ANÁLISIS DE DESEMPEÑO CON RESPECTO AL JITTER Y DELAY, EN REDES SOPORTADAS EN MPLS, BGP Y OSPF TRANSMITIENDO VIDEO SOBRE IP

CRISTIAN ANDRÉS CUESTA MARTÍN
CÓDIGO: 2101376
Estudiante de Ingeniería de Telecomunicaciones

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2014

ANÁLISIS DE DESEMPEÑO CON RESPECTO AL JITTER Y DELAY, EN REDES SOPORTADAS EN MPLS, BGP Y OSPF TRANSMITIENDO VIDEO SOBRE IP

CRISTIAN ANDRÉS CUESTA MARTÍN
CÓDIGO: 2101376
Estudiante de Ingeniería de Telecomunicaciones

Directora:
ING. MAYRA LILIANA SALCEDO GONZÁLEZ
Ingeniera de Telecomunicaciones
MASTER OFICIAL EN TECNOLOGÍAS, REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Asesor:
ING. JULIO ERNESTO SUAREZ PÁEZ
Ingeniero de Telecomunicaciones
MAGISTER EN ING. DE TELECOMUNICACIONES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2014

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Bogotá D.C._____

DEDICATORIA

A mis padres Francisco Cuesta y Clara Martin les dedico este proyecto de grado, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan, por todo su amor y confianza al permitirme realizar mis estudios en otra ciudad. A mi abuelo Carlos Borromeo Cuesta Murillo que aunque no esté en este mundo terrenal, siento que nos acompaña y se encuentra orgulloso de haber dejado su legado con mi padre y ahora con su nieto.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fortaleza de afrontar nuevos ciclos de mi vida, a mis padres y hermanos quienes hicieron parte de inicio a fin en esta etapa de mi vida, a todos los ingenieros de la facultad de ingeniería de telecomunicaciones en especial a mí directora la Ing. Mayra Salcedo y mi asesor el Ing. Julio Suarez quienes hicieron parte de mi formación intelectual y personal durante estos años y me hicieron participe de este proyecto de grado.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS

Pág.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad gracias al avance científico y tecnológico se han creado diferentes métodos para comunicar y compartir información, por esta razón van incrementado los servicios requeridos por los usuarios, como video sobre IP, este en particular, es uno de los más solicitados. Por esta razón, los servicios de telecomunicaciones como voz, mensajería y video se han integrado para satisfacer al usuario final, lo que indudablemente despierta un gran interés en los operadores de servicios de telecomunicaciones, creando planes de servicios los cuales, antes de ser ofrecidos, requieren que el prestador del servicio deba realizar un estudio acerca de los protocolos de enrutamiento con mejor comportamiento en la red.

De acuerdo con lo anterior, se usará la herramienta de software libre GNS3 que emula redes complejas y para su funcionamiento utiliza software como Dynamips, VirtualBox y Qemu (CISCO); y los routers Huawei adquiridos por la universidad, donde se diseñarán tres escenarios: una red corporativa basada en OSPF; una red de operador basada en MPLS con QoS (Calidad de servicio) y sin QoS y una red pública basada en BGP. En estas redes se emitirá video con tráfico Unicast, para posteriormente identificar cuál de los escenarios emulados con GNS3 y los equipos Huawei tiene un mejor comportamiento, con el uso de un sniffer confiable de tráfico de red como Wireshark.

Al tener estos escenarios se pretende encontrar los valores cuantitativos del Jitter y Delay, cuando un cliente solicita el servicio de video, para identificar cuál de estos escenarios tiene un mejor comportamiento, emitiendo video y tráfico de carga sobre la red. Esto con el fin de implementar múltiples servicios con el uso de la infraestructura de operador con la que cuenta la Universidad Santo Tomás para fines académicos.

Cabe destacar que esta implementación generará conocimientos dentro de la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones, dado que las variables de estudio como el Jitter y el Delay, generan inconvenientes a diario en aplicaciones en tiempo real como lo es el video; e indudablemente molestias para los usuarios de este tipo de servicios, por lo que se pretende responder a los objetivos y necesidades que se presentan actualmente en estas tecnologías.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El enfoque problemático de este proyecto está orientado a establecer cual red tiene mejor desempeño al analizar el comportamiento de una red corporativa basada en OSPF, una red de operador basada en MPLS con QoS y sin QoS y una red pública basada en BGP, con el fin de transportar servicios de video, recreando redes y servicios prestados por los operadores de telecomunicaciones con criterios de diseño y políticas de QoS para analizar y minimizar el Jitter y Delay, un factor inherente en las redes planteadas en este proyecto.

La pregunta problema que se pretende resolver con este trabajo de grado es:

¿Cuál red entre MPLS (con QoS y sin QoS), BGP y OSPF, plantea la mejor opción en un posible escenario de diseño con respecto al desempeño de Jitter y Delay, emitiendo video con tráfico Unicast y direccionamiento IPv4?

Para resolver esta pregunta se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Se transmitirá video en redes basadas en MPLS (con QoS y sin QoS), BGP y OSPF con los cuales se emularán los siguientes tres escenarios: una red corporativa basada en OSPF, una red de operador basada en MPLS y una red pública basada en BGP, con lo que se pretende identificar en qué porcentaje es diferente un escenario con respecto al otro, dado al efecto negativo que el Jitter y Delay produce al emitir video en las redes.

- Actualmente la universidad Santo Tomás cuenta con equipos de telecomunicaciones marca HUAWEI, que soportan los protocolos de enrutamiento planteados en este proyecto, funcionando como un operador de telecomunicaciones.

3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente los sistemas de telecomunicaciones cuentan con diferentes arquitecturas entre las cuales se encuentran redes que usan protocolos de enrutamiento como MPLS, BGP y OSPF transportando video, siendo uno de los principales servicios requeridos por los usuarios, por ejemplo: según un estudio realizado en junio de 2014 por CISCO, en el 2018 el tráfico de video en conexiones fijas y móviles alcanzará los 1.6 Zettabytes (CISCO). Por esta razón es necesario identificar cuál de los escenarios tiene un mejor comportamiento con respecto al análisis del Jitter y Delay en las redes más usadas por los operadores de telecomunicaciones. Para verificarlo se plantearán diferentes escenarios donde se emularán con herramientas conocidas y confiables como GNS3, donde se podrá diseñar la topología y configurarla con los tres tipos de protocolo de enrutamiento.

Por lo anterior resulta indispensable analizar el comportamiento de una red corporativa basada en OSPF, una red de operador basada en MPLS con QoS y sin QoS y una red pública basada en BGP, porque son las más usadas actualmente por los operadores de telecomunicaciones. Por esta razón se emitirá video con tráfico Unicast, permitiendo realizar una comparación del comportamiento del Jitter y Delay, con el fin de identificar cual tiene mejor comportamiento.

El proyecto justifica el estudio del desempeño de la redes anteriormente mencionadas, identificando el Jitter y Delay en redes basadas en MPLS con QoS y sin QoS, BGP y OSPF las cuales tienen un desplieguen considerable en redes de operadores (MPLS), públicas (BGP) y corporativas (OSPF) actualmente usadas, por lo que resulta importante analizar y disminuir el Jitter y Delay, siendo parámetros inminentes en todo tipo de comunicación.

Dado que en la consulta bibliográfica realizada en fuentes formales, el Jitter y Delay tiene efectos negativos como se denota en los artículos (Mark Claypool), (Yuan-Chi Chang), (U. Iñaki), (Tadashi Takamiya), (Z. Wenwu), su evaluación

resulta relevante para identificar cuál de estos escenarios tiene un mejor comportamiento con respecto a servicios como video. Finalmente, son empleadas estas variables porque posiblemente al usar los modelos de calidad de servicio se esperaría la disminución del Jitter y el Delay, generando un mejor comportamiento en la red y una experiencia superior para el usuario que requiera el servicio.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Determinar cuál red tiene mejor desempeño, con respecto al Jitter y Delay entre sistemas MPLS con QoS y sin QoS, BGP y OSPF al trasmitir video.

4.2 Objetivos Específicos

- Realizar una revisión bibliografica para construir un estado del arte del desempeño de en redes MPLS con QoS y sin QoS, BGP Y OSPF transmitiendo video.
- Diseñar experimentos que permitan identificar cual escenario tiene mejor comportamiento con respecto a Jitter y Delay, al trasmitir video en redes MPLS con QoS y sin QoS, BGP y OSPF.
- Identificar herramientas de software idóneas y confiables para ejecutar el proyecto.
- Emular los escenarios diseñados en redes MPLS con QoS y sin QoS, BGP y OSPF, para realizar medidas de Jitter y Delay, determinando cuál de los escenarios tiene mejor desempeño con respecto al análisis de estas variables.
- Analizar y publicar los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto.

5 ESTADO DEL ARTE

Para dar inicio al proyecto se debe profundizar en los temas relacionados, para así obtener las bases suficientes y realizarlo correctamente, a continuación se presenta el marco teórico donde se evidencian los temas más importantes.

5.1 Trabajo previo

En la búsqueda realizada no se encentraron trabajos que investiguen puntualmente el objeto de estudio de este proyecto de grado, pero se encontraron algunos documentos con investigaciones afines en sistemas MPLS (Lee), BGP (Tielei Zhang), (Beben) y OSPF (Zhen Quin).

5.2 IPv4

El significado de las siglas en español es protocolo de internet versión 4, las direcciones IP están conformadas por cuatro octetos de 8 bits cada uno, este protocolo usa direcciones de 32 bits, delimitándola a $2^{32} = 4.294.967.296$ direcciones únicas (Rey, 1981).

IPv4 es un protocolo de nivel de red no orientado a conexión, no confiable. En cas o de haber problemas, se espera que el nodo involucrado descarte el paquete. De bido a que un paquete debe transitar por varios nodos, posiblemente siguiendo un camino que no necesariamente es el mismo que el usado por otros paquetes, los datos enviados pueden llegar en desorden. IPv4 no intenta corregir el orden de los paquetes (Rey, 1981).

Las características de IPv4 hacen que Internet sea principalmente una red “best ef fort”, o sea que no provee ninguna garantía sobre el tráfico, aunque haciendo su mejor esfuerzo para asegurarse que los datos lleguen a destino (Rey, 1981).

Características

- Garantía de datos nula
- No realiza corrección de datos
- Los paquetes pueden ser entregados en desorden

Tabla 1. Opciónes de la cabecera del protocolo IPv4

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Seguridad	Especifica que tan secreto es el datagrama.
Enrutamiento escrito desde el origen	Indica la ruta completa a seguir
Enrutamiento libre desde el origen	Da una lista completa de los enrutadores que no deben evitarse.
Registrar ruta	Hace que cada enrutador agregue su dirección IP
Marca de tiempo	Hace que cada enrutador agregue su dirección y su marca de tiempo.

Fuente: ***IETF. Internet Protocol****. Marina del Rey, California:* RFC 791, 1981.

5.2.1 Clases de direcciones IP

Las direcciones IP pueden ser de diferentes tipos o clases (A, B, C, D y E). Una re de clase A se reserva, generalmente para los gobiernos, aunque también llego a hacerse para empresas trasnacionales. Las direcciones de clase B se otorgan a medianas empresas. Los usuarios “normales” usaran direcciones de clase C, las direcciones de clase D se usan para multidifusión (*multicast*) y las direcciones clase E se reservan únicamente para investigación. Se pierde así un importante rango de direcciones IP debido a que hubo una mala asignación de los bloques de direcciones clase A dando a instituciones, gobiernos y universidades más direcciones de las que realmente necesitaban. Los números de direcciones de red

los administra la ICANN (Corporación de Internet para la Asignación de Nombres y Números) a fin de evitar conflictos (Alvares).

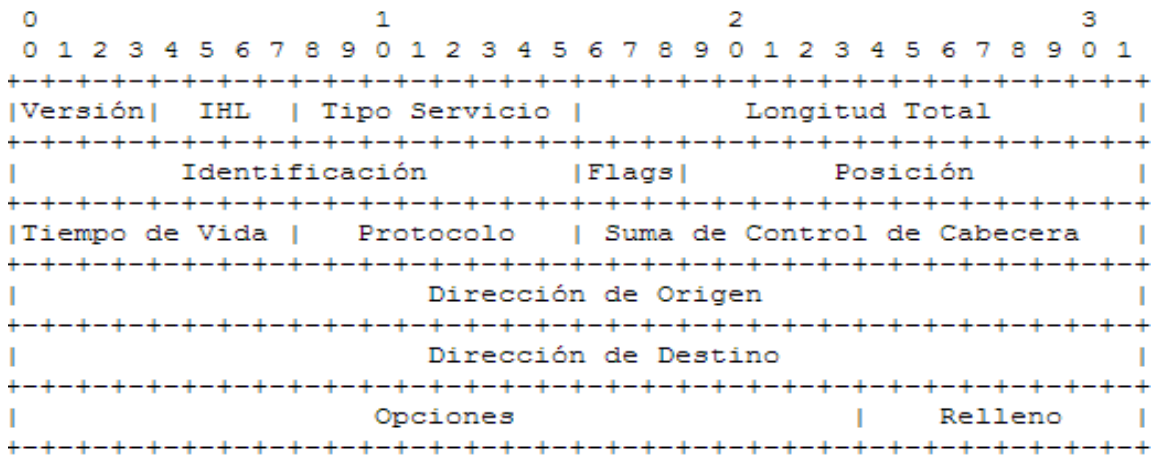
- **Clase A.** Permite hasta 128 redes con 16 millones de host cada una. El primer octeto identifica la red y los tres restantes se asignan a los host (Alvares).

- **Clase B.** Clase B. Permite 16,382 redes con hasta 64k hosts. Los dos primeros octetos para identificar, los dos restantes para asignar a los hosts (Alvares).

- **Clase C.** Permite 2 millones de redes (tipo LAN) de hasta 256 hosts cada una (aunque algunas son especiales). Aquí se toman tres para identificar a la red y el último se asigna a los hosts (Alvares).

- **Clase D.** Permite multidifusión. Abarca las direcciones224.0.0.0 a la 239.255.255.255 o La dirección de IP menor es 0.0.0.0 y la mayor es 255.255.255.255 (Alvares).

Figura 1. Descripción de la cabecera de protocolo IP



Fuente: *IETF.Internet Protocol.* Marina del Rey, California : RFC 791, 1981

Cada símbolo (-) representa un bit.

- **Versión (4 bits):** El campo "*Versión*" describe el formato de la cabecera internet. En este caso se describe el protocolo IP versión 4 (Alvares).

- **IHL (4 bits):** Longitud de la Cabecera de Internet (*Internet Header Length*), es la longitud de la cabecera en palabras de 32 bits, por lo tanto apunta al comienzo de los datos. Nótese que el valor mínimo para una cabecera correcta es 5 (Alvares).

- **Tipo de Servicio: 8 bits.** Su finalidad es distinguir entre diferentes clases de servicios. Son posibles varias combinaciones de confiabilidad y velocidad. Por ejemplo, para voz es preferible la entrega rápida a la entrega precisa. Para transferir ficheros importa más la entrega libre de errores que la velocidad. Los 5 bits de menos peso (de derecha a izquierda) son independientes e indican características del servicio como el costo, la fiabilidad, el rendimiento y el retardo. Los 3 bits restantes manejan la prioridad de los mensajes, ´esta aumenta a medida que el número formado por estos 3 bits lo hace, y van desde 000: De rutina o 001: Prioritario, hasta 111: Control de red (Alvares).

- **Longitud Total. 16 bits**: Aquí se incluye el tamaño de todo el datagrama: tanto el encabezado como los datos, la longitud máxima es de 65,536 bytes. En caso de fragmentación este campo contendrá el tamaño del fragmento, no el del datagrama original (Alvares).

- **Identificación. 16 bits**: Este campo es necesario para que el host de destino determine a que datagrama pertenece un fragmento que llega. Todos los fragmentos de un datagrama contienen el mismo valor de identificación (Alvares).

Tabla 2. Descripción de los Bits principales

Bit 0:	No se utiliza, debe ser 0
Bit 1:	Si tiene el bit 0 es divisible, si es 1 entonces es no divisible. En este caso si el paquete necesita ser fragmentado, no se enviara
Bit 2:	Si el bit está en 0 indica que es el único fragmento del datagrama, si es 1, es fragmentando intermedio (le siguen más fragmentos)

Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

En la tabla 1 se puede observar los valores relativos en una fragmentación de paquetes llamados indicadores (DF, MF), 3 bits

- **Desplazamiento de Fragmento. 13 bits:** En paquetes fragmentados indica la posición. El primer paquete de una serie de fragmentos contendrá en este campo el valor 0 (Alvares).

