasado con respecto a este progreso es la proliferación de sistemas de comunicación implementados por aficionados electrónicos. (Lescisin & Mahmoud, 2019)

Los sistemas de computación distribuida punto a punto (P2P) han atraído más y más esfuerzos de investigación recientemente. Actualmente, se han desarrollado varias redes P2P para diversos tipos de aplicaciones, como codificación de video distribuido, intercambio de archivos y transmisión de

medios. Cuando se utiliza un sistema P2P para la informática distribuida, se puede lograr una gran potencia de procesamiento. (Dubey, 2012)

## **1.2. Objetivo General.**

Realizar el diseño de escenarios de simulación utilizando IGRP y calidad de servicio para enlaces punto a punto (P2P) sobre la plataforma Opnet Modeler.

## **1.3. Objetivos Específicos.**

- a. Describir los fundamentos teóricos de las redes de comunicaciones y sus modelos de capas.
- b. Diseñar los escenarios de simulación mediante el protocolo de enrutamiento IGRP y de calidad de servicio en el software Opnet Modeler.
- c. Analizar los resultados obtenidos para los escenarios de simulación propuestos.

## Capítulo 2: Fundamentación teórica.

### 2.1. Visión general de las redes.

Según Sadiku & Ilyas, (2018) Las redes de área local, o LAN, son las redes "físicas" que proporcionan la conexión entre máquinas dentro de, por ejemplo, un hogar, escuela o corporación. Las LAN son, como su nombre lo dice, "locales"; es la capa de IP, o Protocolo de Internet, que proporciona una abstracción para conectar múltiples LAN a Internet. Finalmente, TCP, o protocolo de control de transmisión se ocupa del transporte y las conexiones y, de hecho, envía los datos del usuario.

Una red consta de dos o más dispositivos informáticos que están conectados para compartir los componentes de su red (sus recursos) y la información que almacena allí, tal como se muestra en la figura 2.1. La red informática más básica (que consta de solo dos computadoras conectadas) puede expandirse y volverse más utilizable cuando se unen computadoras adicionales y agregan sus recursos a las que se comparten.

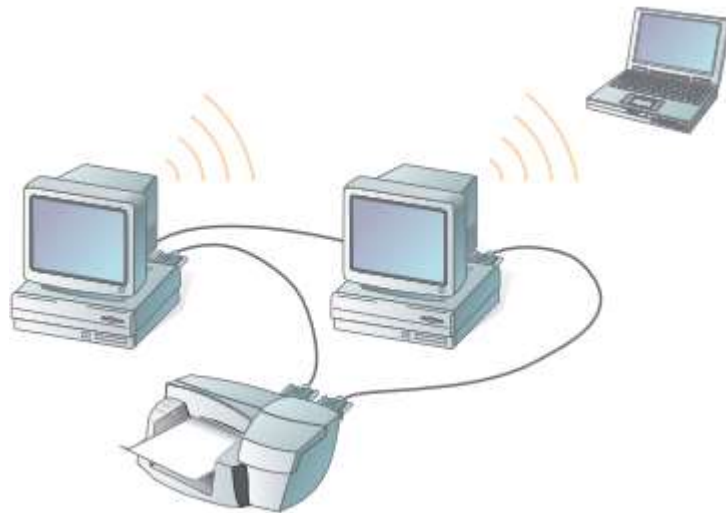


Figura 2. 1: Estructura básica de una red.

Fuente: (Poellabauer, 2009)

La primera computadora (de uno) se conoce comúnmente como su computadora local. Es más probable que se utilice como una ubicación donde se trabaja, una estación de trabajo, que, como una ubicación de almacenamiento o control, un servidor. A medida que más y más computadoras están conectadas a una red y comparten sus recursos, la red



se convierte en una herramienta más poderosa, porque los empleados que usan una red con más información y más capacidad pueden lograr más a través de esas computadoras o recursos adicionales.

El verdadero poder de las computadoras en red se hace evidente si desea que su propia red crezca y luego la conecte con otras redes distintas, lo que permite la comunicación y el intercambio de recursos en ambas redes. Es decir, una red puede conectarse a otra red y convertirse en una herramienta más poderosa debido a los mayores recursos. Por ejemplo, se podría conectar la red propia y sus compañeros de clase quisieran que compartieran su información y recursos en red.

## 2.2. Redes de área local – LAN.

Si la red está contenida dentro de un área relativamente pequeña, como un salón de clases, escuela o edificio individual, tal como se muestra en la figura 2.2, comúnmente se la denomina red de área local (*Local Area Network, LAN*). Este tipo de red tiene el menor costo y la menor capacidad general de las tres clasificaciones geográficas. Debido a que los equipos en una LAN están relativamente cerca, las LAN no son costosas de instalar.

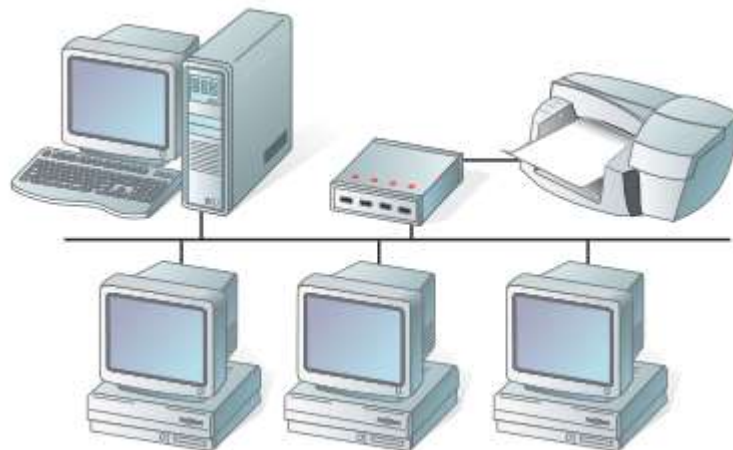


Figura 2. 2: Estructura de una red de área local (LAN).

Fuente: (Poellabauer, 2009)

A pesar de su capacidad disminuida, sin embargo, su cercanía y los bajos costos resultantes generalmente resultan en el uso de la tecnología más rápida en una LAN. Por lo tanto, esta clasificación de red generalmente tiene los componentes de mayor velocidad y el equipo de comunicaciones más

rápido antes de que las otras clasificaciones de red vean dicho equipo utilizando las mismas velocidades. Esto se debe a que se necesita menos inversión general para lograr que la red más pequeña ejecute el equipo más rápido. Las LAN, por lo tanto, se consideran comúnmente los bloques de construcción para crear redes más grandes.

### 2.3. Red de área metropolitana (MAN).

A medida que las computadoras se separan, una LAN se vuelve más difícil de instalar y es posible que se deban tomar medidas adicionales, como equipos de comunicaciones adicionales. Cuando la red abarca la distancia de una ciudad metropolitana típica, tal como se muestra en la figura 2.3, puede denominarse red de área metropolitana (*Metropolitan Area Network, MAN*).

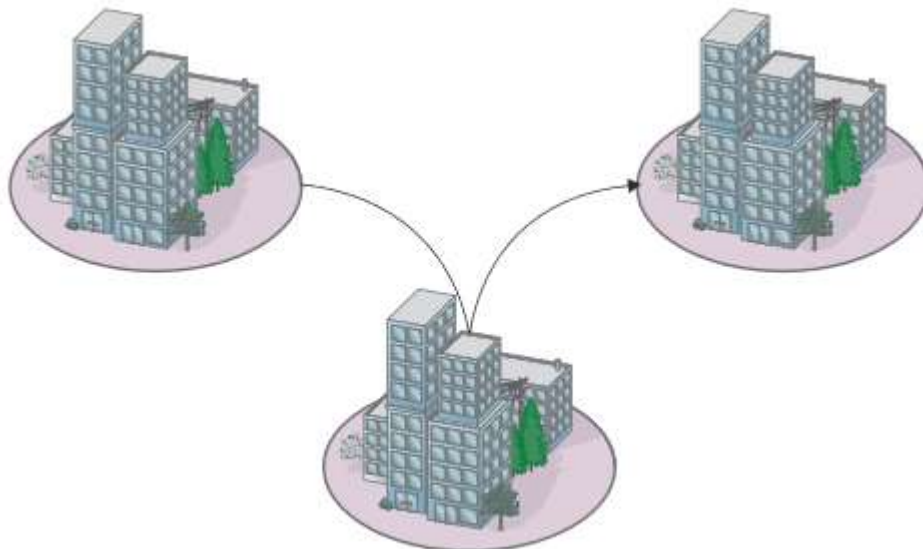


Figura 2. 3: Estructura de una red de área metropolitana (MAN).

Fuente: (Poellabauer, 2009)

Aunque este término está comenzando a perder su uso popular, el concepto de la red supera sus límites locales y requiere recursos adicionales. Gran parte de la misma tecnología, como los componentes de redes rápidas y los equipos de comunicaciones utilizados en las LAN, se pueden utilizar en los MAN, pero se requieren más, por lo que esta clasificación no es tan avanzada tecnológicamente como las LAN.

Aunque las velocidades alcanzadas en un MAN son típicamente tan altas como en una LAN, requiere conexiones de alta velocidad, como la fibra óptica.