- **Tiempo de Vida (TTL). 8 bits:** Es un contador que limita la vida de los paquetes. Se supone que cuenta el tiempo en segundos, permitiendo una vida máxima de 255. En la práctica, indica el máximo número de enrutadores que un paquete puede atravesar. Cada vez que da un salto, disminuye su valor en, como mínimo, una unidad. Cuando llegue a ser 0, el paquete será descartado. Esto evita que los datagramas permanezcan indefinidamente por la red (Alvares).

- **Protocolo. 8 bits:** Indica el protocolo de las capas superiores al que debe entregarse el paquete, esto es, qué hacer con el datagrama que está manejando. Estos protocolos pueden ser TCP, UDP, etc. cada uno de ellos tiene un numero definido (Alvares).

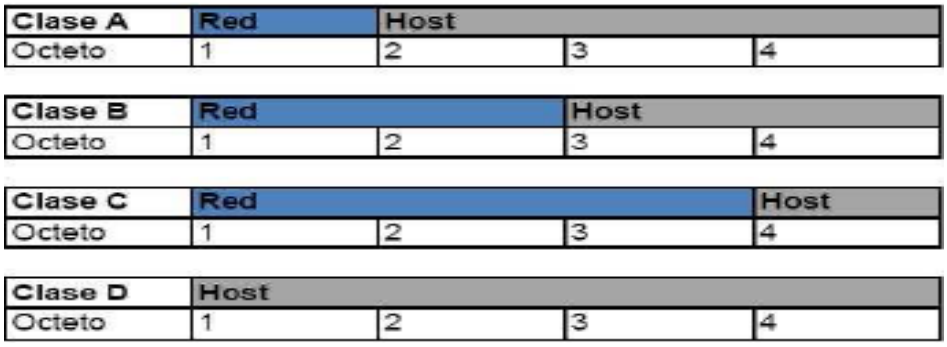
- **Suma de verificación del encabezado. 16 bits:** Verifica únicamente el encabezado, permite controlar su integridad para establecer si se ha modificado durante la transmisión. La suma de comprobación es la suma de todas las palabras de 16 bits del encabezado (excluyendo el campo suma de comprobación). Esto se realiza de tal modo que cuando se suman los campos de encabezado, se obtenga un número con todos los bits en 1Debe ejecutarse en cada salto (Alvares).

- **Dirección IP de origen. 32 bits**: indican el número de red y el número de host del remitente y permiten que el destinatario responda.

- **Dirección IP de destino. 32 bits**: indican el número de red y el número de host del destinatario.

- **Opciónes**: variable. Se diseñó para proporcionar un recurso que permitiera que las versiónes subsiguientes del protocolo incluyeran información no presente en el diseño original. Originalmente se definieron cinco opciónes (Tabla 2).

Figura 2. Esquema de las clases de direcciones IP



Fuente: **Oscar Ávila Mejía.** *Departamento de Ingeniería eléctrica UAM-I*

5.3 UDP

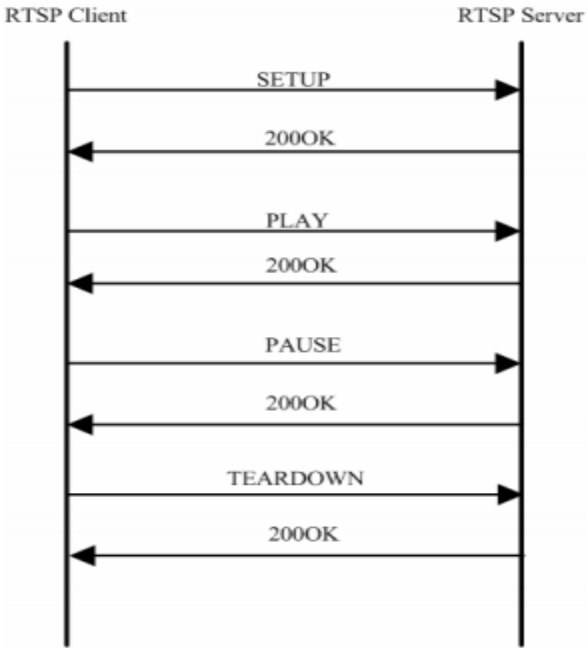
UDP es el protocolo de datagramas de usuario para el intercambio de paquetes, pero no garantiza la llegada de los paquetes como si lo hace el protocolo TCP (Boulevard Wilson, 1981), pero en aplicaciones como video streming se recomienda usar el protocolo UDP ya que usa otro protocolo como RTSP (Real Time Streaming Protocol) y seria molesto para el usuario si en una emision se pierde un paquete la repoduccion se detuveria esperando la llegada del paquete perdido, si fuera el caso de TCP; UDP no produce retardo de retransmisión, por esta razon lo hace atractivo para aplicaciones sensibles como el video. Un paquete UDP consiste en una cabecera y la carga útil, otra de las caracteristicas de UDP es que emplea una comprobación de redundancia cíclica (CRC) para verificar la integridad de los paquetes; Por lo tanto, se puede detectar cualquier error en la cabecera del paquete o carga útil. Si se detecta un error, el paquete se declara perdido y se desecha.

5.4 RTSP

RTSP proporciona control de la capacidad de las redes por ejemplo cuando se transmite un servicio como el de video el servidor y el cliente son capaces de obtener la descripción del recurso construyendor el enlace de la sesión el control del video como se plantea en el ejemplo y así sucesivamente intercambiando el mensaje RTSP.

Mensajes RTSP pueden caracterizarse en dos regiones: la solicitud y la respuesta. En términos generales, mensaje de solicitud que contiene el método RTSP es de extremo a extremo de cliente a servidor y entonces el servidor devuelve la respuesta que comprende un código de estado usado para indicar particularmente la respuesta a la solicitud correspondiente. Como se muestra en la figura 3, la mayoría de los mensajes de petición de RTSP.

Figura 3. Ejemplo de flujo RTSP



Fuente: **Yong Liu,** *Desing and implementation of performance testing utility for RTSP Streaming media server*

5.5 MPLS

MPLS es una técnología común usada entre los grandes ISPs (Proveedores de servicio de Internet) utilizando una red de capa 2 (ATM o FR) para gestionar una red.En este enfoque a menudo llamada la solución de superposición, una malla completa de circuitos virtuales conecta la red troncal IP.Esto sirve para evitar la agregación que se produce por el encaminamiento salto a salto en un backbone IP con enrutamiento de destino en base. en este enfoque de los flujos se pueden dirigir de forma individual a través de la topología de capa 2 (k. Shuaib). Pero el inconveniente es el problema de la escalabilidad y de que un solo fallo de enlace puede resultar en docenas de circuitos virtuales, obligando a los protocolos deenrutamiento IP ordenar los procesos. Una de las soluciones para este problema puede ser la relación entre las capas 2 enlace y la de red IP de capa 3 (M. Porwal).Esta solución es MPLS, un conjunto de procedimientos para combinar el rendimiento, la calidad de servicio y gestión del tráfico de la etiqueta de

intercambio de capa 2 con la escalabilidad y la flexibilidad de la capa 3 estableciendo una funcionalidad de enrutamiento (M. ema).

MPLS (Multiprotocol Label Switching) es una extensión del protocolo de Internet (IP). Mediante la adición de nuevas capacidades a la arquitectura IP, MPLS permite el soporte de nuevas funciones y aplicaciones (M. ema).

5.5.1 MPLS Operación LSR (Label Switching Router)

El LSR que lleva a cabo los servicios diferenciales, solicita un procedimiento de tres pasos. Estos tres pasos básicos son la clasificación, la cola, y la programación. Como llegaron los paquetes de la etiqueta adjunta en los puertos de entrada, la etiqueta de entrada se utiliza para identificar el reenvío de clase equivalente FEC (Forward Error Correction) (RFC, RTP PAYLOAD FORMAT FOR GENERIC FORWARD ERROR CORRECTION , 2007) y la etiqueta correspondiente para extraerlo. La etiqueta de salida reemplazará la etiqueta de entrada del paquete. A continuación, sobre la base de la etiqueta de salida y FEC, el paquete se envía a la cola de salida correspondiente en el que el multiplexor de programación decide el orden de salida, el tiempo, y el puerto de salida para que el paquete pueda ser enviado.

La configuración de la LSR se realiza mediante los protocolos de señalización (CR-LDP y RSVP-TE).

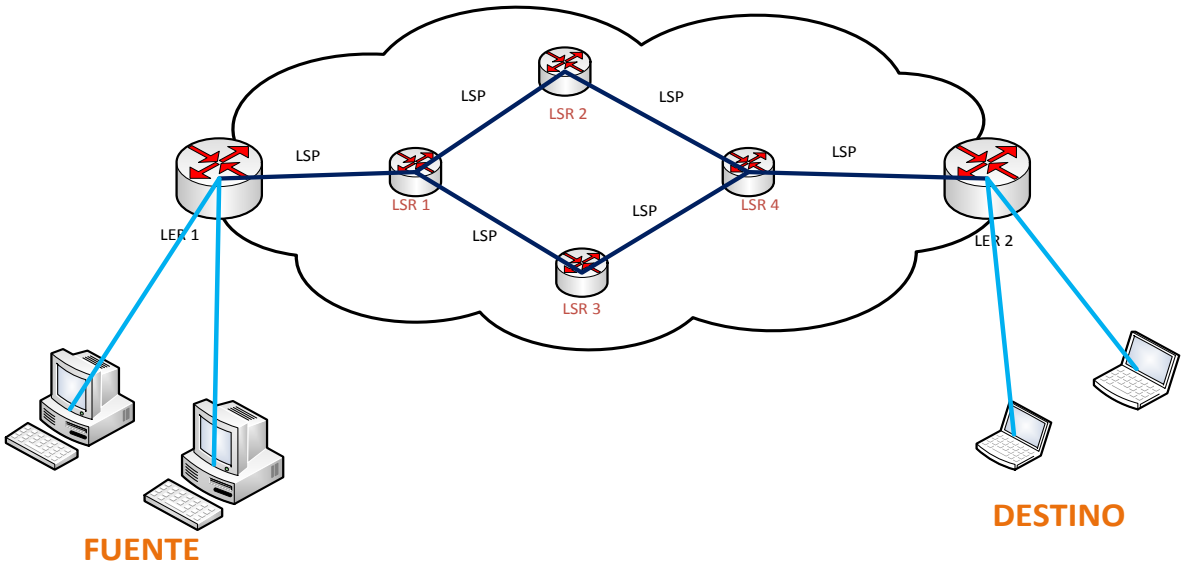
5.5.2 Arquitectura MPLS

En una red MPLS, los paquetes se reenvían hop by hop sobre LSP (Label Switched Paths) (4206, 2005), basado en el enrutamiento de longitud de etiquetas fijas se realiza sólo en los routers de borde LER (Label Edge Router) (RFC, Label Edge Router Forwarding of IPv4 Option Packets, 2011), los paquetes de datos se conectan a los routers LSR (Label Switch Router) (RFC, Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Switching Router (LSR) Management Information Base

(MIB), 2004), en consecuencia, se mejora la velocidad de reenvío. Sobre la base de las etiquetas, MPLS proporciona la gestión del flujo, ingeniería de tráfico y la calidad de servicio (K Nguyen).

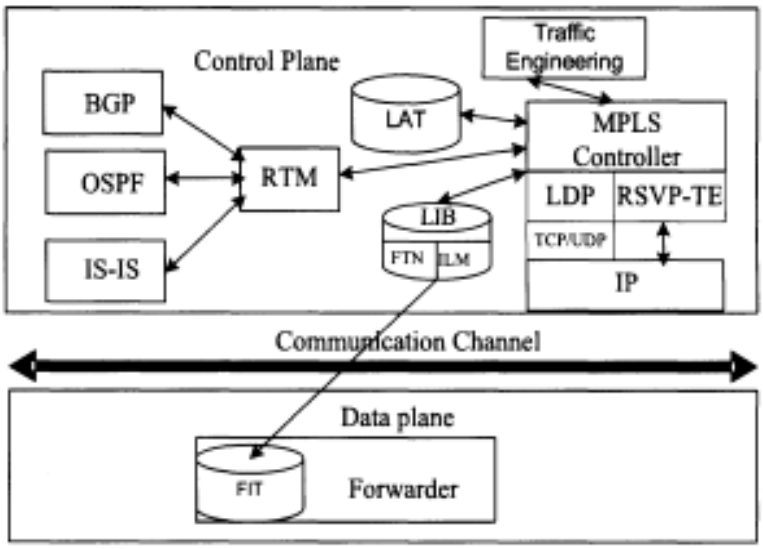
Los paquetes que comparten los mismos criterios de reenvío, por ejemplo, que experimentan el mismo retardo o llevan la misma etiqueta MPLS, se enrutan utilizando la llamada clase de equivalencia de reenvío FEC. Un LSP es una combinación de un FEC y una etiqueta. Con el fin de definir los LSP entre routers en una red (K Nguyen).

Figura 4. Arquitectura MPLS



Fuente: **CISCO,** *A Distributed and Scalable MPLS Architecture for Next Generation Routers* (K Nguyen).

Figura 5. Arquitectura genérica del módulo de MPLS



Fuente: A Distributed and Scalable MPLS Architecture for Next Generation Routers (K Nguyen).

5.5.3 VPN L3

Las VPN capa tres funcionan en redes soportadas en MPLS, esta es una tecnología de red troncal IP que proporciona la estrategia de gestión de red conveniente y eficiente para las grandes empresas dado el rápido desarrollo de las redes de computadoras, la construcción de redes con eficiencia se está poniendo adelante mejorando los servicios prestados y la calidad de experiencia que al final es lo que les interesa a los usuarios que requieren este tipo de servicios. Muchos defectos en las redes se han podido contrarrestar con la VPN mejorando aspectos como la escalabilidad, la seguridad, la garantía de calidad del servicio y otros aspectos. La tecnología VPN sobre MPLS recibe amplia atención por los operadores de telecomunicaciones que brindan servicios a entidades corporativas. En este campo de investigación fabricantes como ZTE, Cisco, HUAWEI realizan este tipo de estudios para ofrecer los productos que soporten este tipo de características a otras empresas de telecomunicaciones. Las tecnologías relacionadas, tales como MPLS TE y MPLS VPN Lay 3 y así sucesivamente se han vuelto indispensables. MPLS L3 VPN ofrece flexibilidad en el modo de red y una buena expansibilidad, por lo tanto, se vuelve más aplicaciones en la

construcción de la red VPN. Usando el sistema de gestión de VPN sobre MPLS para implementar redes que brinden servicios con mejor calidad.

5.6 BGP (Border Gateway Protocol)

Border Gateway Protocol (BGP) intercambian una gran cantidad de mensajes de actualización debido a los cambios constantes de la topología de Internet. Cada orador BGP añade uno nuevo y elimina rutas inviables. Por lo tanto, el BGP se caracteriza por los cambios continuos de las tablas de enrutamiento. Durante el proceso de convergencia BGP, puede intercambiar mensajes con sus compañeros durante varias iteraciones hasta que encuentre la mejor ruta (N. Laskovic).

El final del proceso de convergencia BGP para un solo destino se define como el instante en que todos los sistemas BGP en una red dejan de generar mensajes de actualización para el destino específico. El tiempo de convergencia BGP para un solo destino se define como el tiempo transcurrido entre el instante en que se envía el primer mensaje de actualización que contiene un cambio de alcance de destino y el instante en que se reciben todos los mensajes de actualización correspondientes. Para minimizar el número de mensajes de actualización y reaccionar adecuadamente a los cambios en la topología de Internet, BGP implementa límites de la velocidad mediante el uso de temporizadores MRAI. La duración predeterminada de una ronda MRAI es 30 s y es controlado por temporizadores MRAI. Sin embargo, los fabricantes pueden usar otros valores para la duración de la ronda MRAI. Por ejemplo, la configuración por defecto de Juniper establece MRAI a 0 s (N. Laskovic).

5.7 IS-IS

En los últimos años, el protocolo de enrutamiento IS-IS se ha convertido cada vez más popular, con un uso generalizado entre los Proveedores de Servicios. Es un protocolo de estado de enlace, que permite una convergencia muy rápida con gran escalabilidad. También es un protocolo muy flexible y se ha ampliado para incorporar características a MPLS (O. Sharon).

Sistema intermedio a sistema intermedio (IS-IS) es un protocolo potente y flexible a menudo se consideraba como una prospectiva para las redes IP medianas y grandes. El despliegue IS-IS en redes IP ofrece un conjunto completo de los conceptos relacionados con el diseño y el funcionamiento de este protocolo en el entorno IP (O. Sharon).

IS-IS está diseñado para proporcionar la funcionalidad de enrutamiento. Por lo general, los protocolos de enrutamiento admiten sólo un protocolo de capa de red normalmente de capa 3 del modelo de referencia OSI. Por lo tanto, cuando se utilizan los routers para proporcionar conectividad para protocolos de Capa 3, por lo general se configuran con diferentes protocolos de enrutamiento para cada tipo de protocolo de capa 3 que sea compatible. Pero IS-IS es compatible con los protocolos de capa de red del modelo ISO (L. AmbrosoliL).

Cada enrutador IS-IS distribuye información acerca de su estado local, tales como interfaces usables y vecinos alcanzables, y el costo de la utilización de cada interfaz a otros routers mediante un mensaje de unidad de datos de estado de enlace de carga útil. Cada router utiliza los mensajes recibidos para construir una base de datos idéntica que describe la topología del sistema autónomo, A partir de esta base de datos, cada router calcula su propia tabla de enrutamiento utilizando una ruta más corta o el algoritmo de Dijkstra (N. Jasika) . Esta tabla de enrutamiento contiene todos los destinos del protocolo de enrutamiento, asociados a un próximo hop, dirección IP y la interfaz de salida. El protocolo vuelve a calcular rutas cuando cambia la topología de la red, utilizando el algoritmo de Dijkstra, y

minimiza el tráfico de protocolo de enrutamiento que genera. IS-IS Proporciona soporte para múltiples caminos de igual coste. Se proporciona una jerarquía de múltiples niveles de modo que la información sobre la topología está dentro de un área definida. Esto permite un nivel adicional de protección de enrutamiento y una reducción en el tráfico de protocolo de enrutamiento. Todos los intercambios de protocolo pueden ser autenticados de manera que sólo los routers de confianza pueden unirse en los intercambios de enrutamiento (L. AmbrosoliL).

5.8 OSPF (Open Shortest Path First)

Open Shortest Path First (OSPF) es un protocolo de enrutamiento de gateway routing, eficiente y más rápido que RIP, pero también más complejo. Cuando un router está encendido envía paquetes de saludo a todos sus vecinos, recibe sus paquetes de saludo a cambio, y establece las conexiones de enrutamiento mediante la sincronización de bases de datos con los routers que están de acuerdo para sincronizar (A. Mishra).

Cuando un router está encendido envía paquetes de saludo a todos sus vecinos, recibe sus paquetes de saludo a cambio, y establece las conexiones de enrutamiento mediante la sincronización de bases de datos con los routers que están de acuerdo para sincronizar intervalos regulares, cada router envía un mensaje de actualización denominando su "estado de enlace" que describe su base de datos de encaminamiento a todos los otros enrutadores, de manera que todos los routers tienen la misma descripción de la topología de la red local. Cada router calcula entonces una estructura de datos matemática llamada un "árbol de ruta más corta" que describe el camino más corto para cada dirección de destino y, por tanto, indica que el enrutador más cercano para enviar a cada comunicación. El número de cálculos que deben realizarse, dando paquetes de estado de enlace N es proporcional a n log n debido a que los problemas de rendimiento aumentan con un nuevo cálculo de protocolo de enrutamiento (R. Rastogi).

5.9 Jitter

Jitter es uno de los parámetros críticos en los canales de comunicación de datos. En la tecnología en tiempo real, en un largo perdido puede tener consecuencias graves al realizarse una comunicación. Todos los sistemas de tiempo real tienen un cierto nivel de Jitter (una variación en la sincronización real) (M. Ishak) . En sistemas de tiempo real como el video y VoIP particularmente, Jitter debe ser mínimo para que el rendimiento del sistema se pueda garantizar al establecerse una comunicación. En los sistemas de comunicación de alta velocidad, Jitter generalmente degrada el rendimiento. Jitter se utiliza para expresar la cantidad de latencias individuales y tienden a empeorar el rendimiento de la red (M. Kaur).

Una posible solución a estos problemas es emplear la fluctuación de fase, una deliberada variación aleatoria en el tiempo. Esta fluctuación se emplea en los intervalos de transmisión para mensajes regulares donde se reducen en un límite pequeño de cantidad aleatoria con el fin de sincronizar transmisores y por lo tanto evitar la sobrecarga del medio de transmisión, así como receptores (RFC, Jitter Considerations in Mobile Ad Hoc Networks (MANETs), 2008).

5.10 Delay

Hay muchas maneras de formular las métricas de la variación del retardo de paquetes de Internet y otras redes. El IETF en sí tiene varias especificaciones para la variación de retardo (RFC, IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM), 2002), con tráfico RTP (RFC, RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, 2003) o incluso entre llegadas de trepidación y éstos han logrado un amplio avance. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) también ha recomendado varias métricas de retardo de variación llamados Y.1540 (Y.1540, 2011), G.1020 (G.1020, 2003), y algunos de ellos son ampliamente citados y utilizados. La mayor parte de las normas por encima de especifica más de una forma de cuantificar la variación de retardo, por lo que se puede concluir que los esfuerzos de normalización han tendido a ser

más inclusivas que selectivas (RFC, Packet delay variation applicability statement, 2009).

La mayoría de las aplicaciones asíncronas también conocidas como aplicaciones en tiempo real emplean un amortiguador para suavizar la variación del retardo encontrado en el camino de origen a destino. El buffer debe ser lo suficientemente grande como para acomodar la variación esperada de retraso, o la pérdida de paquetes resultará elevada (RFC, Packet delay variation applicability statement, 2009).

Sin embargo, si el búfer es demasiado grande, entonces algo de la espontaneidad deseada de la comunicación se perderán y la dinámica de conversación se verán afectados. Por lo tanto, los diseñadores de aplicaciones necesitan conocer la gama de variación del retardo para ser acomodada, si se están diseñando sistemas de buffer fijos o adaptativos [36].

Proveedores de servicios de red también intentan limitar retraso para garantizar la calidad de las aplicaciones en tiempo real, y controlar esta métrica. El Jitter lleva el tamaño del búfer como el que se encuentra en el servidor de video y puede ser expresada en unidades de octetos de espacio de almacenamiento para el flujo de paquetes, o en unidades de tiempo que los paquetes (RFC, Packet delay variation applicability statement, 2009).

5.11 QoS (Quality of Service)

La capacidad de proporcionar calidad de servicio (QoS) es uno de los requisitos importantes de los servicios multimedia para las redes domésticas. En un futuro próximo, los servicios que requieren gran ancho de banda y calidad garantizada, como el streaming AV de alta calidad y de TV por Internet, se convertirá en la corriente principal en las redes domésticas. Las aplicaciones como el streaming

AV y VoIP tienen requisitos de tiempo real que son sensibles al retardo. Pero, las aplicaciones de transferencia de archivos, por ejemplo, correo, no tienen requisitos de tiempo real para los servicios. Por desgracia, los marcos de calidad de servicio actuales, como la arquitectura UPnP QoS (Forum, 2005), no es compatible garantizado un eficiente mecanismo de QoS de los contenidos multimedia, como los servicios de vídeo de alta calidad como IPTV (Y. Chung).

Se han definido dos modelos para ofrecer calidad de servicio: servicios integrados (IntServ) (R. BRADEN, 1994) y servicios diferenciados (DiffServ) (B. Davie, 2002).En IntServ, la QoS se proporciona mediante la reserva de recursos a lo largo del camino mediante RSVP. Aunque IntServ junto con RSVP puedan ser útiles para ofrecer QoS, se trata de un modelo complejo de implementar, ya que no es escalable para gestionar grandes cantidades de tráfico, debido a la cantidad de señalización que requiere para gestionar la disponibilidad de QoS y mantenimiento de los diferentes flujos en cada router. Además, cuando aumenta el tráfico en las redes así como la variedad de servicios y aplicaciones, surge la necesidad de proporcionar niveles diferenciados de QoS a diferentes flujos de tráfico. DiffServ es más versátil, de más simplicidad y funciona de forma más eficiente, por lo que tanto en IPv4, y sobre todo en IPv6, se apuesta más por este último modelo. Sin embargo, con DiffServ no se solucionan todos los problemas de calidad que pueden aparecer enuna red, como por ejemplo, el comportamiento ante caídas de enlaces. En estas situaciones una opción sería aprovechar las ventajas que ofrecen las redes basadas en MPLS, que además de una rápida conmutación de paquetes, proporcionan QoS e ingeniería de tráfico (J. Romero).

5.11.1 DiffServ en MPLS

Diffserv Tunneling introduce un nuevo Per-Hop-Behavior (PHB), que permite QoS diferenciados en una red de proveedores. El modo túnel se define en el borde de la red, normalmente en los routers de conmutación de etiquetas PE (LSRs) tanto de entrada y salida. Puede que tenga que hacer cambios en los routers P; también se debe tener en cuenta lo que ocurre cuando la etiqueta superior se retira de un paquete debido a la Penúltima Hop Popping (PHP). Puede ser necesario para copiar el valor MPLS EXP de la etiqueta superior que se está apareció a la etiqueta recién expuesta; esto no siempre se aplica a todos los modos de túnel (CISCO, 2008).

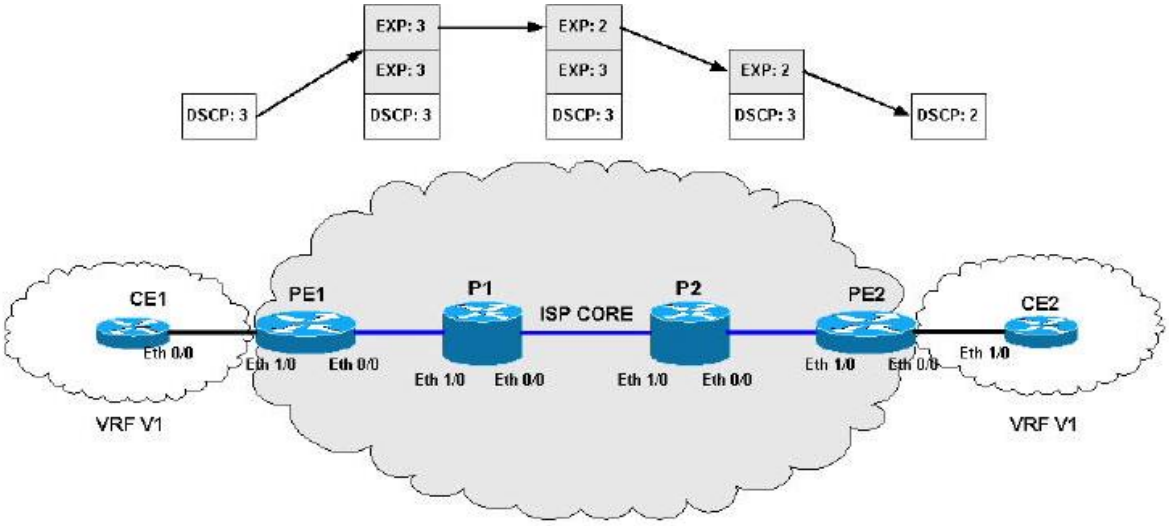
En algunos casos por ejemplo, una red MPLS normal sin VPN, la acción PHP en el final del router P puede exponer a un paquete IP normal cuando se recibe un paquete con una sola etiqueta. Cuando este paquete IP es recibida por el LSR de salida (PE), no es posible clasificar el paquete basándose en los bits MPLS EXP porque no hay etiqueta. En estas situaciones, es necesario configurar el router salida PE para anunciar una etiqueta explícita. Cuando se realiza la acción de PHP en el router P, una etiqueta con un valor de cero se envía, y con esta etiqueta especial que puede marcar los bits EXP como paquetes normalmente etiquetados, lo que permite la correcta clasificación en el router salida PE (CISCO, 2008).

El soporte de la red MPLS con especificación Diffserv define estos modos de túnel:

- Uniform
- Pipe
- Short-Pipe

5.11.2 Uniform Mode

Figura 6. Tunnel DiffServ en modo uniforme en MPLS



Fuente: **CISCO**, *DiffServ Tunneling Modes for MPLS networks* (CISCO, 2008).

DiffServ de modo uniforme tiene sólo una capa de QoS, que llega de extremo a extremo. El router ingreso PE (PE1) copia el DSCP del paquete IP entrante en los bits MPLS EXP de las etiquetas impuestas. Como los bits EXP viajan a través del núcleo, que pueden o no pueden ser modificados por los routers intermedios P. En este ejemplo, el enrutador P1 modifica los bits EXP de la etiqueta superior. En la salida del router P2 copiamos los bits EXP a los bits EXP de la etiqueta recién expuesta después del PHP (Penúltimo-Hop-Pop). Finalmente en el router salida PE2 que luego copia los bits EXP a los bits DSCP del paquete IP (CISCO, 2008).

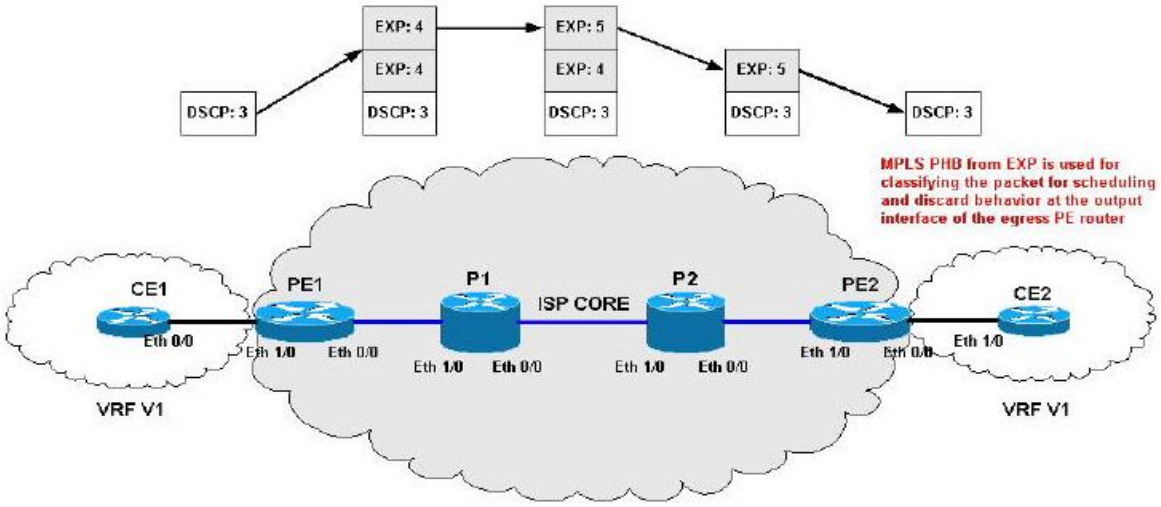
5.11.3 Pipe Mode

Pipe Mode usa dos capas de QoS:

- Un QoS subyacentes de los datos, que se mantiene intacto cuando se atraviesa el núcleo.
- A per-core QoS, que es independiente de los paquetes IP subyacentes, permaneciendo transparente para los usuarios finales.

Cuando un paquete alcanza el borde del núcleo de MPLS, el enrutador de salida PE2 clasifica los paquetes IP recién desplegadas para la puesta en cola de la salida, basada en el PHB MPLS partir de los bits EXP de la etiqueta retirado recientemente (CISCO, 2008).

Figura 7. Pipe Mode DiffServ en MPLS

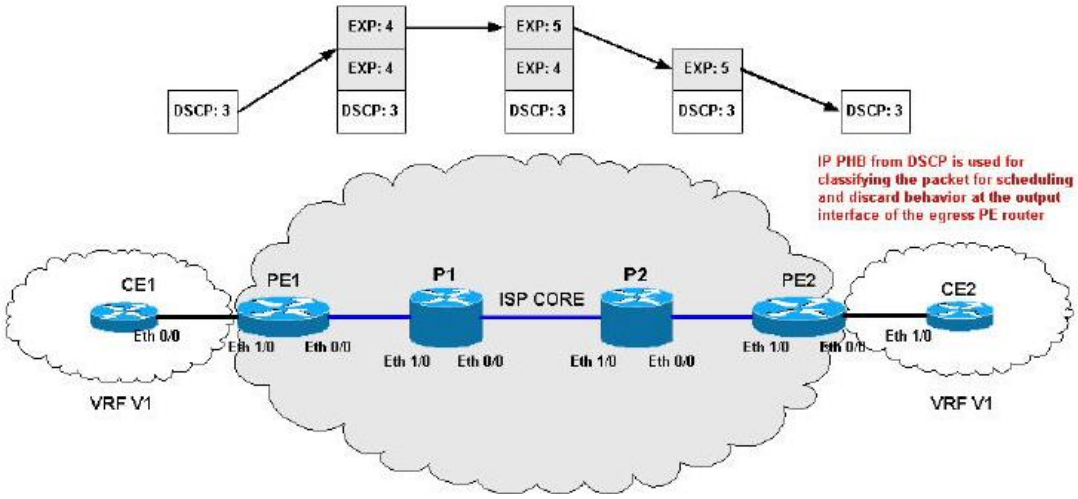


Fuente: **CISCO**, *DiffServ Pipe Mode for MPLS networks* (CISCO, 2008).