El aumento de la distancia y los niveles de tecnología aumenta los costos relativos de instalación y operación de los MAN.

#### **2.4. Red de área amplia (WAN).**

El MAN supera su utilidad cuando la red debe expandirse más allá de los límites del área metropolitana típica. Cuando la red abarca un área mayor, como se muestra en la figura 2.4, se clasifica como una red de área amplia (*Wide Area Network, WAN*). Debido a las grandes distancias sobre las cuales se comunican las WAN, utilizan redes de telecomunicaciones de larga distancia para sus conexiones, lo que aumenta los costos de la red. Internet es solo una WAN gigante.

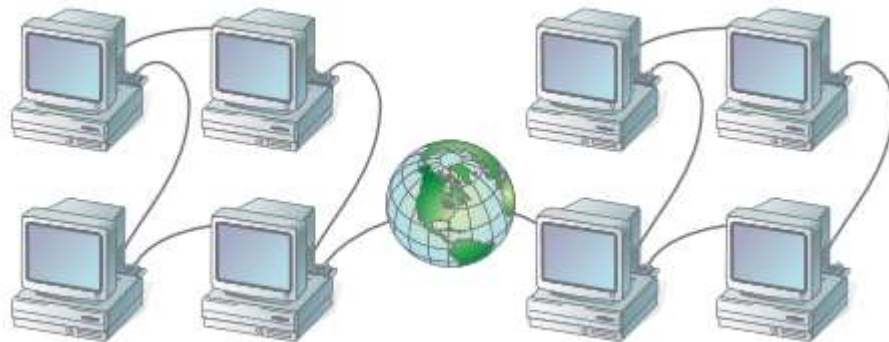


Figura 2. 4: Estructura de una red de área amplia (WAN).  
Fuente: (Poellabauer, 2009)

#### **2.5. La clasificación de las redes por los roles de componentes.**

Otro método utilizado para clasificar las redes se centra en los roles que juegan las computadoras en red en la operación de la red, y más específicamente en qué computadora controla esa operación. Hay dos tipos básicos de clasificaciones de roles para redes de redes punto a punto y redes basadas en servidor. La diferencia entre ellas es que gira en torno a qué computadora está a cargo de la red. Una tercera clasificación, las redes basadas en el cliente, ha surgido debido a las mayores capacidades de la computadora típica del cliente.

##### **2.5.1. Redes punto a punto (P2P).**

Todos los equipos en una red punto a punto (Peer to Peer, P2P) pueden considerarse iguales, tal como se muestra en la figura 2.5. Es decir, ninguna

computadora está a cargo de la operación de la red. Cada computadora controla su propia información y es capaz de funcionar como un cliente o un servidor, según sea necesario en ese momento.

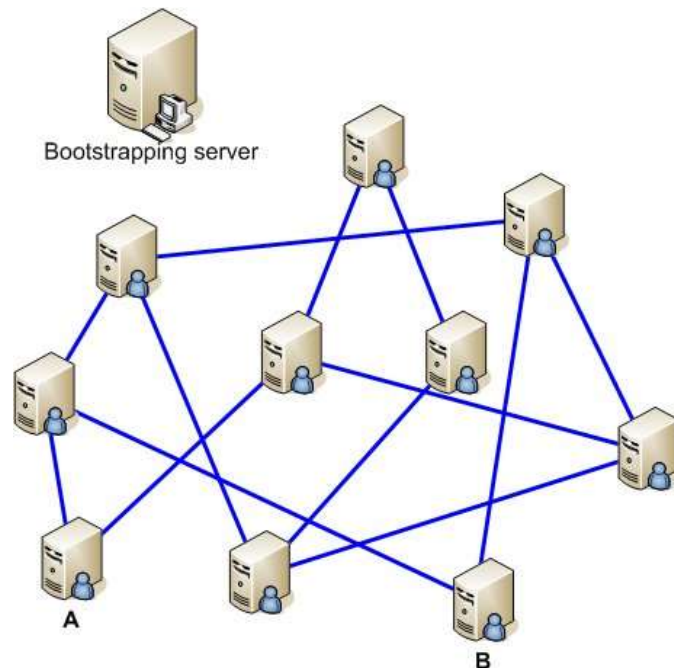


Figura 2. 5: Redes P2P descentralizadas no estructuradas.  
Fuente: (Saboori & Mohammadi, 2012)

Las redes P2P son populares como redes domésticas y se utilizan en pequeñas empresas porque son económicas y fáciles de instalar. La mayoría de los sistemas operativos (el software que ejecuta la funcionalidad básica de la computadora) viene con una capacidad de red de igual a igual integrada. El único otro costo involucrado con la configuración de una red P2P entra en juego si una computadora no tiene una tarjeta de interfaz de red o NIC (el dispositivo que conecta físicamente su computadora al cableado de su red), ya instalado.

Las aplicaciones de transmisión de medios en vivo son cada vez más populares cada día. De hecho, algunos canales de televisión importantes ya transmiten su contenido en vivo en Internet. En tal escenario, las aplicaciones punto a punto (P2P) son muy atractivas como plataformas para distribuir contenido en vivo a grandes poblaciones de clientes a bajo costo. En tales sistemas, los P2P intercambian el contenido de transmisión en vivo, generando una gran cantidad de datos. (Ferreira et al., 2016)

Como un nuevo esquema de computación distribuida, las redes punto a punto (P2P) están atrayendo cada vez más atenciones. Dado que cada nodo en una red P2P desempeña las dos funciones de recibir servicios como cliente y proporcionar servicios como servidor, se elimina el problema del punto único de falla en los sistemas clientes/servidores tradicionales. Un sistema P2P proporciona una plataforma de red con buena escalabilidad y tolerancia a fallas para muchas aplicaciones distribuidas, como los sistemas de intercambio de archivos, sistemas de colaboración, etc. (Meng & Liu, 2016)

### **2.5.2. Redes basadas en servidor.**

A diferencia de las redes punto a punto que operan sin control central y son difíciles de proteger, una red basada en servidor ofrece control centralizado y está diseñada para operaciones seguras, como se muestra en la Figura 1.10. Si bien todavía hay clientes y servidores en una red basada en servidor, un servidor dedicado controla la red. Un servidor dedicado es aquel que, a todos los efectos prácticos, opera únicamente como un servidor.

### **2.6. Capas en los modelos de red.**

Estos tres temas (LAN, IP y TCP) a menudo se denominan capas; que constituyen la capa de enlace, la capa de trabajo de Internet y la capa de Transporte, respectivamente. Junto con la capa de aplicación (el software que utiliza), forman el "modelo de cuatro capas" para redes. Una capa, en este contexto, corresponde fuertemente a la idea de una interfaz o biblioteca de programación, con el entendimiento de que una capa dada se comunica directamente solo con las dos capas inmediatamente superiores e inferiores.

Una aplicación entrega una porción de datos a la biblioteca TCP, que a su vez realiza llamadas a la biblioteca IP, que a su vez llama a la capa LAN para la entrega real. Una aplicación no interactúa directamente con las capas de IP y LAN en absoluto.

La capa LAN está a cargo de la entrega real de paquetes, utilizando direcciones proporcionadas por la capa LAN. A menudo se subdivide conceptualmente en la "capa física" que se ocupa, por ejemplo, de los mecanismos eléctricos, ópticos o de señalización analógica involucrados, y

por encima de esa capa LAN "lógica" abstraída que describe todas las operaciones digitales, es decir, no analógicas, en paquetes; tal como se muestra en la figura 2.1 la capa de una red de área local, o llamada LAN. La capa física generalmente es de interés directo solo para aquellos que diseñan hardware LAN; la interfaz del software del núcleo a la LAN corresponde a la capa lógica de la LAN.

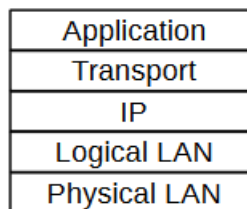


Figura 2. 6: Las diferentes capas de modelo de red.  
Elaborado por: Autor.

## 2.7. Velocidad de datos, rendimiento y ancho de banda

Cualquier conexión de red, por ejemplo, en la capa LAN, tiene una velocidad de datos: la velocidad a la que se transmiten los bits. En algunas LAN (por ejemplo, Wi-Fi) la velocidad de datos puede variar con el tiempo. El rendimiento se refiere a la velocidad de transmisión efectiva general, tomando en cuenta cosas como la sobrecarga de transmisión, las ineficiencias de protocolo y quizás incluso el tráfico de la competencia.

Generalmente se mide en una capa de red más alta que la velocidad de datos. El término ancho de banda se puede utilizar para referirse a cualquiera de estos, aunque aquí se utiliza principalmente como sinónimo de velocidad de datos. El término proviene de la transmisión de radio, donde el ancho de la banda de frecuencia disponible es proporcional, siendo todo lo demás igual a la velocidad de datos que se puede lograr.