5.11.4 Short Pipe Mode

DiffServ Tunneling Short pipe utiliza las mismas reglas y técnicas de todo el núcleo. La diferencia está en el router salida PE2 al clasificar los paquetes IP recién expuestas para la puesta en cola de la salida en función de la PHB IP del valor DSCP de este paquete IP (CISCO, 2008).

Figura 8. Short Pipe Mode DiffServ en MPLS



Fuente: **CISCO**, *DiffServ Short Pipe Mode for MPLS networks* (CISCO, 2008).

5.12 Unicast

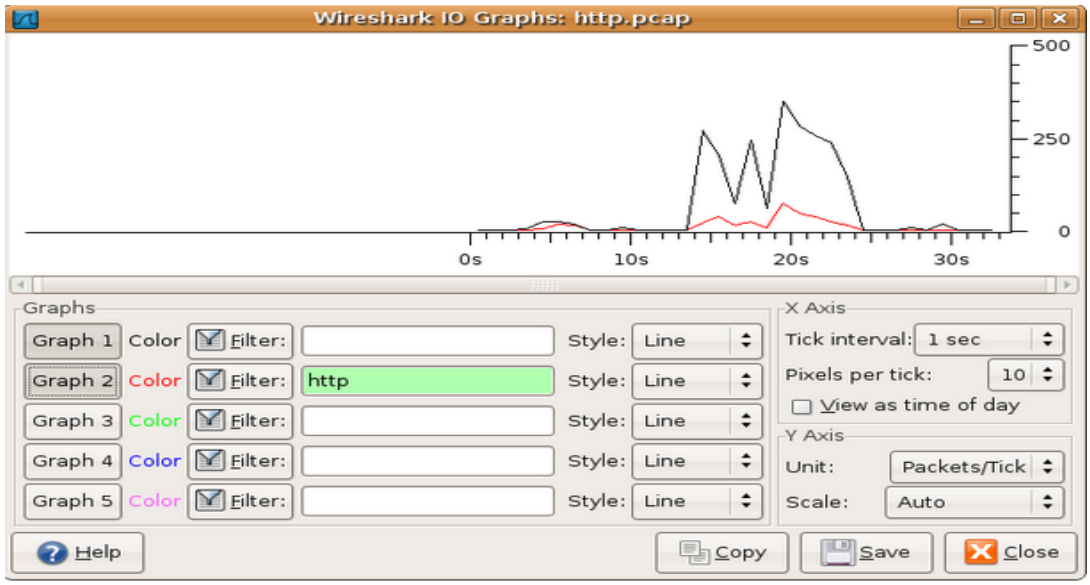
Aunque multicast (M. Cotton, 2010)es una forma eficiente de implementar el sistema de entrega de video escalable, existen clases de dispositivos que no son capaces de recibir datos de multidifusión. Estas clases incluyen dispositivos que tienen una pila TCP/IP (T. Socolofsky, 1991) que no admite broadcast (Mogul, 1984) y los dispositivos que están conectados a partes de la red que no soporta multicast entre ellos y el servidor de vídeo de broadcast. Con el fin de apoyar a estas clases de dispositivos, una copia de la secuencia de vídeo multicast tiene que ser enviado de forma unicast (Thaler, 2010) a ellos. Aunque esto puede superar hasta cierto punto con el propósito de minimizar la utilización de la red usando broadcast, no permite la entrega de vídeo a un público más diverso. Las soluciones posibles para apoyar a los clientes de unidifusión están bien para modificar el servidor con el fin de apoyar unicast o modificar la secuencia de broadcast por poner un agente de transformación en la red. El primero no es deseable en este caso debido a la naturaleza del receptor impulsada de este sistema (Y. Raymond).

5.13 Wireshark

Wireshark es un analizador de paquetes de red que muestra los paquetes de la forma más detallada posible. Hoy en día Wireshark es quizás uno de los mejores analizadores de paquetes de código abierto disponibles en la actualidad con múltiples funciones, una de ellas llamada IO Graphs (Wireshark, 2004) que permitirá medir las variables planteadas en el proyecto, visualizando los paquetes de red capturados, con la opción de ser exportados a EXCEL para medirlos y graficarlos, permitiendo así realizar un análisis del Jitter y Delay con la herramienta anteriormente mencionada según el procedimiento publicado por Orzach en Diciembre del 2013 (Orzach, 2013).

5.14 IO Graphs window

Figura 9. IO Graphs



Fuente: **Wireshark**, *the "IO Graphs" window, Wireshark* (Wireshark, 2004).

El botón Copy copiará los valores de los gráficos seleccionados en el block de notas en formato CSV, donde podrán ser abiertos con el software Excel.

5.15 GNS3

GNS3 es un emulador de software libre para el diseño de redes asemejándose al comportamiento de redes reales con el uso de routers, switches entre otros, proporcionando una interfaz gráfica para diseñar y configurar redes virtuales, con el fin de proporcionar una red eficaz GNS3 utiliza emuladores como Dynamips (GNS3), VirtualBox (Oracle) y Qemu (QEMU).

5.16 MPEG

Es un que define métodos de codificación de audio y compresión de vídeo también un sistema de multiplexación intercalando datos de audio y vídeo para que pueda ser reproducido. Se ha aplicado en el sistema CD y Video-CD para la reproducción de vídeo en movimiento en pantalla completa con CD-ROM.

Tanto los estándares MPEG-1 y MPEG-2 (D. Hoffman, 1998) se dividen en tres partes principales: la codificación de audio, codificación de vídeo, gestión de sistemas la multiplexación. MPEG es un sistema de codificación de vídeo genérico que soporta diferentes aplicaciones para diferentes usos. No es posible proporcionar un método único, para todos los diferentes aplicaciones por esta razón puede ser usada por cualquier reproductor. La sintaxis de codificación que MPEG ha definido proporciona herramientas para cubrir diferentes aplicaciones, y los parámetros se pueden elegir para permitir trabajar a diferentes tasas de bits, los tamaños de imagen y resoluciones.

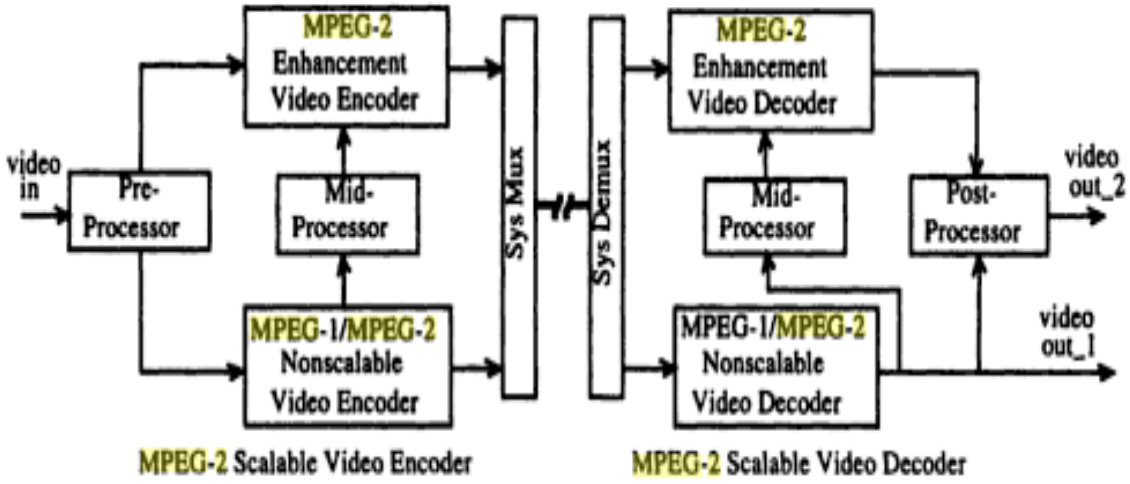
5.17 MPEG-2

La inminente integración de las comunicaciones personales y de banda ancha está impulsando la necesidad universal de una representación escalable de vídeo codificada, para señales de transmisión de televisión independientemente del

medio ya sea por cable o por satélite, MPEG-2 (Haskell, 1996) también es usada como formato de decodificación en discos DVD, para la codificación de imágenes en movimiento y audio, admitiendo flujos de video de forma progresiva y entrelazada.

MPEG-2 se dirige a formatos de transmisión a velocidades de datos más elevadas proporcionando herramientas adicionales como algoritmos para la codificación eficiente de vídeo en forma entrelazada también es compatible con una amplia gama de velocidades y proporciona un sonido surround multicanal de codificación generando una mejor experiencia para el usuario.

Figura 10. Diagrama de flujo de MPEG-2



Fuente: **Barry Haskell,** *Digital video: an Introduction to MPEG-2* (Haskell, 1996)

6 DISEÑO METODOLÓGICO DEL PROYECTO

El proyecto se dividió en las siguientes fases:

En la primera fase se realizó la investigación bibliográfica de los temas que fueron tratados, para argumentar con fundamentos teóricos este proyecto de grado, definiendo las variables de estudio planteadas en este proyecto.

Con el fin de cumplir los objetivos y determinar cuál red tiene mejor desempeño con respecto al Jitter y Delay entre sistemas MPLS con QoS y sin QoS, BGP y OSPF al transmitir video sobre IP, en la segunda fase se diseñaron los experimentos para identificar las diferencias de los escenarios con las redes MPLS con QoS y sin QoS, BGP y OSPF, donde se eligió el escenario de pruebas reales acordes con la cantidad de equipos marca Huawei adquiridos por la universidad Santo Tomás. Una vez definido el escenario de pruebas en la tercera fase, se realizaron las emulaciones de redes de operadores (MPLS con QoS y sin QoS), públicas (BGP) y corporativas (OSPF) con la misma topología de red de cada uno de los escenarios de prueba con los equipos Huawei y con la herramienta de emulación GNS3, para medir el Jitter y Delay que se produce al emitir video con tráfico Unicast, direccionamiento IPv4 y con capacidad de los enlaces de 10 Mbps para cada una de las pruebas, en los escenarios reales y emulados.

En la cuarta fase se definió la herramienta más adecuada y confiable para la configuración técnica de los escenarios de red emulados eligiendo la herramienta de software libre GNS3 y se eligió esta porque en su versión más reciente la v0.8.7 all-in-one (CISCO) soporta los protocolos usados en este proyecto y emula las redes planteadas en la tercera fase.

En la quinta fase se realizaron las pruebas de la fase 2 y 3 donde se identificó cual red tiene un mejor comportamiento de acuerdo a los escenarios reales o emulados, donde se usó un servidor de Video con tráfico Unicast y

direccionamiento IPv4 en redes MPLS con QoS y sin QoS, BGP y OSPF. Se obtuvieron los resultados del Jitter y Delay los cuales fueron analizados según su comportamiento en la red con el sniffer Wireshark, mediante la función IO Graphs que permitió visualizar los paquetes de red capturados, siendo exportados a EXCEL para medir y graficar los datos. Realizando este análisis de Jitter y Delay con la herramienta anteriormente mencionada según el procedimiento publicado por Orzach en Diciembre del 2013 (Orzach, 2013).

En la quinta fase se analizaron los resultados realizando una comparación para identificar cual red es recomendable utilizar a la hora de transmitir video en los escenarios planteados con respecto a las redes diseñadas con los equipos Huawei y emuladas con la herramienta GNS3. Se diseñaron estos escenarios ya que la universidad Santo Tomás cuenta con seis routers marca Huawei dos AR 2220 y cuatro AR 1220 donde se implementaron las topologías.

7 DESARROLLO DEL PROYECTO

7.1 FASE 1 DEFINIR LAS VARIABLES DE ESTUDIO

Este proyecto de grado tiene como objeto de estudio determinar cuál red tiene mejor desempeño, con respecto al Jitter y Delay entre sistemas MPLS con QoS y sin QoS, BGP y OSPF al trasmitir video sobre IP y para cumplir con este objetivo se utilizó una metodología experimental para tomar los datos de las variables de estudio haciendo las capturas en primera instancia emitiendo video sobre la red y en segunda emitiendo video y tráfico de carga, realizando las capturas en los dos casos cuando el cliente solicite el servicio de video. Dado el efecto negativo que tiene el Jitter y el Delay en servicios en tiempo real como el video, estos hechos conllevan a poder ofrecer unos determinados niveles de calidad de servicio en las redes para transportar video sobre IP (Willian Galvis Cuellar, 2011).

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica hacerca acerca de las variables de estudio de este proyecto de grado: Jitter y Delay se eligieron por la importancia que estas tienen en todo tipo de comunicación siendo necesario analizarlas y disminuirlas, por esta razón se desarrolló este proyecto de grado para analizar el comportamiento de estas, en los escenarios planteados, para que en el momento de realizar un diseño de red brindar la mejor opción generando recomendaciones acordes a los resultados obtenidos.

Para la ejecución de este proyecto, se tuvo en cuenta el número de equipos Huawei adquiridos por la universidad para definir el diseño y la topología para realizar pruebas reales con los equipos y emuladas con la herramienta GNS3, realizando las capturas de los datos en el cliente solicitando el servicio de video generando valores cuantitativos del Jitter y Delay para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

7.2 FASE 2 DESCRPCIÓN DE LOS EQUIPOS PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

7.2.1 Características de los equipos usados en las pruebas reales

Tabla 3. Características de los equipos Huawei

	HUAWEI	
	AR 2220	**AR 1220**
Memory	2 GB	512 MB
Flash	16 MB	256 MB
WAN speed whit services	400 Mbps	25 Mbps
Device shitching capacity	32 Gbps	8 Gbps
Slot switching bandwidt	3 Gbps	2 Gbps
Ambient Temperature	0° C- 45° C	0° C- 40° C

Fuente: **HUAWEI.** *AR2220 Series Enterprise Routers Brochure, 2014.*

7.2.2 VERSIÓN DE LOS IOS CISCO Y CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE EMULADAS EN GNS3

Tabla 4. Características de los IOS CISCO

	IOS CISCO
	7200
RAM (EMULADA)	256 MiB
NVRAM SIZE (EMULADA)	128 MiB
VERSIÓN DE LOS IOS	7200 Software (C7200-IK9S-M), Versión 12.4, RELEASE SOFTWARE (fc2)

Fuente: **GNS3.** *Router Information, Memories and disk, 2014.*

7.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS USADOS EN LAS PRUEBAS REALES

Para realizar las pruebas en los routers Huawei se usaron equipos con las siguientes características:

- Servidor de Streaming: Computador con sistema operativo Ubuntu Server 12.04 con procesador Intel Core 2 Duo, memoria RAM 2GB.
- Servidor FTP: Computador con sistema operativo Windows 8, con procesador AMD A10.
- Dos routers: Marca Huawei número de serie AR2220.
- Cuatro routers: Marca Huawei número de serie AR 1220.
- Cliente solicitando servicio de video: computador Toshiba con sistema operativo Windows 7, con procesador Intel Core i3 de primera generación.
- Cliente enviando el servicio de transferencia de archivos: Una película con relación de aspecto 16:9, resolución HD 1280 x 720 pixeles y tamaño de 1,95 GB. Computador SONY VAIO con sistema operativo Windows 7, con procesador Intel Core i3 de primera generación.
- Dos Switch: Marca Huawei serie 2700

Al contar con los equipos se conecta el diseño físico como la red que se muestra en la figura 13.

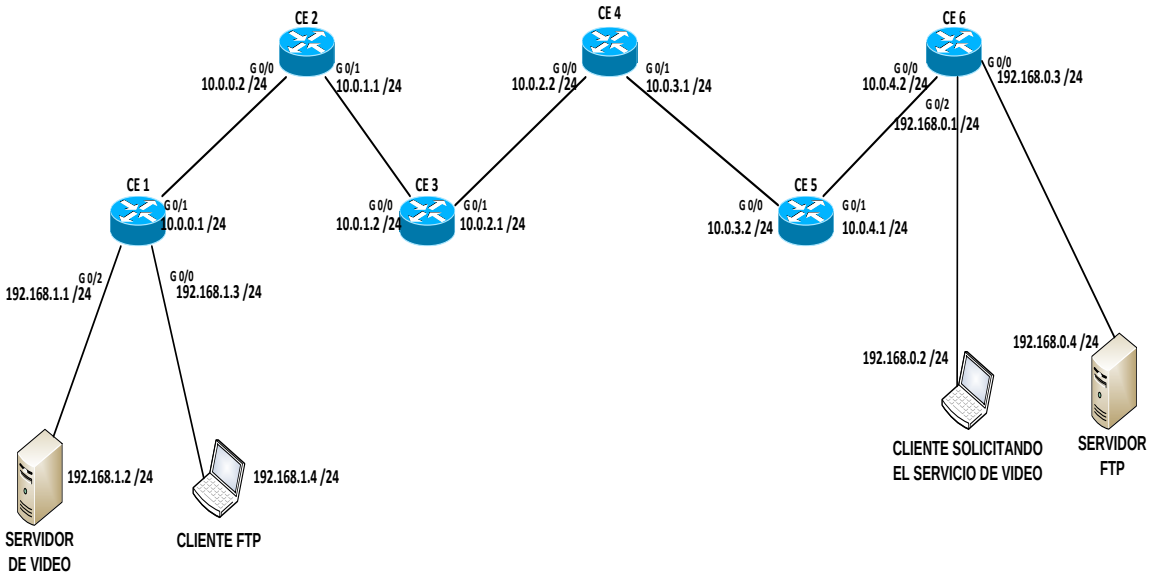
7.3 FASE 3 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

El esquema de direccionamiento y la topología se diseñaron acordes con el número de equipos e interfaces capa 3 de los routers con los que cuenta la universidad, donde se realizarán los experimentos divididos en pruebas físicas y emuladas usando en ambos casos la misma topología de acuerdo con el escenario de red, para obtener los datos cuantitativos del Jitter y Delay al emitir video unicast y direccionamiento IPv4 en primer caso y en el segundo al emitir video y tráfico de carga FTP, capturando lo que sucede en el cliente cuando solicita el servicio en ambos casos.

7.3.1 Experimento 1: Escenario de red MPLS con QoS con los equipos Huawei

El objetivo de este experimento es realizar 2 pruebas una de ellas es emitir únicamente video y realizar las capturas en el cliente cuando solicita el servicio y la segunda es emitir video y tráfico de carga en la red y ver el comportamiento que esta red tiene cuando el cliente solicita el servicio de video, para posteriormente medir el Jitter y Delay.

Figura 11. Direccionamiento y topología de red en los equipos Huawei MPLS con QoS



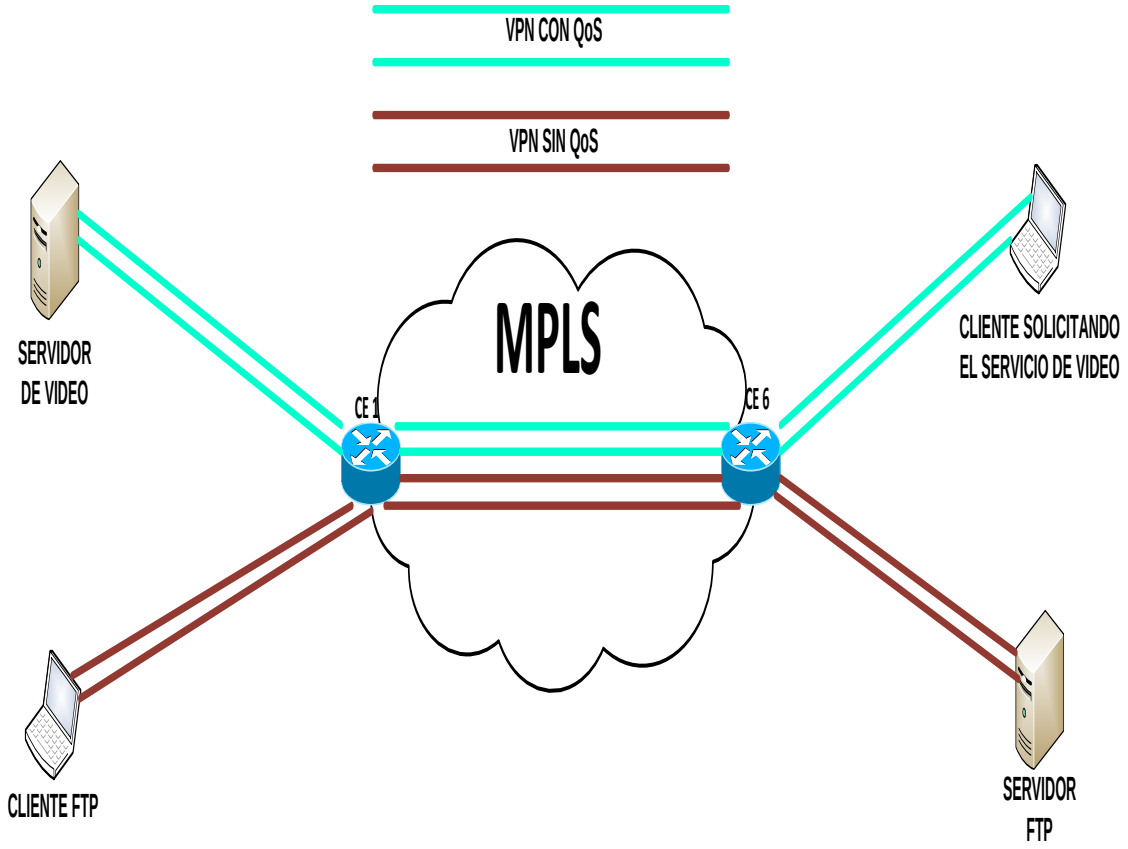
Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Especificaciones:

- VPN capa 3
- Capacidad de los enlaces 10 Mbps
- Protocolo de enrutamiento base OSPF
- Direccionamiento IPv4
- Tráfico de video Unicast

En MPLS con QoS en los equipos Huawei se crearon dos VPN´s capa tres (HUAWEI, 2011) una con QoS usando el modelo de calidad de servicio DiffServ donde se emitirá video y la otra sin QoS donde se transportara el tráfico de carga FTP como se muestra en la siguiente figura:

Figura 12. Esquema de red MPLS (VPN)

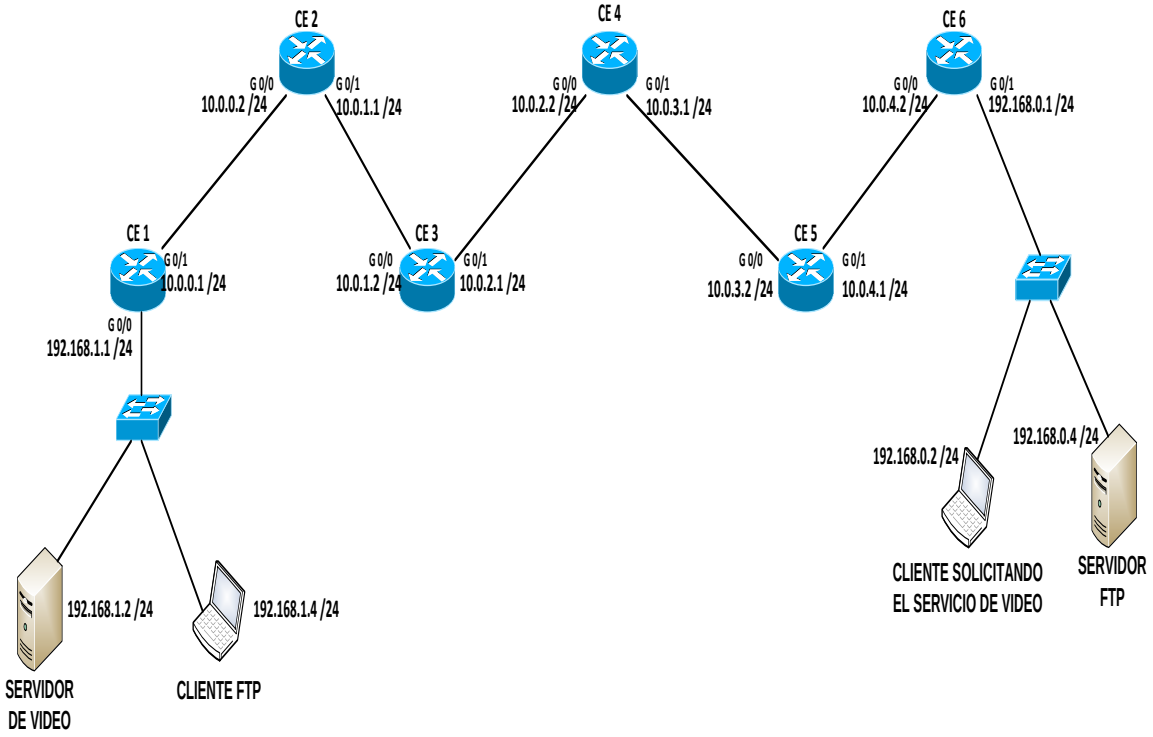


Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

7.3.2 Experimento 2 y 3: Escenario de red MPLS sin QoS y OSPF en los equipos Huawei

El objetivo de estos dos experimentos es realizar dos pruebas una para MPLS sin QoS y la otra para OSPF, donde en ambas pruebas en primera instancia se emitirá video y en segunda se emitirá tráfico de carga FTP, capturando cuando el cliente solicita el servicio en ambos casos para medir el Jitter y Delay.

Figura 13. Direccionamiento y topología de red en los equipos Huawei MPLS sin QoS y OSPF



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Especificaciones:

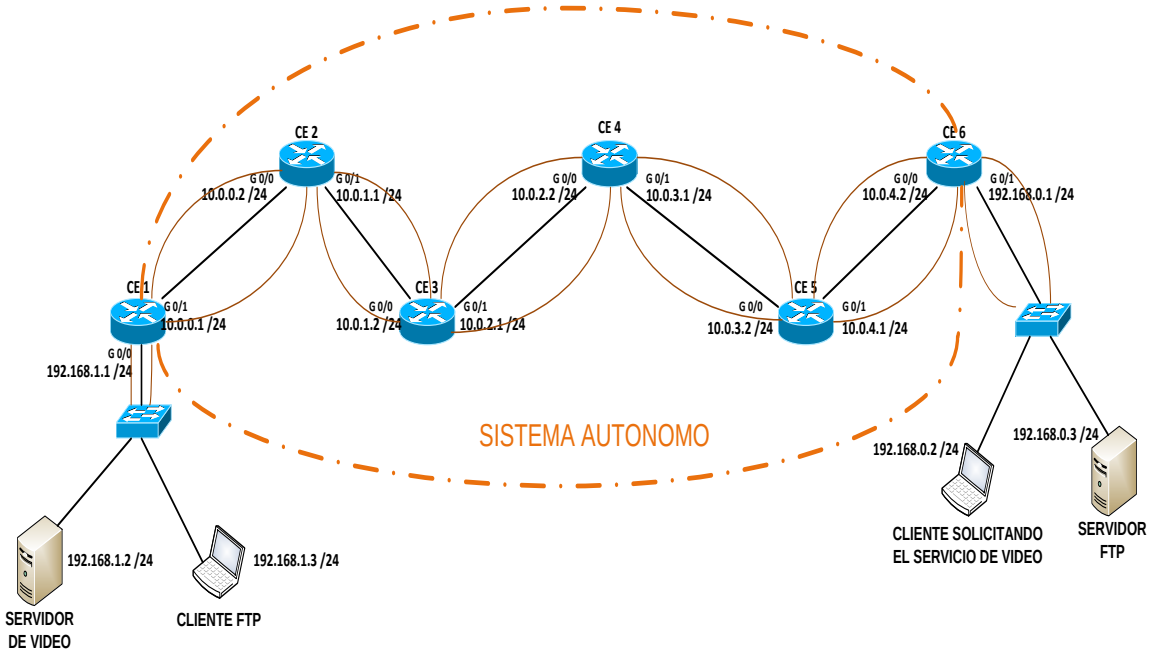
- Capacidad de los enlaces 10 Mbps
- Protocolo de enrutamiento base OSPF
- Algoritmo de enrutamiento LSE - *Link State Algorithm*
- Direccionamiento IPv4

- Trafico de video Unicast

7.3.3 Experimento 4: Escenario de red para BGP en los equipos Huawei

El objetivo de este experimento es realizar dos pruebas en este escenario de red con el protocolo BGP, una de ellas es en primera instancia emitir video y la segunda emitir video con tráfico de carga, para determinar cuál es el comportamiento de este escenario, realizando la captura en el cliente cuando solicita servicio de video en ambos casos.

Figura 14. Direccionamiento y topología de red en los equipos Huawei BGP



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Especificaciones:

- Capacidad de los enlaces 10 Mbps
- Algoritmo de decisión BGP (CISCO, 2012)
- Direccionamiento IPv4
- Trafico de video Unicast

7.4 DISEÑO FÍSICO EMULADO

El equipo físico donde se realizaron las pruebas emuladas tiene las siguientes características:

- Computador DELL con sistemas operativo Windows 7, procesador Intel Core i7 de cuarta generación y 8 GB de memoria RAM.

Al contar con este equipo se usó la herramienta de emulación GNS3, donde se configuro la red y se conectaron las máquinas virtuales involucrando los siguientes equipos.

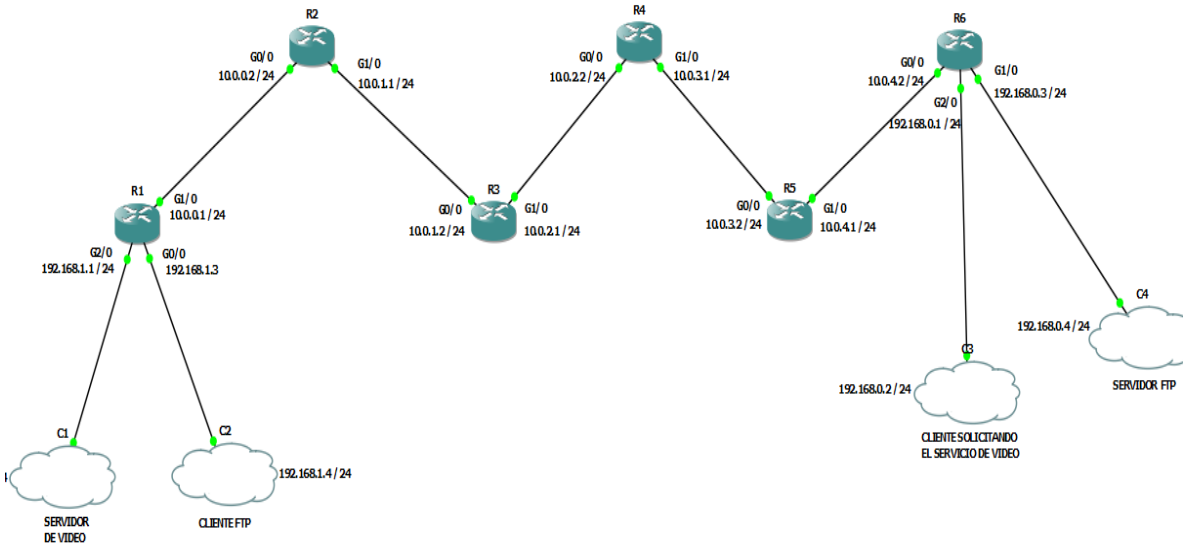
- Servidor de Streaming: Computador con sistema operativo Ubuntu Server 12.04 con procesador Intel Core 2 Duo y 2 GB de memoria RAM.
- Servidor FTP: Máquina virtual con sistema operativo Windows 7, memoria RAM asignada 2GB.
- Seis routers: IOS CISCO serie 7200.
- Cliente solicitando el servicio de video: máquina virtual con sistema operativo XP profesional y memoria RAM asignada 2GB.
- Cliente enviando el servicio de transferencia de archivos: Una película con relación de aspecto 16:9, resolución HD 1280 x 720 pixeles y tamaño de 1,95 GB. Máquina virtual con sistema operativo Windows XP profesional y memoria RAM asignada de 2 GB.
- Dos Ethernet Switch IOS CISCO.

Al contar con los equipos se conecta el diseño físico con el fin de realizar las mismas pruebas reales y emuladas.