## 2.8. La calidad de servicio (QoS).

Hasta ahora, Internet se ha presentado como un lugar donde todo el tráfico se envía con la mayor cantidad de esfuerzo y los enrutadores manejan todo el tráfico en pie de igualdad; de hecho, esto a menudo se ve como un aspecto fundamental de la capa IP. Los retardos y las pérdidas por congestión son casi universales. Para transferencias masivas de archivos esto suele ser

bastante suficiente; una forma de ver las pérdidas congestivas de TCP, después de todo, es parte de un mecanismo para garantizar la utilización óptima del ancho de banda disponible.

A veces, sin embargo, es posible que se desee que algo de tráfico reciba un cierto nivel mínimo de servicios de red. Se puede permitir que algunos remitentes individuales negocien dichos servicios por adelantado, o se puede otorgar un servicio preferencial a protocolos específicos (como VoIP). Tales arreglos se conocen como garantías de calidad de servicio (QoS) y pueden involucrar ancho de banda, retardo, tasas de pérdida o cualquier combinación de estos. Incluso los remitentes masivos, por ejemplo, a veces pueden desear negociar un plazo de tiempo para una cantidad específica de ancho de banda.

Si bien cualquier remitente podría estar interesado en los niveles de calidad de servicio, es una preocupación especialmente común para quienes envían y reciben tráfico en tiempo real, como voz sobre IP o videoconferencia. Es probable que los remitentes en tiempo real no solo tengan restricciones de ancho de banda, sino también restricciones de retraso y tasas de pérdida. Además, las aplicaciones en tiempo real pueden simplemente fallar, al menos temporalmente, si no se cumplen estas restricciones de ancho de banda, retraso y pérdida. En cualquier red, grande o pequeña, en la que el tráfico masivo a veces puede crear retrasos en la cola lo suficientemente grandes como para causar un retraso inaceptable, calidad.

Las garantías de servicio implican la cooperación de los enrutadores. Los enrutadores utilizarán los mecanismos de cola y programación de para reservar ancho de banda para el tráfico designado. Esta es una desviación importante del modelo clásico de Internet de enrutadores "sin estado" que no tienen información sobre conexiones o flujos específicos, aunque es una característica natural del enrutamiento de circuito virtual.

## Capítulo 3: Diseño y análisis de resultados

### 3.1. Descripción general del componente práctico.

En las siguientes secciones del presente capítulo, se examinarán diferentes aspectos de Opnet Modeler mostrando cómo se puede utilizar para resolver diferentes problemas y qué características tiene que pueden simplificarse para el usuario y acelerar el tiempo de ejecución de las simulaciones. Los dos escenarios examinados han sido cuidadosamente seleccionados para mostrar tantos aspectos diferentes de OPNET como sea posible y estar en un nivel de dificultad adecuado para los estudiantes y docentes de la carrera de telecomunicaciones en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

### 3.2. Diseño del escenario-1: modelado del protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior – IGRP.

En esta sección se utiliza el protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior (*Interior Gateway Routing Protocol, IGRP*). La figura 3.1 muestra el diseño del primer escenario para el modelo de red que será simulado sobre la plataforma Opnet Modeler. Aunque el presente escenario se puede modelar diferentes protocolos de enrutamiento, y la manera de hacerlo es muy sencilla que se lo realiza, por ejemplo, en el cuadro de diálogo Run-dialog--> IP Dynamic Routing Protocol. Hay que asegurarse de que la eficacia Sim de los protocolos seleccionados esté desactivada.

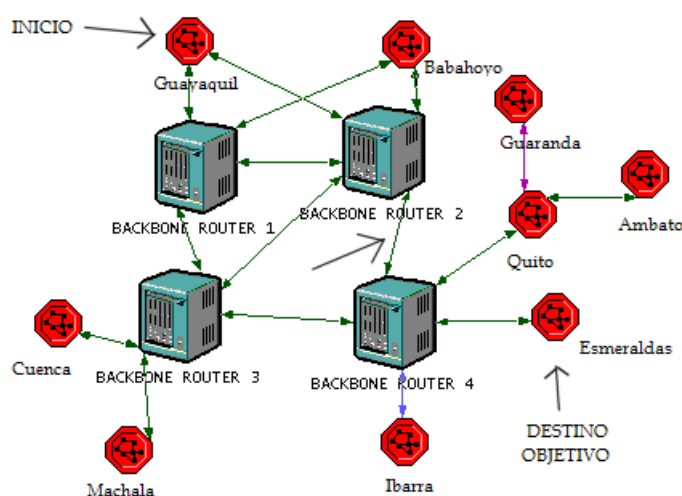


Figura 3. 1: Diseño del primer escenario de simulación utilizando IGRP, Elaborado por: Autor.



Otra forma es cambiar explícitamente el protocolo de enrutamiento en los puertos del enrutador deseado: seleccione el enrutador, Edit properties --> IP Address Information -> se debe seleccionar el protocolo de enrutamiento deseado en los puertos adecuados. Es importante escoger el cambio de los resultados de la simulación para Global Statistics--> IGRP -->Traffic Sent (bits/s) and Traffic Received (bits/sec).

La figura 3.2 muestra la ventana de configuración de parámetros de simulación del primer escenario de IGRP. El tiempo de duración de la simulación debe ser 1000 segundos, 100 valores por estadística, que son los más relevantes para la simulación. Los otros atributos y valores deben ser los que se muestran en la figura 3.2.

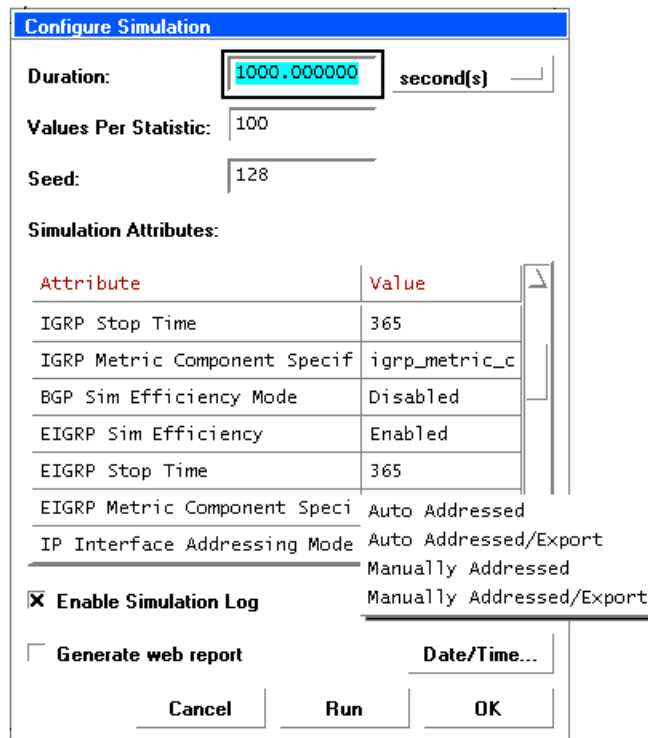


Figura 3. 2: Ventana de configuración de la simulación del primer escenario para IGRP.

Elaborado por: Autor.

La figura 3.3 muestra la tabla de tráfico del protocolo de internet (*Internet Protocol, IP*), en IP Ping Traffic, se crean cuatro filas con la IP 169.254.129.18 como destino. Después se ingresan los valores de tiempo de inicio para los diferentes destinatarios en una topología en estrella.

(IP Ping Traffic) Table			
Start Time (sec)	Destination	Pattern	Repetition Conf
10	(...)	Default	Once at Start 1
400	(...)	Default	Once at Start 1
700	(...)	Default	Once at Start 1
1,200	(...)	Default	Once at Start 1

4 Rows View Row Count Properties

Details Promote Delete Cancel OK

Figura 3. 3: Conexión de la antena al equipo Elvis III de NI.  
Elaborado por: Autor.

### 3.3. Diseño del escenario-2: modelado de calidad de servicio (QoS).

Un gran problema en la red actual en general y en Internet en particular es la combinación de la forma "primero en entrar, primero en salir" (*First in First Out, FIFO*) en la que los paquetes se transfieren y la caída de paquetes debido al desbordamiento de búfer por el tráfico que excede la capacidad de la red. Este último se introdujo para evitar la denegación de servicio degradando con gracia el servicio.

La única forma de garantizar una determinada calidad de servicio (*Quality of Service, QoS*) con FIFO es sobredimensionando los enlaces. Es un método muy costoso y no muy sabio en todas las situaciones: algunos protocolos de enrutamiento pueden enrutar más y más tráfico hacia el enlace "rápido", saturando así la QoS de todos modos. Los retardos variables incluso en una red IP descargada también pueden afectar negativamente a las aplicaciones en tiempo real.

Hay varias formas de lograr la calidad de servicio (QoS), por ejemplo, manteniendo y manipulando varias colas FIFO con diferentes prioridades (servicios diferenciados) en los enrutadores. Los paquetes entrantes se ordenan en las diferentes colas, según su clase de tráfico, parámetros (como el campo tipo de servicio del encabezado IP), el remitente o el destino. Las colas se vacían, por ejemplo, en una forma de turno ponderado para tratar ciertos paquetes mejor que otros paquetes.

Otra forma de lograr la calidad de servicio (QoS) es mediante la utilización de una reserva (servicios integrados) junto con un flujo: un host negocia con el enrutador más cercano, el enrutador negocia con el siguiente enrutador y así sucesivamente a lo largo de la ruta y todos ellos firman un contrato sobre un cierta QoS y entrega la respuesta con un mensaje de respuesta. El remitente envía una etiqueta de flujo en todos los paquetes para que los enrutadores puedan reconocerlos rápidamente y mantener su parte del contrato.

Los enrutadores deben tener cuidado de no ingresar contratos que juntos excedan su capacidad o el remitente no obtendrá la capacidad acordada y el remitente debe tener en cuenta el derecho de los enrutadores a soltar paquetes si llegan de una manera diferente de lo acordado en el contrato.

La calidad de servicio (QoS) debe seguir el principio de dejar la complejidad en los bordes y mantener el núcleo de la red simple. La multidifusión es una característica fundamental en un protocolo de QoS, pero es un asunto complejo. OPNET admite cinco políticas diferentes de QoS, que son:

- Protocolo de reserva, RSVP
- Tasa de acceso comprometida, CAR
- Colas personalizadas, CQ
- Cola de prioridad, PQ
- Colas justas ponderadas, WFQ

Dado que este segundo escenario es una comparación entre la calidad de servicio (QoS) para redes de paquetes acoplados (IP sobre Ethernet) y redes de circuitos virtuales conmutadas (IP sobre ATM), RSVP sería el más interesante porque se ejecuta directamente por encima de IP. Significa que todos los nodos con una pila IP admiten RSVP, incluso los nodos ATM y RSVP tiene un alto nivel de QoS, pero desafortunadamente no se prueba a RSVP, por lo que este escenario de simulación de QoS se basan solo en WFQ y tipo de servicio (*Time of Service, ToS*) en lugar de WFQ y RSVP.

### 3.3.1. Descripción para Ethernet.

En la figura 3.4 se muestra el ejemplo de Ethernet con clientes y enrutadores repartidos mientras el servidor y el enrutador se encuentran en otros sitios de la red propuesta. Todos los clientes acceden al servidor a través del protocolo de transferencia de archivos (*File Transfer Protocol, FTP*) y cada uno descarga en promedio 240 archivos de aproximadamente de 1 MB por hora, que en total es de aproximadamente 2100 kbps, o 2.1 Mbps.

Client\_0 tiene ToS = 0 (mejor esfuerzo), Client\_2 tiene ToS = 2 (esfuerzo estándar) y Client\_6 tiene ToS = 6 (voz interactiva). El objetivo de este escenario es demostrar cuándo se necesita QoS y cómo afecta el tráfico.



Figura 3. 4: Configuración experimental de QoS en Opnet Modeler.  
Elaborado por: Autor.

### 3.3.2. Enlace lento entre los enrutadores.

En este segundo escenario, el enlace entre los enrutadores es un enlace E1 (2.048 Mbps), que coincide bastante bien con el tráfico de 2.1 Mbps generado por los tres clientes. Todos los demás enlaces son enlaces Ethernet de 100 Mbps y no deberían afectar el tráfico en absoluto. Los clientes esperan inicialmente 100 segundos antes de enviar datos para que los enrutadores puedan establecer contacto e intercambiar información de enrutamiento.

El visor de animación se utilizará en este ejemplo para descubrir si hay diferencias en el retardo de la cola y entre los dos escenarios, y por qué. Para ello, es necesario hacer clic con el botón derecho en el fondo y habilitar "Grabar animación". Después de la simulación, selecciona Resultados ->

Reproducir animación y son examinadas con animaciones a 4:40 minutos. Es posible abrir ambas animaciones al mismo tiempo y compararlas en tiempo real. Desafortunadamente, el espectador de animación es muy tosco y carece de la capacidad de avanzar rápidamente a situaciones interesantes, por lo que se tarda aproximadamente una hora en llegar a las 3:00 en total a la velocidad más alta.

### **3.3.3. Enlace rápido entre los enrutadores.**

En el ejemplo anterior, el enlace entre los enrutadores se saturó varias veces durante la simulación y hubo grandes diferencias entre el tráfico con enrutamiento QoS y el tráfico con el mejor enrutamiento de esfuerzo. ¿Qué sucederá si se sobredimensiona mucho el enlace? ¿Todavía hay grandes diferencias? ¿Qué sucede si se incrementa 80% de tráfico en segundo plano en el enlace rápido?

El enlace entre los enrutadores se actualiza desde un enlace E1 a 2.048 Mbps a un enlace DS3 a 44.736 Mbps, o aproximadamente 22 veces más rápido. Con un 80% de tráfico en segundo plano, 8.95 Mbps todavía está disponible, un aumento de cuatro veces desde el enlace E1. Esta configuración debería darnos resultados interesantes en comparación con el ejemplo anterior.

Se evitará utilizar el enlace al 100%, o incluso cerca de eso, tratando de obtener retardos bajos y un alto rendimiento para todos los retardos variables incluso en una red IP descargada también pueden afectar negativamente a las aplicaciones en tiempo real.

## **3.4. Análisis de resultados de los escenarios diseñados.**

En esta sección se muestra los resultados obtenidos y sus respectivos análisis,

### **3.4.1. Análisis de resultados del escenario – 1: IGRP.**

Una simulación con IGRP toma aproximadamente 60 segundos y los gráficos se muestran en la figura 3.5. Desafortunadamente, IGRP se

encuentra con algún tipo de problema durante la falla del enlace y no se redirige el tráfico, lo que se refleja en el registro de la simulación:

- 1) A los 700 s: el temporizador de tiempo de espera de IGRP para la siguiente entrada de ruta ha caducado: Dirección de destino: 169.0.1.0 Dirección siguiente: 169.0.5.1 Esto indica que no se han recibido actualizaciones de enrutamiento para la entrada de ruta durante el tiempo establecido por el atributo "Valor de tiempo de espera de IGRP".
- 2) A los 829 s: la tabla de enrutamiento IP en este nodo no tiene una ruta al destino 169.0.18.2.
- 3) A los 1035 s: el temporizador de descarga IGRP para la siguiente entrada de destino ha caducado: Dirección de destino: 169.0.3.0 Esto significa que todas las entradas de ruta a este destino se eliminan de la tabla de enrutamiento.
- 4) A los 1200 s: el ping pasa a través de los enrutadores 2 y 4, pero el tráfico HTTP de fondo sigue teniendo problemas.

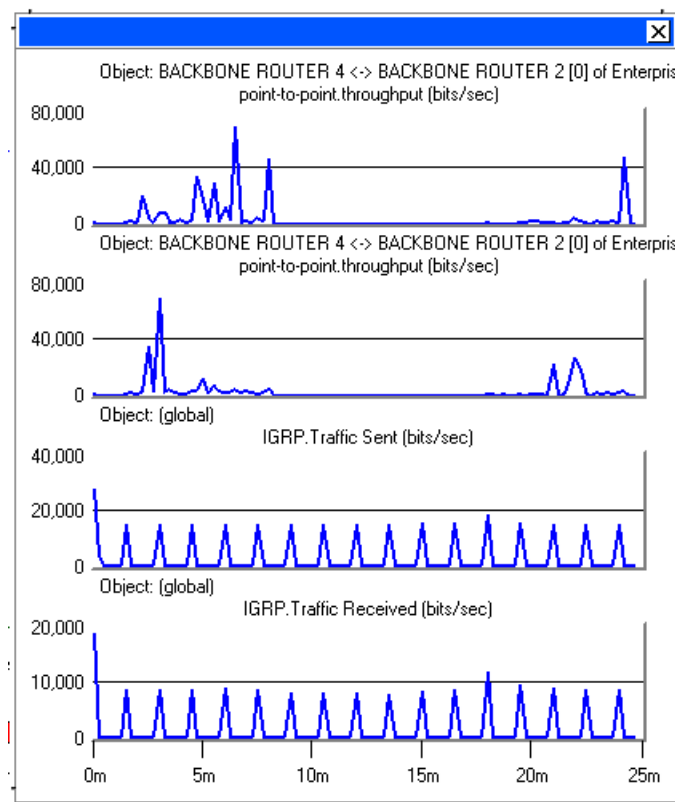


Figura 3. 5: Gráficas de IGRP de tráfico enviado y recibido.  
Elaborado por: Autor.

IGRP no maneja este tipo de red y la falla introducida empeora el envío de paquetes, lo que se puede ver en la figura 3.6, donde se caen muchos

paquetes durante la falla del enlace, además del paquete de ping inicial caído a los 10 segundos. Esto fortalece las teorías sobre el tiempo de propagación muy largo para obtener información sobre un enlace fallido para protocolos de vector de distancia. La figura 3.6 también muestra cuánto y con qué frecuencia se envían las actualizaciones a los nodos vecinos.