7.4.1 Experimento 5: Escenario de red para MPLS con QoS usando GNS3

El esquema de direccionamiento que se usó para MPLS con QoS usando la herramienta de emulación GNS3 fue el siguiente:

Figura 15. Direccionamiento y topología de red MPLS con QoS (Emulado)



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

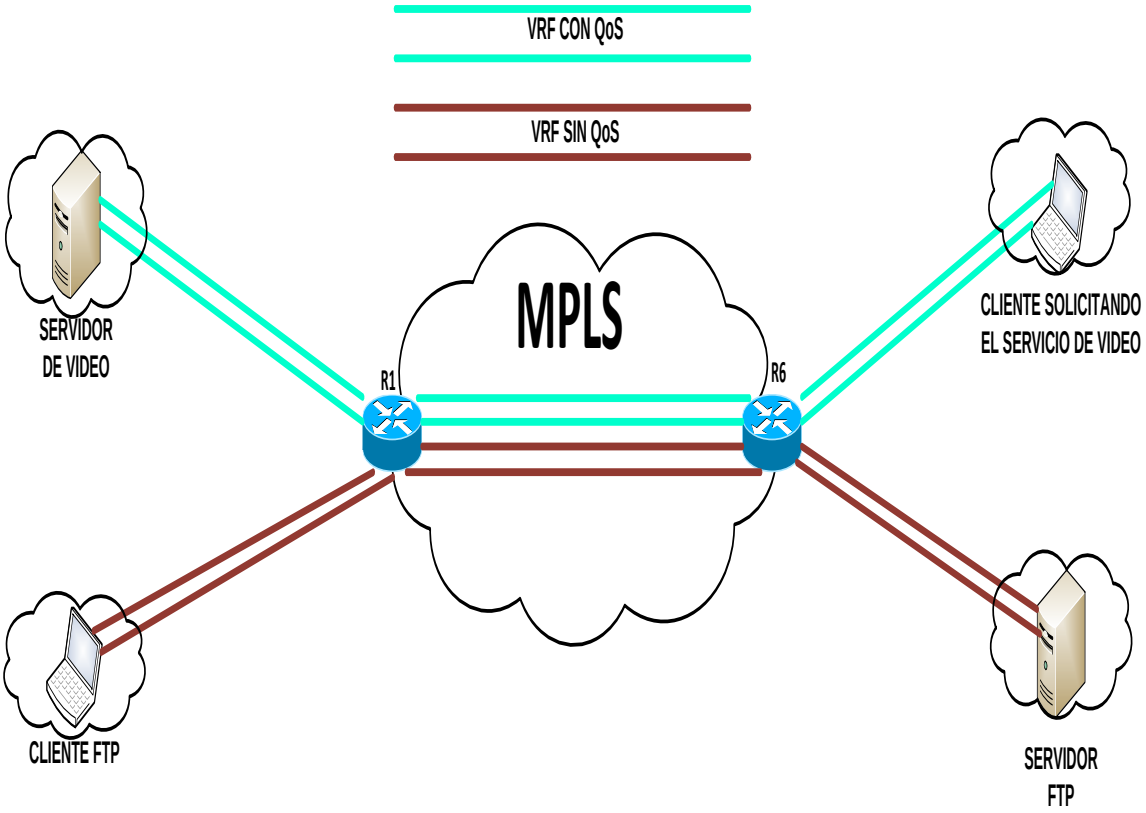
Especificaciones:

- VRF capa 3
- Capacidad de los enlaces 10 Mbps
- Protocolo de enrutamiento base OSPF
- Direccionamiento IPv4
- Trafico de video Unicast

En MPLS con QoS usando la herramienta de emulación GNS3 se crearon dos VRF´s capa tres (CISCO, 2012) una con QoS usando el modelo de calidad de

servicio DiffServ donde se emitirá video y la otra sin QoS donde se transportara el tráfico de carga FTP como se muestra en la siguiente figura:

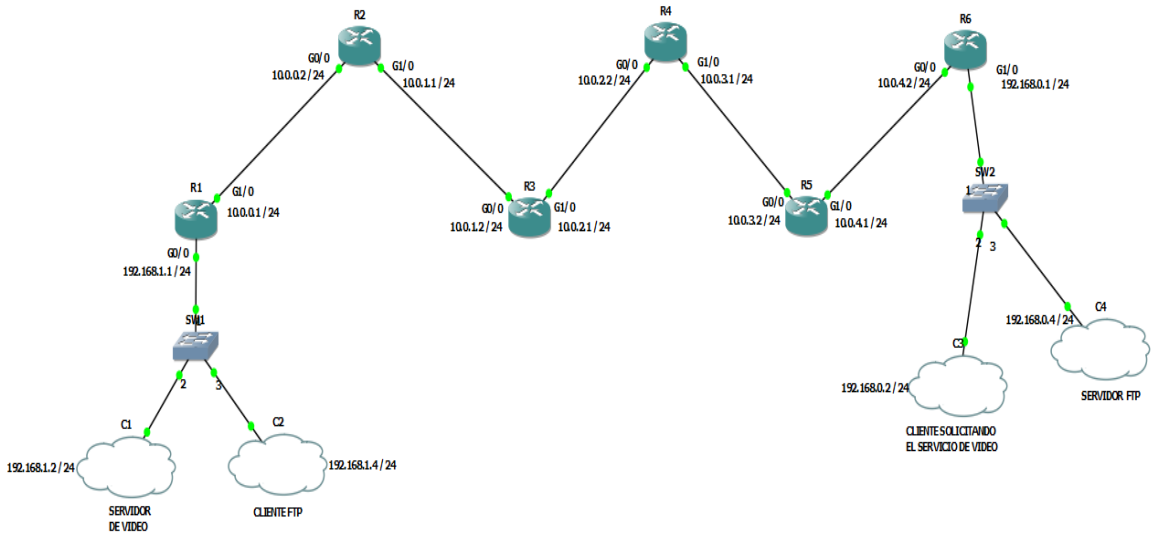
Figura 16. Esquema de red MPLS (VRF) Emulado



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

7.4.2 Experimento 6 y 7: Escenario de red para MPLS sin QoS y OSPF usando GNS3

Figura 17. Direccionamiento y topología de red MPLS sin QoS y OSPF (Emulado)



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

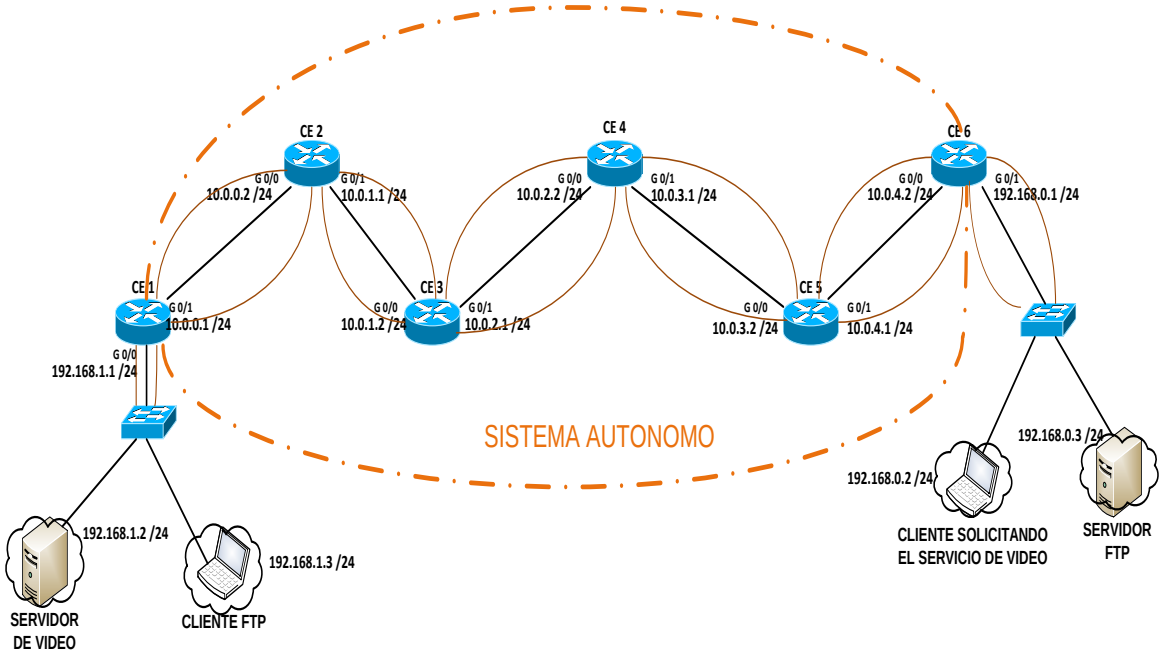
Especificaciones:

- Capacidad de los enlaces 10 Mbps
- Protocolo de enrutamiento base OSPF
- Algoritmo de enrutamiento LSE - *Link State Algorithm*
- Direccionamiento IPv4
- Trafico de video Unicast

7.4.3 Experimento 8: Escenario de red para BGP usando GNS3

El esquema de direccionamiento que se usó para la red BGP con la herramienta de emulación GNS3 fue el siguiente:

Figura 18. Direccionamiento y topología de red BGP (Emulado)



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Especificaciones:

- Capacidad de los enlaces 10 Mbps
- Algoritmo de decisión BGP
- Direccionamiento IPv4
- Trafico de video Unicast

7.5 FASE 4 SOFTWARE UTILIZADO EN LOS ESCENARIOS

7.5.1 FileZilla FTP (File Transfer Protocol)

FileZilla fue el software utilizado para brindar el tráfico de carga en los escenarios de este proyecto de grado, el cual es gratuito tanto el cliente como el servidor, brindando una interfaz gráfica interactiva donde el servidor es el encargado de establecer la conexión cliente-servidor creando un usuario con su respectiva

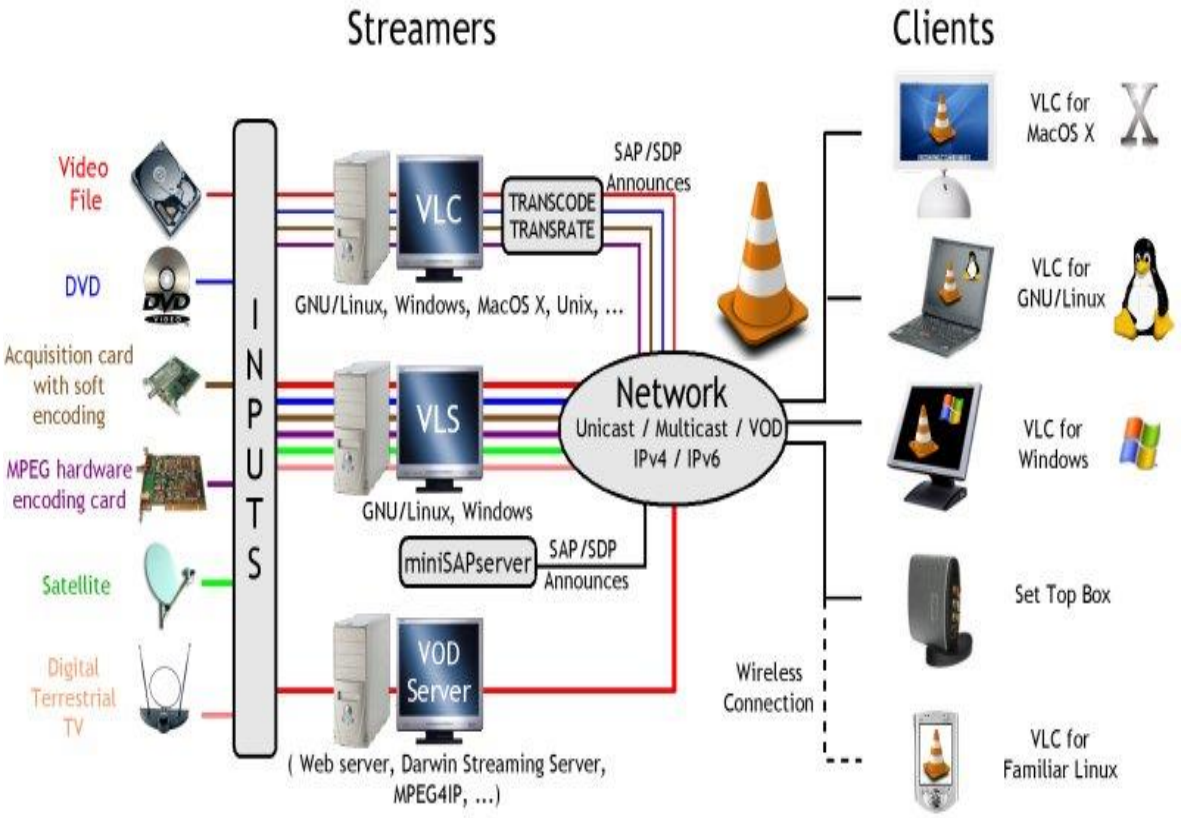
contraseña estableciendo el lugar donde se va a guardar la información, el cliente es el encargado de enviar los archivos ingresando la dirección IP del servidor, la cuenta y la contraseña. Con la herramienta FileZilla se envió una película con relación de aspecto 16:9 resolución HD 1280 x 720 pixeles y un tamaño de 1,95 GB enviada como tráfico de carga para los escenarios de prueba.

En general, el Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP) (Postel, 1980) se utiliza para el manejo de las transferencias de datos en gran cantidad y a través de los años la aplicación FTP es cada vez más usada basada en TCP / IP, generando una gran cantidad de esfuerzos en su mejora y extensiones en estudios realizados (Ping lai) mientras aumenta en gran medida su rendimiento tanto en LAN y WAN.

7.5.2 VideoLAN

VideoLAN fue el software utilizado para emitir video sobre los escenarios de este proyecto de grado, funcionando para la transmisión de contenidos de video de gran capacidad en formato MPEG en redes con gran ancho de banda como en las diseñadas en este proyecto de grado, ofreciendo transmitir el video con tráfico Unicast y direccionamiento IPv4, VideoLAN ofrece una propuesta de diseño para servicios como Video streaming como se muestra en la siguiente figura:

Figura 19. Solución de streaming de VideoLAN



Fuente: **Cyril Deguet, Alexis de Lattre**: *Guía de usuario VLS* (Cyril Deguet, 2004)

El servidor de video Streaming usado fue el implementado por Andrés Felipe Macías Dias (Dias, 2013) con las siguientes características:

- Sistema operativo Ubuntu Server 12.04
- Procesador Intel Core 2 Duo
- 2 GB de memoria RAM

7.6 FASE 5 IMPLEMENTACIÓN

Para describir el proceso de desarrollo de este proyecto de grado, es necesario definir los componentes y configuraciones en cada uno de los escenarios y en los equipos usados donde se realizará en etapas: en la primera etapa se realizó una previa lectura del funcionamiento técnico del servidor de video Streaming configurando el tráfico Unicast y direccionamiento IPv4, donde se transmitió el servicio de video en cada uno de los escenarios. En la segunda etapa se configuró el servidor FileZilla donde se estableció la conexión cliente-servidor creando una cuenta de usuario para realizar la transferencia de archivos, ingresando la dirección IP del servidor FTP, usuario y contraseña desde el cliente. En la tercera etapa se configuraron los routers Huawei y los emulados por la herramienta GNS3, en cada uno de los escenarios de red propuestos. En la cuarta etapa se configuraron los Cloud[1] "Nube" de GNS3 para conectar cada una de las máquinas virtuales con la herramienta GNS3, para comprobar la conexión de equipo a equipo o "nube" a "nube". Finalmente se realizaron las configuraciones de QoS en los routers de borde (LER), en los escenarios de red con MPLS con QoS, creando dos VPN´s en Huawei y en CISCO VRF´s, una con QoS y otra sin QoS modificando los Bits "*experimental*" (EXP) de los dos tipos de tráfico que se manejaron en este proyecto de grado, el video con un EXP =7 y el tráfico de FTP "carga" con un EXP=0, de igual manera se realizó para las pruebas emuladas donde se crearon dos VRF´s una con QoS y otra sin QoS donde se les dieron los mismos valores al bit experimental en el video un EXP=7 y tráfico FTP "carga" EXP=0.

[1] La herramienta "Cloud" de GNS3 permite conectar este emulador con las interfaces de red de la máquina anfitriona, ya sean físicas o virtuales.