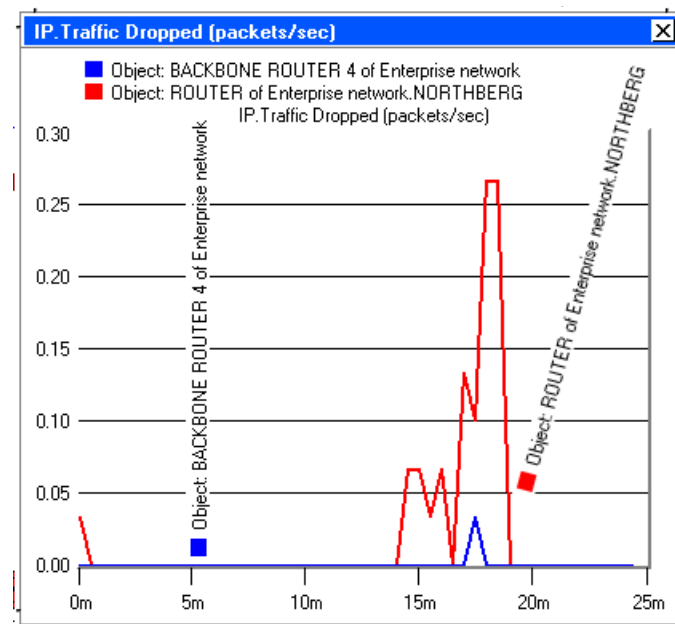


Figura 3. 6: Gráfica de paquetes perdidos para el escenario IGRP.  
Elaborado por: Autor.

### 3.4.2. Análisis de resultados del escenario – 2: calidad de servicio.

En esta sección se muestran los resultados obtenidos para las diferentes variantes diseñadas y analizar sus resultados.

#### a) Resultados con un enlace lento.

En la figura 3.7 y figura 3.8, el lector puede ver cómo se utiliza el enlace entre los enrutadores del Nodo\_2 al Nodo\_3 y cómo las colas se ven afectadas por la QoS. El enlace se utiliza al 100% en varias ocasiones en ambos escenarios, lo que se espera de la gran carga. Más sorprendente es la diferencia en el comportamiento del retardo de la cola en enlaces punto a punto (Peer-to-Peer). En el caso sin escenario de calidad de servicio (QoS), acumula un retardo de medio segundo y alcanza un pico de más de dos segundos durante el largo período de utilización del 100%, después de lo cual disminuye nuevamente a aproximadamente medio segundo. Para el

escenario con calidad de servicio (QoS) alcanza inmediatamente 0.006 segundos de retardo y lo mantiene allí durante toda la simulación.

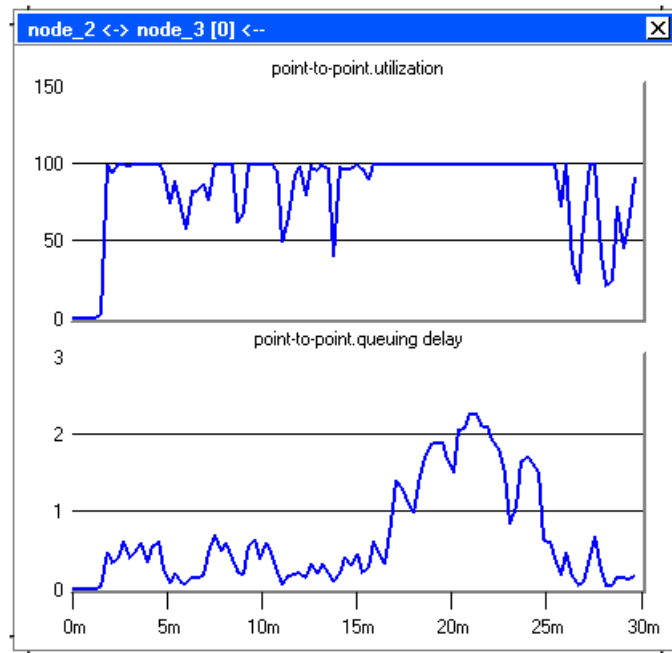


Figura 3. 7: Gráfica del enlace P2P de utilización y retardo de colas, sin escenario de QoS.

Elaborado por: Autor.

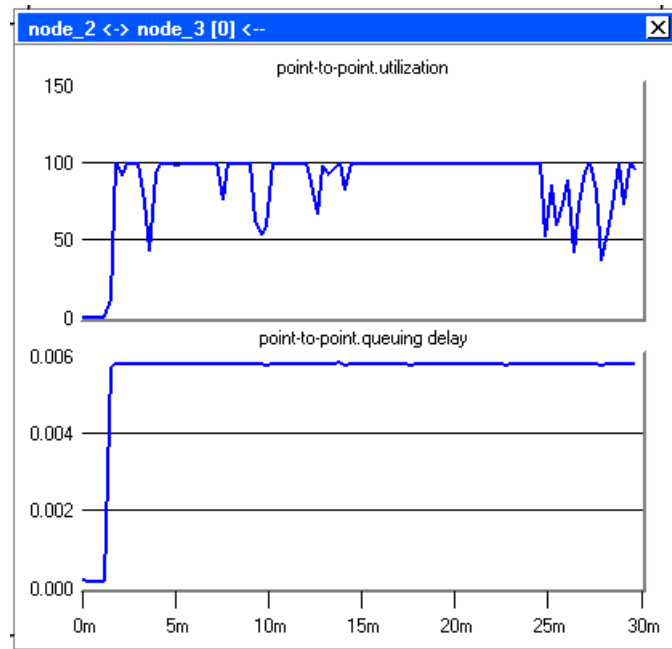


Figura 3. 8: Gráfica del enlace P2P de utilización y retardo de colas, con escenario de QoS.

Elaborado por: Autor.

La razón de este comportamiento se puede descubrir mediante un examen tedioso de las animaciones del tráfico en el visor de animación. Los



patrones de tráfico son muy similares en todos los aspectos, excepto por el tráfico muy intenso inicial del escenario de QoS (cuando el tráfico comienza después de 100 s). Después de 7 s de tráfico, QoS tiene 1800 como número de paquete, mientras que sin QoS solo tiene 580. La diferencia sigue creciendo hasta que la diferencia es de aproximadamente 2500 paquetes después de 10 s de tráfico. Esta diferencia se mantiene hasta aproximadamente 3 minutos de tráfico (4:40 tiempo total) cuando no se considera QoS disminuye su retardo en la cola, por lo tanto, disminuye la diferencia.

Esta diferencia en los números de paquetes no parece depender de una configuración defectuosa, porque la QoS es un "escenario duplicado" del escenario sin QoS (no\_QoS) y la única diferencia entre ellos es WFQ respectivamente FIFO como esquemas de colas IP. Puede ser el resultado de la gestión del búfer en los enrutadores: en no\_QoS el enrutador parece almacenar 0,5 s de datos que aumentan si se produce un cuello de botella, mientras que el enrutador configurado con QoS parece enviar los datos de inmediato con solo una sobrecarga de administración.

La gran diferencia entre el tráfico con QoS diferente se puede ver en las figuras 3.9 y 3.10. Sin QoS, todo el tráfico compite por los recursos disponibles en igualdad de condiciones (FIFO) y las variaciones entre los flujos son mínimas. En promedio, obtienen la misma capacidad y los mismos retardos, desde 20 s hasta un máximo de 40 s. Con QoS, el tráfico se divide en diferentes grupos con un comportamiento FIFO dentro del grupo, pero con una administración más avanzada entre los grupos, como se puede ver en la última figura 3.10: Client\_6 que tiene tráfico con alta prioridad mantiene un retardo constante de 10 s. Este mayor grado de servicio solo se puede lograr a expensas de otro flujo debido a la capacidad máxima limitada; Client\_2 tiene retardos algo más altos, pero aún más bajos que los de la figura 3.9 sin QoS.

El gran perdedor es Client\_0, que solo tiene un contrato para el tráfico en segundo plano, por lo tanto, casi solo tiene acceso al enlace cuando los otros clientes no lo están utilizando. Durante el período de utilización del

100%, se le niega casi totalmente el acceso al enlace de acuerdo con el diagrama de retardo que aumenta linealmente entre 18 minutos y 25 minutos, tal como se muestra en la figura 3.10.

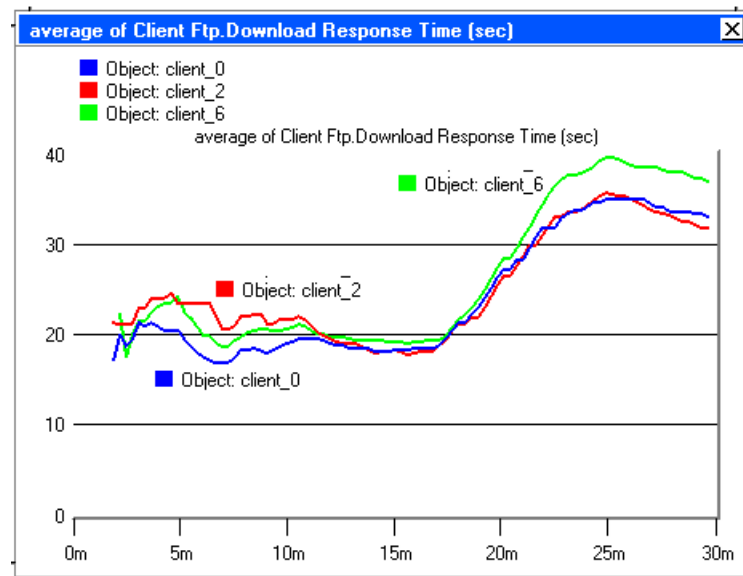


Figura 3. 9: Gráfica del tiempo promedio de respuesta FTP, sin QoS.  
Elaborado por: Autor.

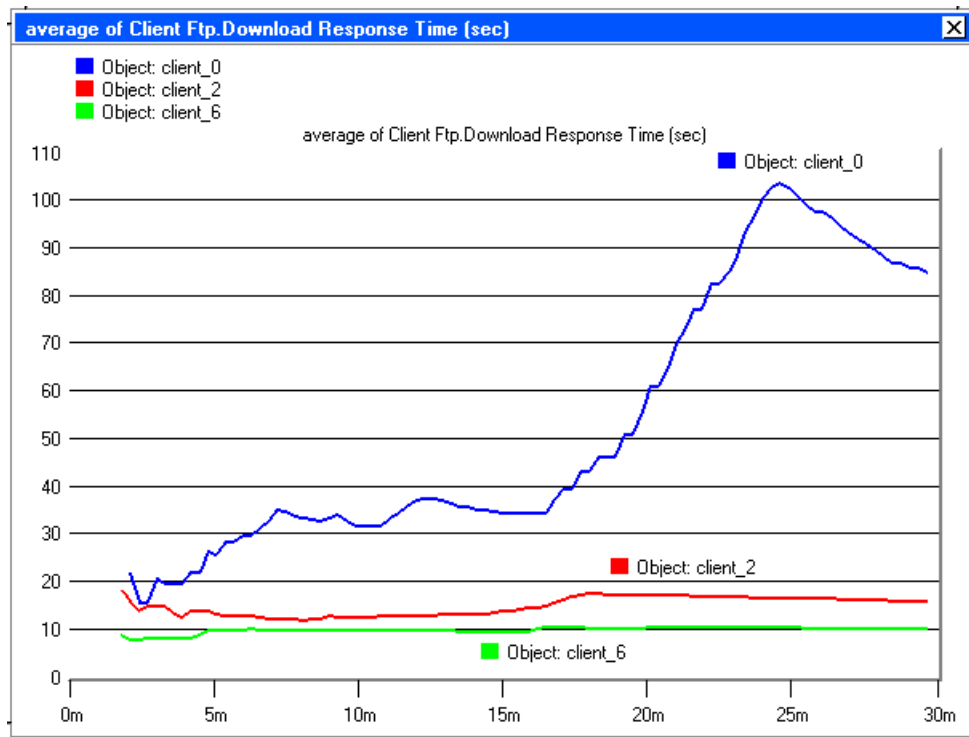


Figura 3. 10: Gráfica del tiempo promedio de respuesta FTP, con QoS.  
Elaborado por: Autor.

La figura 3.11 es interesante ya que muestra retardos promedio totales para cada escenario y el escenario con QoS tiene un tiempo de respuesta

promedio peor que el que no tiene QoS, debido a los muy altos retardos que sufrió el Cliente\_0 en el escenario con QoS. Si el tráfico del Cliente\_0 solo contiene tráfico independiente del retardo, como Noticias o Correo electrónico, es totalmente aceptable porque tanto el Cliente\_2 como el Cliente\_6 recibieron demoras mucho mejores que sus pares sin QoS.

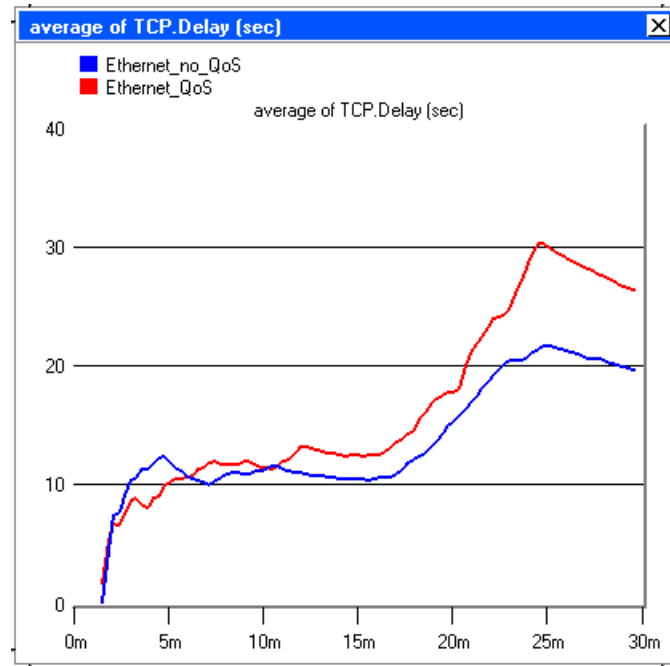


Figura 3. 11: Gráfica del tiempo promedio de respuesta FTP, QoS versus sin QoS.  
Elaborado por: Autor.

### b) Resultados con un enlace rápido.

La figura 3.12 y 3.13 compara el retardo de la cola de enlace entre los enrutadores del servidor a los clientes. En la figura 3.14, los altos retardos (0.3 a 1.5 segundos) se discutieron en el escenario anterior. Sin tráfico de fondo, los retardos para el enlace rápido con QoS son significativamente menores en ambos casos. El enlace rápido sin QoS tiene retardos cuatro veces mayores, 0.0015 s en comparación con 0.0004 s, y además los retardos son mucho más variados, lo que puede causar problemas en aplicaciones en tiempo real.

En el enlace lento con QoS tiene retardos 15 veces mayores a 0.0058 s. Se puede afirmar que las grandes disminuciones en el retardo de la cola se realizan con un enlace más rápido, tanto con y sin QoS en condiciones sin carga, pero son significativamente más bajas y constantes con QoS, por lo tanto, la declaración parece correcta.

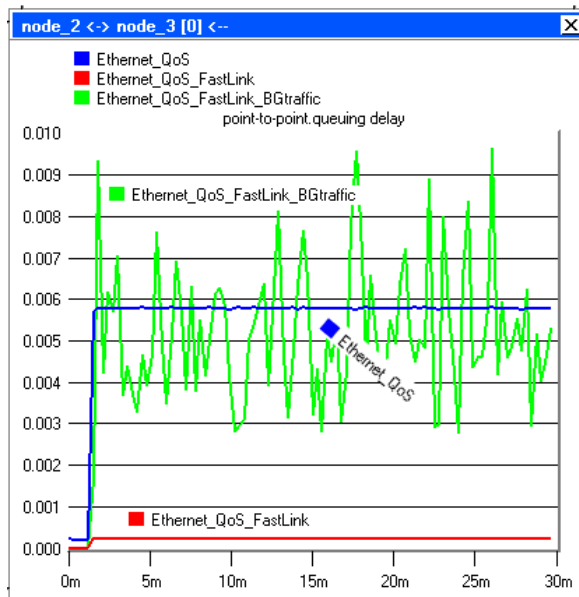


Figura 3. 12: Gráfica del retardo en la cola de enlace con QoS.  
Elaborado por: Autor.

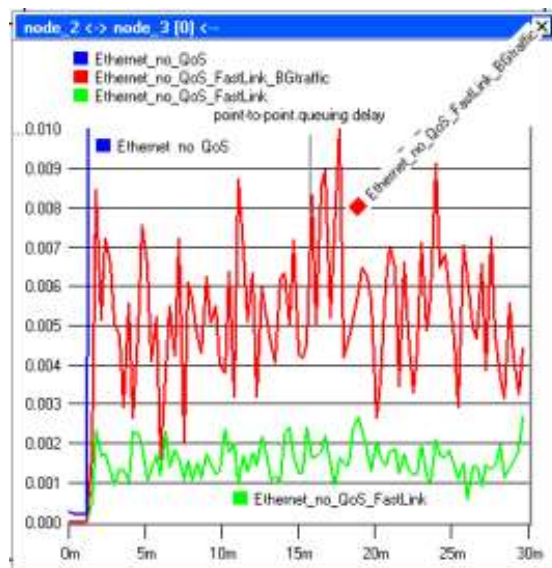


Figura 3. 13: Gráfica del retardo en la cola de enlace sin QoS.  
Elaborado por: Autor.

Al agregar un 80% de tráfico de fondo, la imagen se vuelve bastante diferente. El enlace rápido no está cerca de la saturación ¡aun así el rendimiento cae rápidamente! Comparando las figuras 3.12 y 3.13, el retardo promedio es de aproximadamente 0.006 s para todos los casos (enlace lento con QoS y enlace rápido con y sin QoS). Este es el peor escenario después de instalar un enlace 22 veces más rápido: con una configuración incorrecta del enrutador, se enruta más tráfico a través del enlace nuevo y rápido y no se logra un aumento de rendimiento.

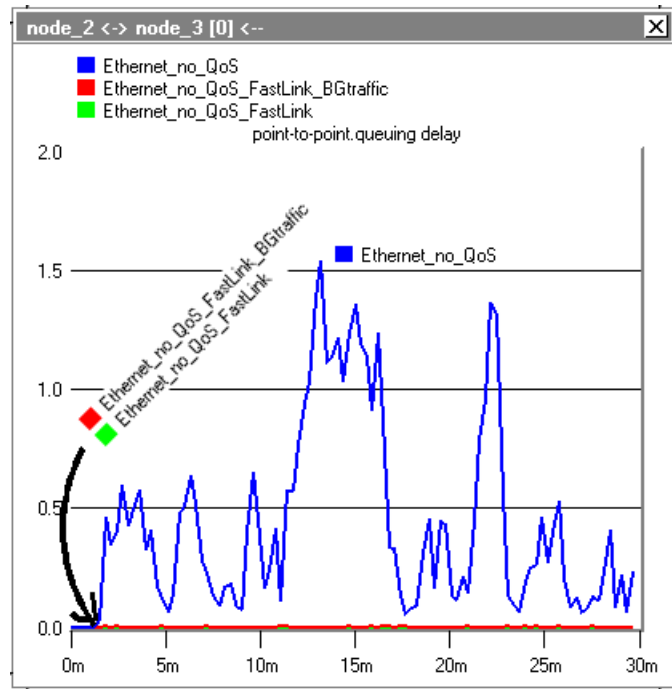


Figura 3. 14: Gráfica del retardo en la cola del enlace sin QoS.  
Elaborado por: Autor.

La figura 3.15 muestra cómo se utilizan tanto el enlace rápido como el lento con y sin QoS (los gráficos para el enlace rápido son idénticos). Muestra claramente cuán insuficiente es un enlace E1 para esta carga: los valores pico de la carga son aproximadamente el doble de su capacidad

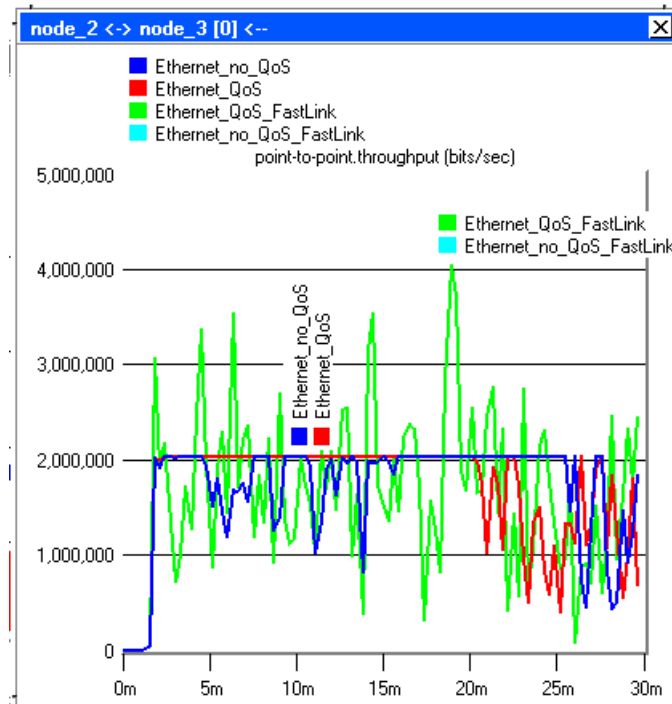


Figura 3. 15: Gráfica del rendimiento del enlace.  
Elaborado por: Autor.

Al comparar las diferencias en el tiempo de respuesta promedio para el tráfico, se examina la figura 3.16 a la figura 3.21. Las figuras 3.16, 3.18 y 3.20 contiene gráficos de los escenarios sin QoS y se ven muy similares. Las figuras 3.17, 3.19 y 3.21 contiene gráficos de los escenarios con QoS. Para cada caso se tiene los clientes con niveles coincidentes de QoS.

El tráfico en el enlace rápido tiene en todos los casos demoras de aproximadamente 9.5 s, mientras que el tráfico en el enlace lento en el mejor de los casos tiene aproximadamente 10 s de retardo, pero los picos son diez veces más altos.

La conclusión es que es posible que un enlace lento proporcione un tiempo de respuesta promedio similar para el tráfico con un alto nivel de QoS, pero solo si hay suficiente capacidad para ajustarse a ese tráfico en el enlace. Proporciona un rendimiento que es más constante cuando el enlace nunca está saturado.

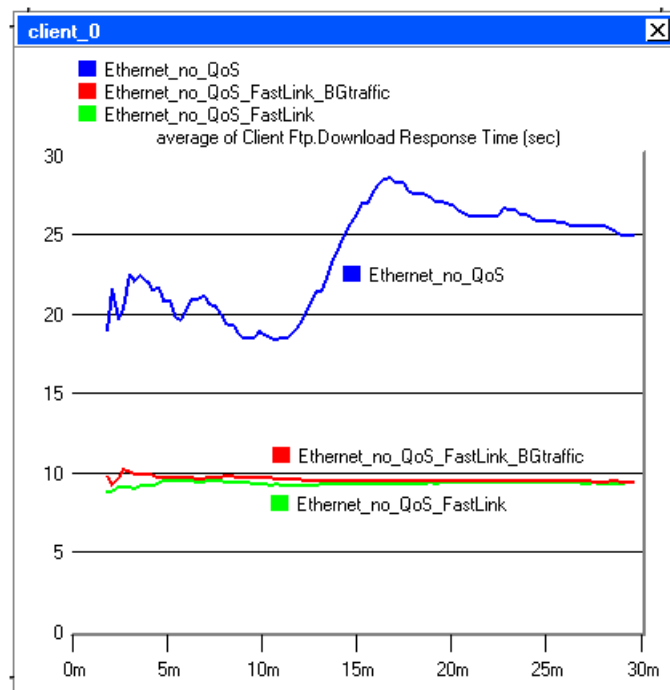


Figura 3. 16: Gráfica sin QoS para Client\_0.

Elaborado por: Autor.

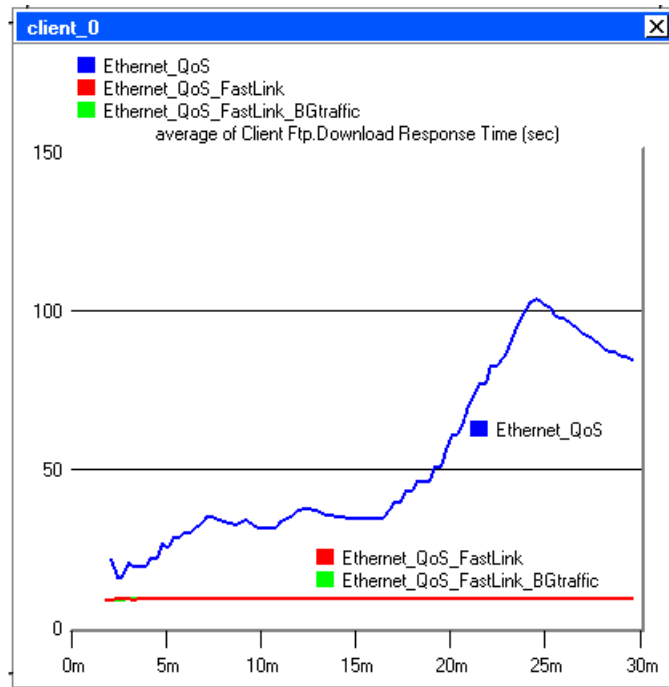


Figura 3. 17: Gráfica con QoS para Client\_0.  
Elaborado por: Autor.

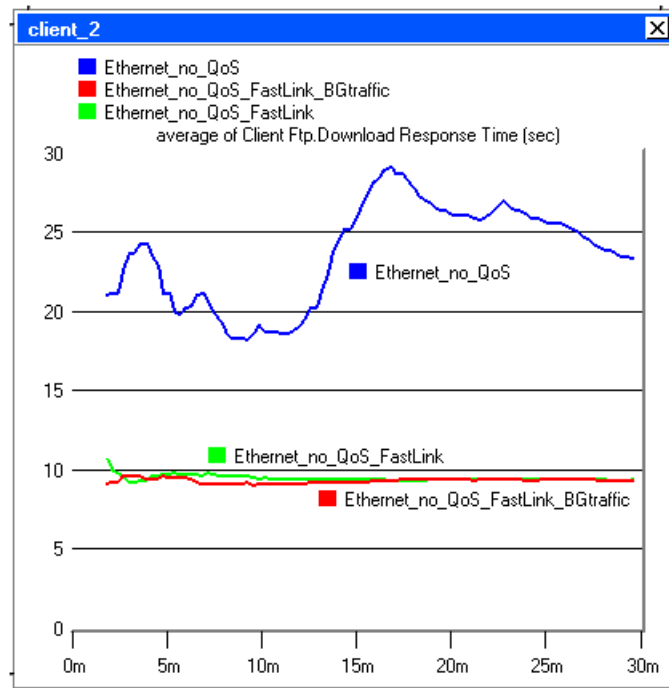


Figura 3. 18: Gráfica sin QoS para Client\_2.  
Elaborado por: Autor.

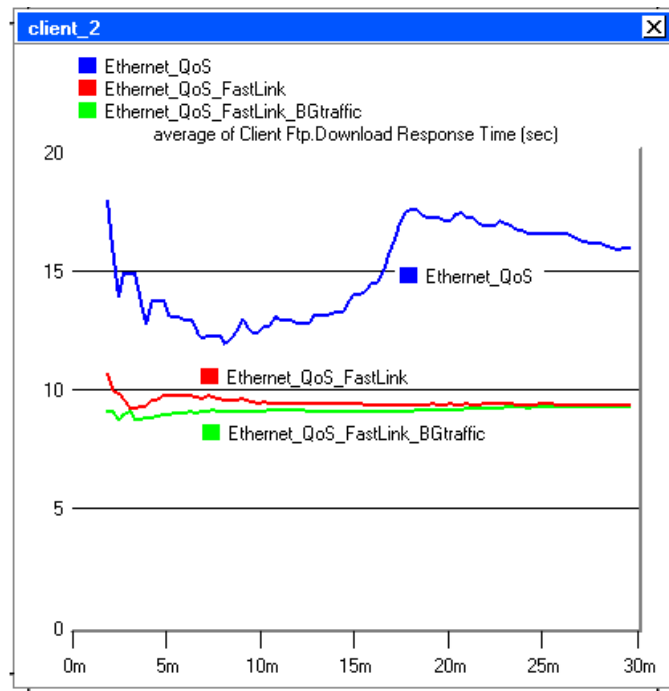


Figura 3. 19: Gráfica con QoS para Client\_2.  
Elaborado por: Autor.

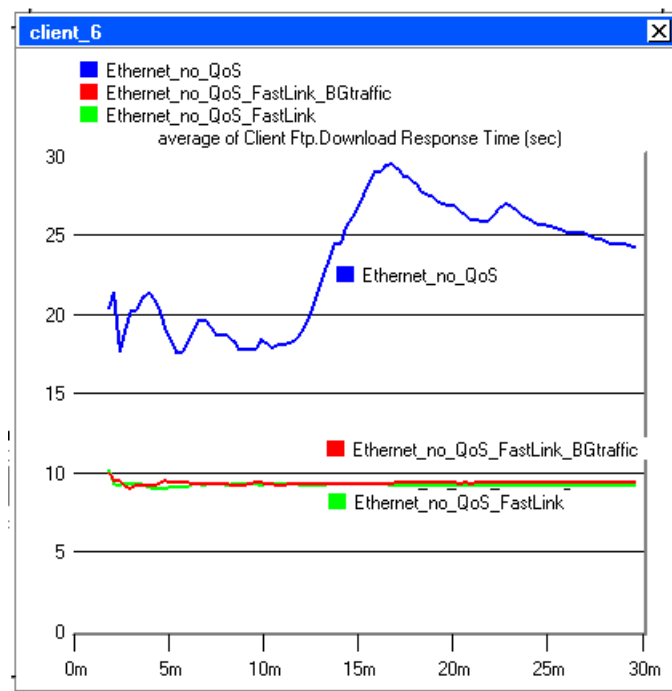


Figura 3. 20: Gráfica sin QoS para Client\_6.  
Elaborado por: Autor.



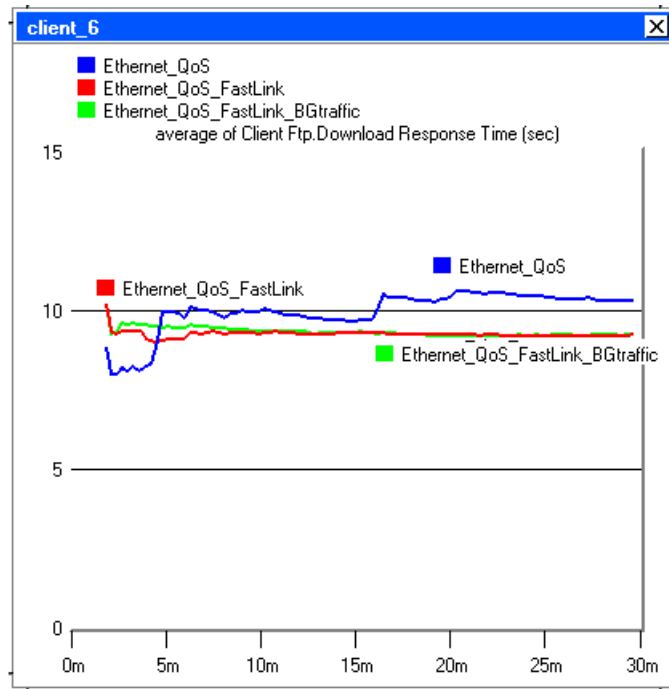


Figura 3. 21: Gráfica con QoS para Client\_6.  
Elaborado por: Autor.

## Conclusiones

La calidad de servicio (QoS) es necesaria en la mayoría de las redes para diferenciar entre diferentes tipos de tráfico. Algunos parámetros pueden mejorarse simplemente aumentando la capacidad disponible de los enlaces, pero a menudo es muy costoso y las simulaciones anteriores han mostrado poca o ninguna mejora en el retardo cuando el enlace rápido se carga normalmente, en comparación con una solución de QoS en una versión más lenta y enlace más barato. El tráfico con un alto valor de QoS puede reducir fácilmente a la mitad los retardos en las colas y los tiempos de respuesta en comparación con el tráfico sin QoS en un enlace rápido sin carga.

En cada simulación, el tráfico con QoS ha funcionado muy bien dentro de su categoría. El tráfico con calidad de "fondo" puede tener grandes retardos y bajo rendimiento, pero esos parámetros obviamente no son importantes para ese tráfico y deja espacio para mejoras significativas para otros tipos de tráfico.

## **Recomendaciones.**

La adquisición de la herramienta de simulación OPNET o RIVERBED MODELER ya que un paquete de software destinado a simulaciones de nivel de producción y tiene la capacidad de simular redes muy pequeñas y vastas redes con decenas de miles de usuarios, que se extienden a través de la Tierra o incluso a satélites interestelares.

Implementación del sistema de acceso múltiple de código disperso cognitivo basado en wavelet para redes de comunicación de ondas milimétricas 5G.

## Bibliografía.

- Dubey, J. (2012). Identification of Efficient Peers in P2P Computing System for Real Time Applications. *International Journal of Peer to Peer Networks*, 3(6), 1–11. <https://doi.org/10.5121/ijp2p.2012.3601>
- Ferreira, F. H., da Silva, A. P. C., & Vieira, A. B. (2016). Characterizing peers communities and dynamics in a P2P live streaming system. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12083-014-0307-x>
- Garg, S., Peddoju, S. K., & Sarje, A. K. (2016). Scalable P2P bot detection system based on network data stream. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 9(6), 1209–1225. <https://doi.org/10.1007/s12083-016-0440-9>
- Lescisin, M., & Mahmoud, Q. H. (2019). Ad-hoc messaging infrastructure for peer-to-peer communication. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 12(1), 60–73. <https://doi.org/10.1007/s12083-017-0628-7>
- Meng, X., & Liu, D. (2016). A traffic-efficient message forwarding approach in unstructured P2P networks. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 9(2), 255–265. <https://doi.org/10.1007/s12083-015-0326-2>
- Poellabauer, C. (2009). *Introducing Basic Network Concepts*. <https://www3.nd.edu/~cpoellab/>
- Saboori, E., & Mohammadi, S. (2012). Anonymous Communication in Peer-to-Peer Networks for Providing more Privacy and Security. *International Journal of Modeling and Optimization*, 217–221. <https://doi.org/10.7763/IJMO.2012.V2.114>

Sadiku, M. N. O., & Ilyas, M. (2018). *Simulation of local area networks*.  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1693707>



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **PIN RODRÍGUEZ, INGRI JESSENIA** con C.C: # 131470092-1 autor del Trabajo de Titulación: **Diseño de escenarios de simulación utilizando IGRP y calidad de servicio para enlaces punto a punto sobre la plataforma Opnet**, previo a la obtención del título de **INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 6 de marzo del 2020

f. \_\_\_\_\_

Nombre: PIN RODRÍGUEZ, INGRI JESSENIA

C.C: 131470092-1

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño de escenarios de simulación utilizando IGRP y calidad de servicio para enlaces punto a punto sobre la plataforma Opnet.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Pin Rodríguez, Ingri Jessenia		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	M. Sc. PACHECO BOHÓRQUEZ, HÉCTOR IGNACIO		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	6 de marzo del 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	33
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Fundamentos de comunicación, Sistemas Telemáticos		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	IGRP, Redes, Capas, P2P, QoS, Protocolos		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>El presente trabajo es el desarrollo del componente práctico del examen complejo y el propósito de este fue realizar el diseño de escenarios de simulación utilizando IGRP y calidad de servicio para enlaces punto a punto (P2P) sobre la plataforma Opnet. Este trabajo demuestra los conocimientos adquiridos en el salón de clases durante todo el trayecto de la formación de Ingeniera en Telecomunicaciones. La primera parte se realiza la descripción del componente práctico (introducción, objetivo general y objetivos específicos). La segunda parte se describe los aspectos teóricos de las redes de computadoras, tipos de redes, las capas del modelo de una red y de la calidad de servicio. La tercera parte, es la parte práctica donde se realizan dos escenarios de simulación para una red punto a punto (P2P) utilizando el protocolo IGRP y de la calidad de servicio. Después, se evalúan los resultados y se discuten con y sin QoS en la red modelada.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-9-95975135	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:ingri_pin2096@hotmail.com">ingri_pin2096@hotmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> +593-9-67608298		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			