7.6.1 CONFIGURACIÓN DE LA INTERFAZ DE RED ETH0 DEL SERVIDOR DE VIDEO

Para configurar la interfaz de red en el servidor se requiere ingresar en la terminal de Ubuntu el modo habilitado o modo súper usuario para realizar este tipo de cambios:

- *sudo su:* con este comando se ingresará en modo habilitado, donde el sistema operativo solicitara la contraseña del equipo

Posteriormente se ingresa el siguiente comando para editar el archivo que contiene la información de red del servidor:

- *gedit /etc/network/interface:* con este comando se ingresa al archivo que contiene la información de red donde se ingresara lo siguiente:

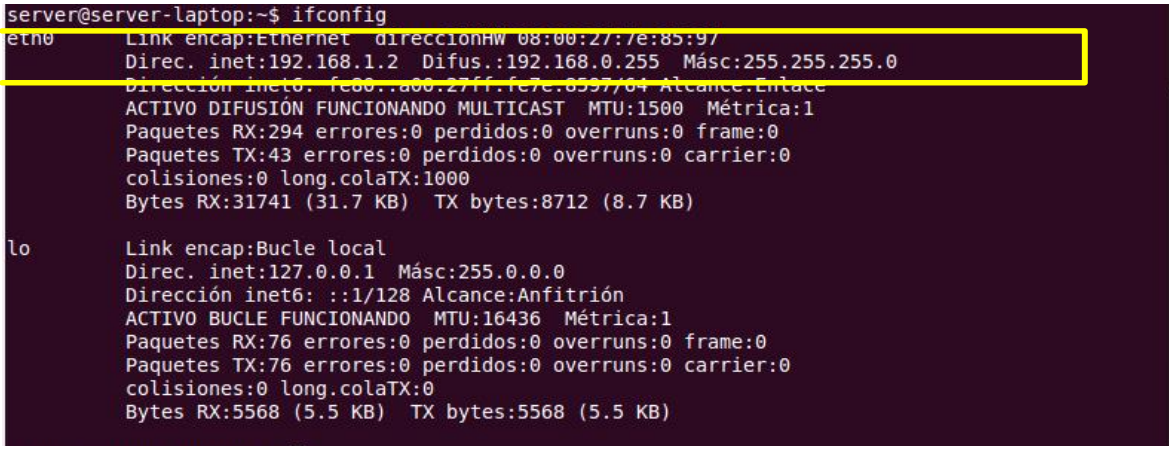
```
auto lo
iface lo inet loopback
auto eth0
        iface eth0 inet static
        address 192.168.1.2
        netmask 255.255.255.0
        network 192.168.1.0
        broadcast 192.168.1.255
        gateway 192.168.1.1
```

Para verificar si el equipo guardo los cambios es necesario ingresar el siguiente comando en la terminal de ubuntu.

- *ifconfig*

Donde se visualizara la información de la interfaz previamente ingresada como se muestra en la siguiente figura:

Figura 20. Información de la interfaz ETH0 del servidor



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Para establecer el servicio de video Streaming se deberá ejecutar el siguiente comando en la terminal del equipo:

vlc --ttl 12 -vvv -I telnet --telnet-password videolan --rtsp-host 192.168.1.2 --rtsp-port 8000 –vlm-conf=/home/vlm.conf

--ttl: es el valor del tiempo de vida de los paquetes IP.

--vvv: es el comando para acceder a VLC como servidor de streaming

-I: es la interfaz por la cual se accede a VLC, puede ser: telnet, web o consola

--telnet-password: es una contraseña que se le asigna al acceso via telnet

--**rtsp-host:** especifica la dirección IP del servidor de video streaming

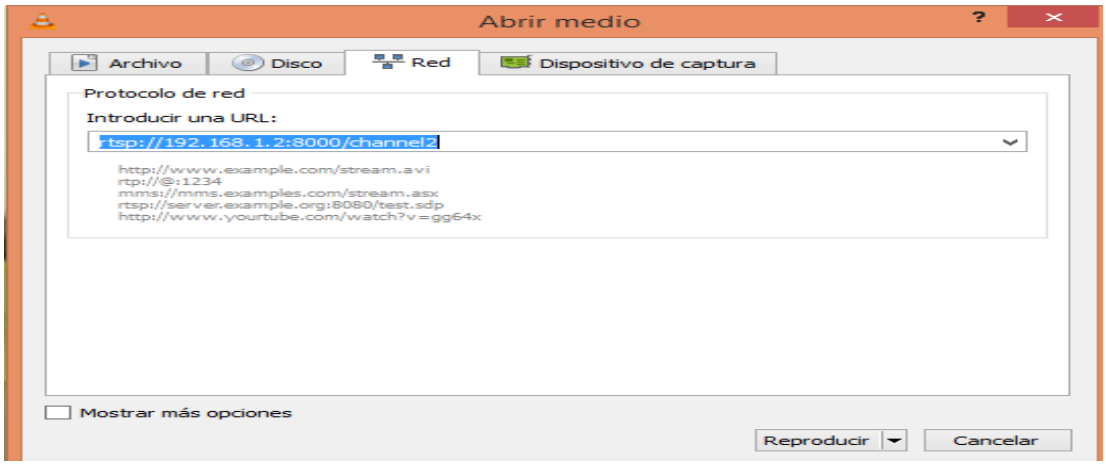
--rtsp-port: especifica el puerto usado por el servidor

-vlm-conf: especifica la ruta donde se encuentra guardado el archivo de configuración.

Al ejecutarse esta línea de comando el servidor inmediatamente estará esperando solicitudes para establecer el servicio de video Streming y para acceder a este servicio en el equipo del cliente abrirá la aplicación VLC ingresara a Medio/Abrir

volcado de red ingresando la siguiente información como se muestra en la siguiente figura:

Figura 21. Acceso del cliente al servicio de video



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Una vez ingresada la informacion de la URL del servidor se le da click en la opción reproducir para solicitar el servicio de video, como se muestra en la siguiente figura:

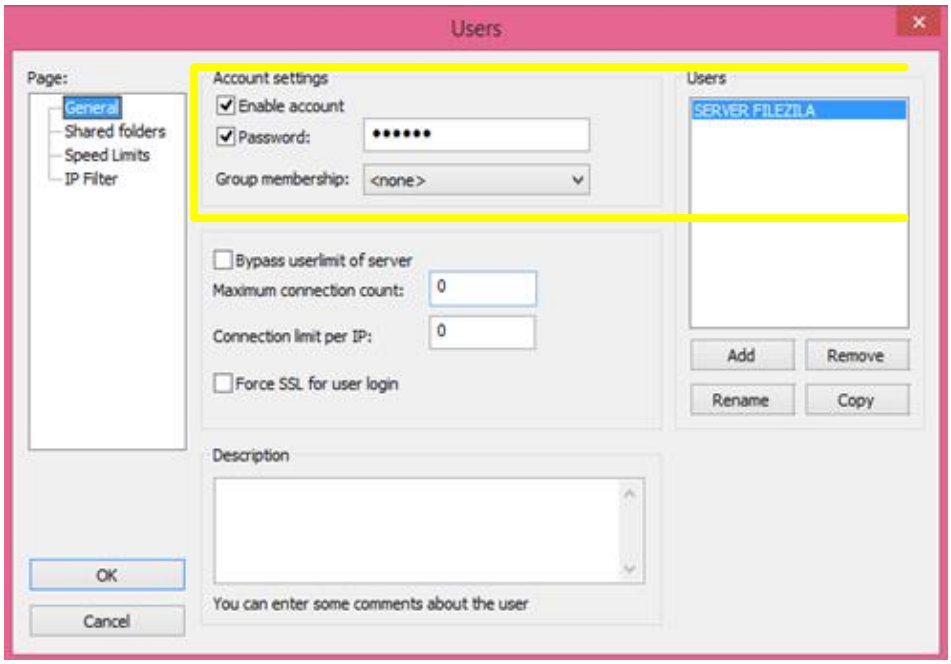
Figura 22. Servicio de video activo solicitado por cliente

Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

7.6.2 CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR FTP FILEZILLA

Para configurar el servidor FTP en primera instancia se instalo en su versión mas reciente la **0.9.47**para windows 8.1 de la pagina oficial de FileZilla (FILEZILLA). Una vez instalado el software en la opción Users se creo un usuario llamado SERVER FILEZILA habilitando la opción de contraseña como se muestra en la siguiente figura:

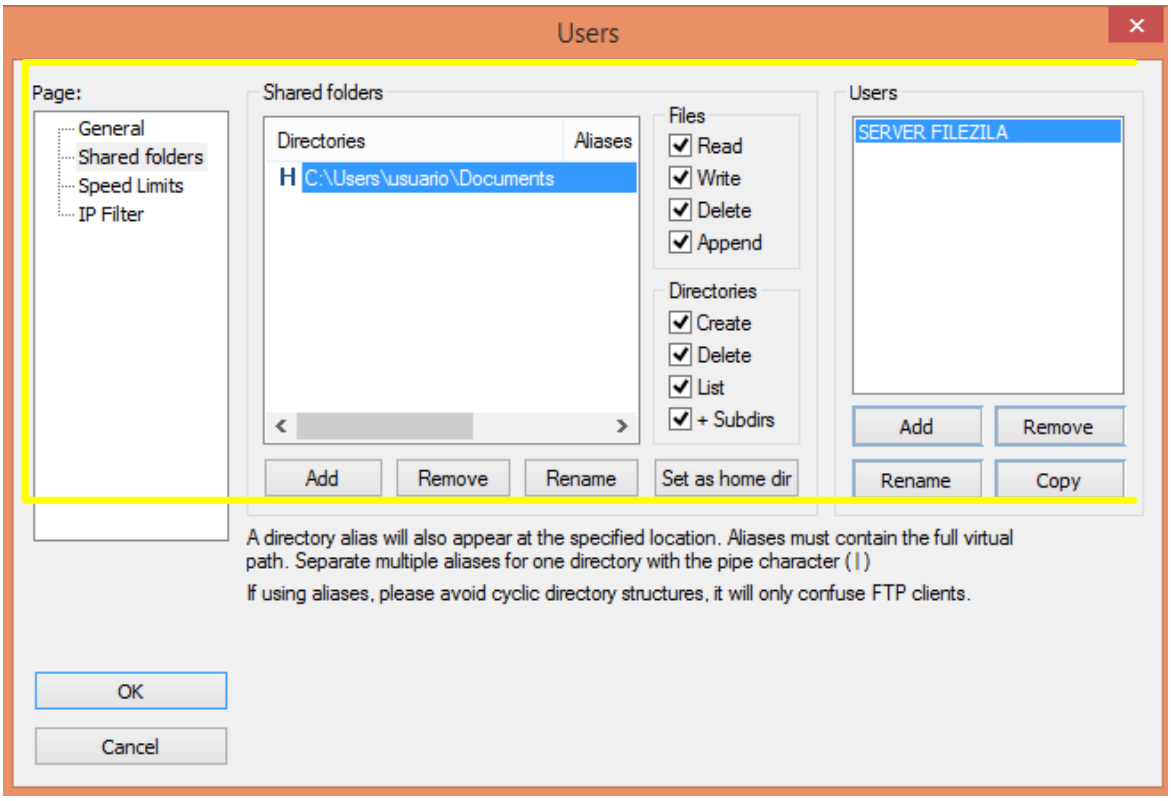
Figura 23. Creación del usuario FTP desde el servidor FileZilla



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Una vez creado el usuario se elige la opción Shared Folders para habilitar los permisos que el usuario podrá tener en las carpetas compartidas elegidas en el servidor, en este caso se eligió que el usuario SERVER FILEZILA obtuviera los permisos de leer, escribir, borrar y anexar archivos o de crear borrar y listar los directorios de las carpetas compartidas, eligiendo la ruta C: \ Users \ usuario \ Documentos, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 24. Permisos que obtiene el usuario FTP cuando ingrese al servidor

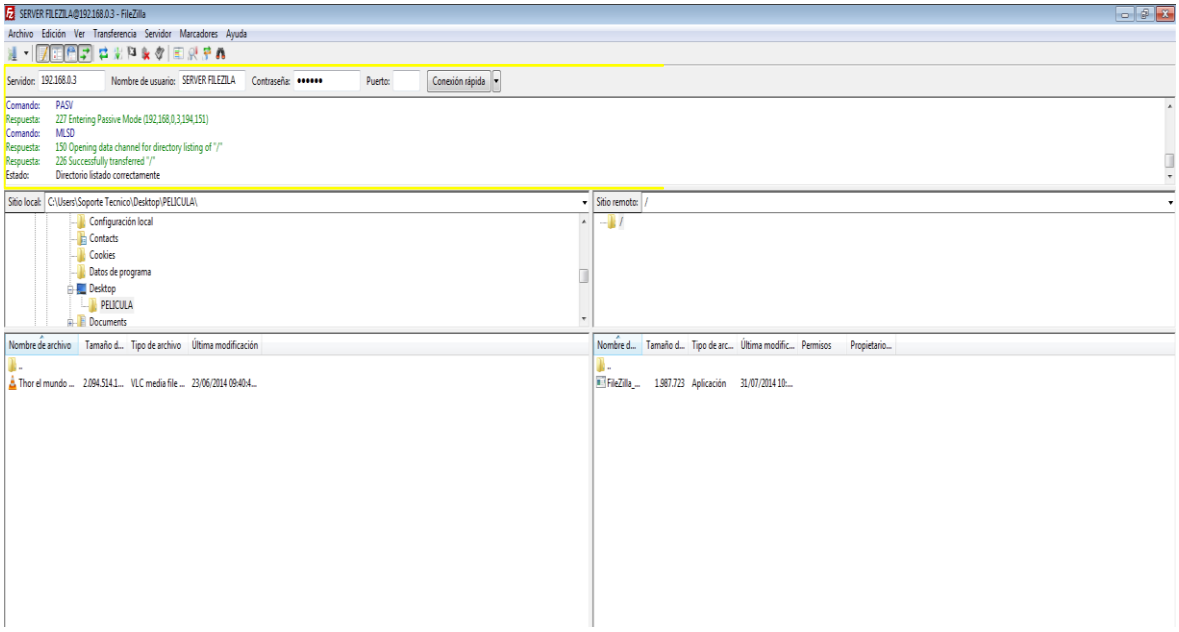


Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

7.6.3 CONFIGURACIÓN DEL CLIENTE FTP FILEZILLA

En primera instancia se instaló el cliente FileZilla de la página oficial en su versión más reciente la 3.9.0.5 para Windows 8, donde se ingresará la IP del servidor, el nombre de usuario y la contraseña, como se muestra en la siguiente figura:

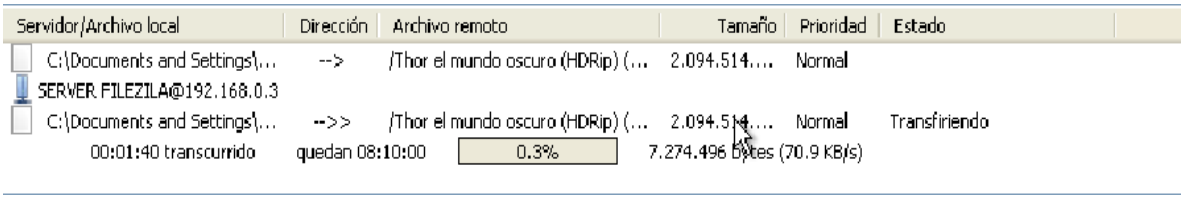
Figura 25. Conexión establecida desde el cliente FileZilla listando los archivos contenidos en el servidor



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Una vez se listen los archivos contenidos se envió la película con relación de aspecto 16:9, resolución HD 1280 x 720 pixeles de un tamaño de 1.95 GB como tráfico de carga al servidor desde el cliente como se muestra en la siguiente figura:

Figura 26. Tráfico de carga enviado desde el cliente al servidor

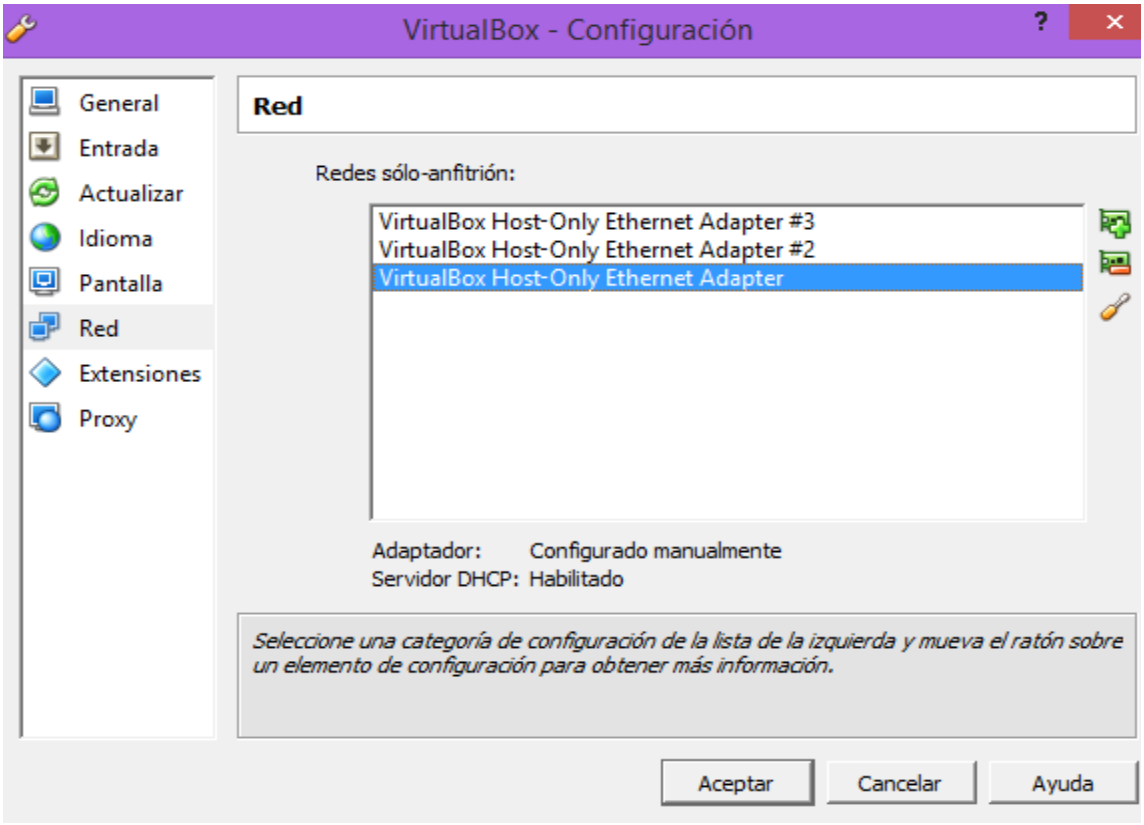


Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

7.6.4 CONFIGURACIÓN DE LAS INTERFACES VIRTUALES EN VIRTUALBOX

VirtualBox es un software que permite la virtualización de sistemas operativos diferente al que se tiene como base, desarrollado por la compañía Oracle Corporation. VirtualBox permite crear interfaces Ethernet llamadas VirtualBox Host-Only Network (Oracle Corporation, 2004-2014), para establecer una conexión con los Cloud “nube” de GNS3. Para este proyecto se crearon tres adaptadores como se muestra en figura 27:

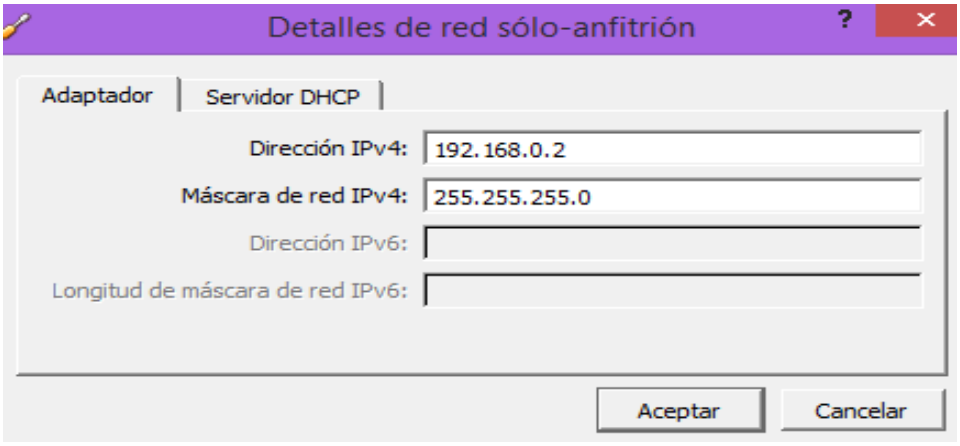
Figura 27. Creación de las interfaces Ethernet con la herramienta VirtualBox



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Una vez creadas las tres interfaces Ethernet en VirtualBox para ser reconocidas por el emulador y conectar las máquinas virtuales a la topología de red creada en GNS3, se ingresó la dirección IP y mascara de red de cada una de las máquinas virtuales creadas, como se muestra en la siguiente figura:

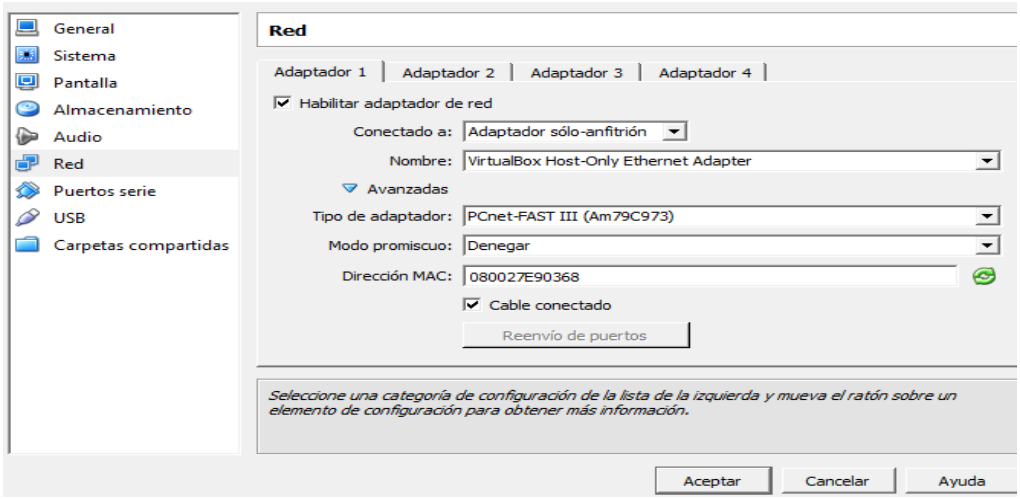
Figura 28. Dirección IP otorgada a la interfaz Ethernet del cliente solicitando el servicio de video



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Acto seguido en cada máquina virtual creada en VirtualBox con su respectivo sistema operativo, en configuración/ Red en la opción conectada a: se ubicó en Adaptador solo-anfitrión (Oracle Corporation, 2004-2014) conectando la interfaz Ethernet virtual de red para posteriormente ser reconocida por el Cloud del emulador GNS3.

Figura 29. Adaptador conectado a la interfaz Ethernet

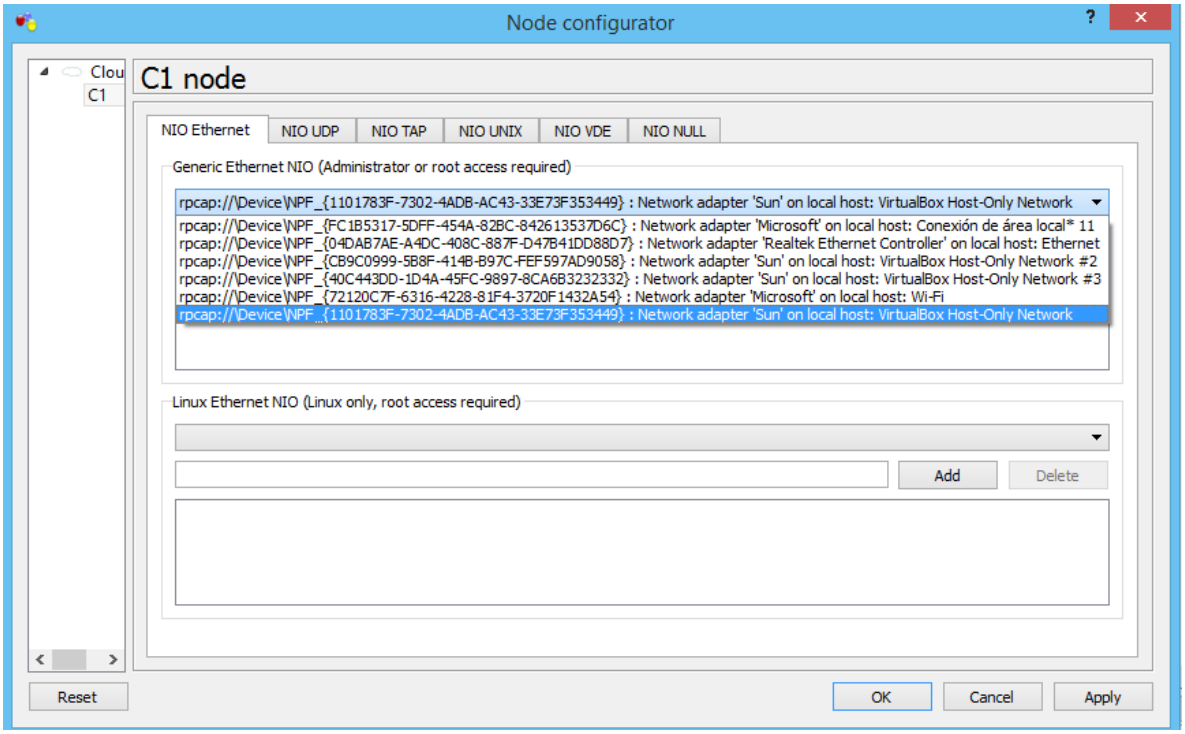


Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

7.6.5 CONFIGURACIÓN DE LOS CLOUD “NUBE” DE GNS3

GNS3 es un emulador de software libre para el diseño y configuración de redes usando los IOS de routers Cisco, permitiendo probar y experimentar las funciones del IOS de cisco. Una de las funciones de GNS3 usadas en este proyecto fueron los Cloud que permiten conectar las interfaces de los routers y los sistemas operativos virtuales creados con la herramienta VirtualBox, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 30. Configuracion del Cloud de GNS3 asociándola a la interfaz de VirtualBox Host-Only Network



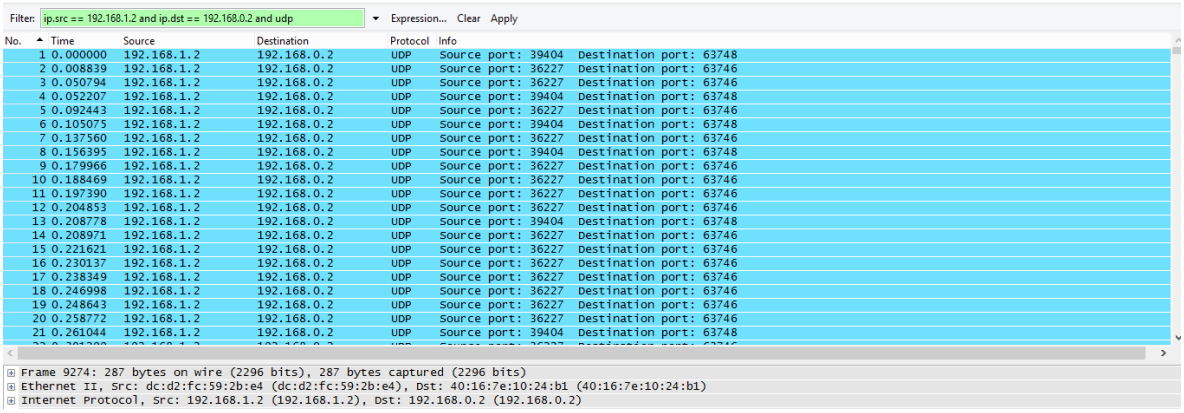
Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

8 RESULTADOS DE EXPERIMENTOS

8.1 PROCEDIMIENTO

Los datos logrados con cada una de las pruebas, fueron obtenidos con el software Wireshark y se trabajaron con valores promedio de Jitter y Delay calculados a partir de las capturas en el cliente al solicitar servicio de video en primera instancia, en segunda al emitir video y tráfico de carga, en los escenarios con una duración de 10 minutos durante todas las pruebas dado a las limitaciones del software por gran cantidad de capturas el archivo seria intratable para poder realizar su pertinente análisis. Este procedimiento se basó en lo publicado por Orzach en diciembre del 2013 (Orzach, 2013), este proceso se inicia con un primer filtrado de los paquetes ingresando la dirección IP de origen, IP de destino y el protocolo de transporte del video que será UDP, en este caso: *ip.src == 192.168.1.2 and ip.dst == 192.168.0.2 and udp*

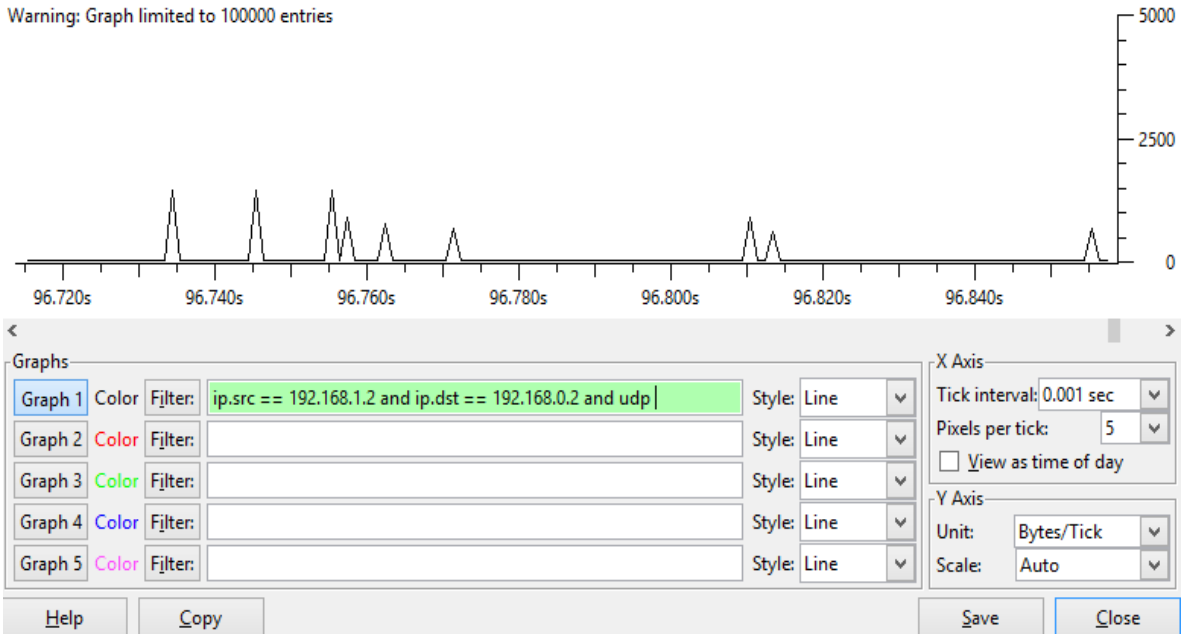
Figura 31. Filtro usado en cada una de las pruebas con el software Wireshark



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Una vez aplicado el primer filtro con la herramienta Wireshark en la barra de opciones se encontrará la función “Statistics- IO graph” que muestra una gráfica del comportamiento de los datos y se aplicará de nuevo el primer filtro usado.

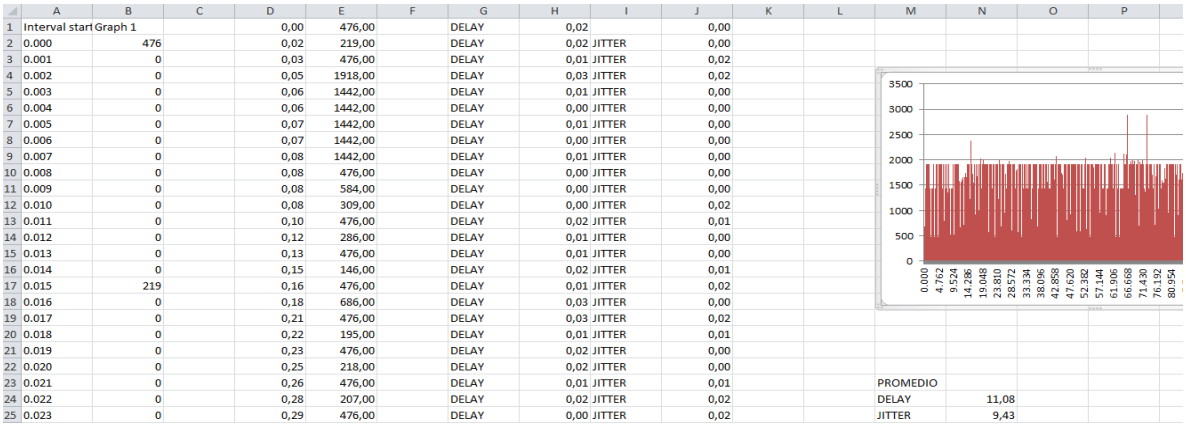
Figura 32. Gráfica IO graph arrojada por el software Wireshark



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Una vez realizado este paso se importan los datos a un block de notas con la opción “copy” y posteriormente abiertos con la herramienta Excel donde se obtendrán los valores de Jitter y Delay.

Figura 33. Datos visualizados con la herramienta Excel



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Interval start	Graph 1		0,00	476,00		DELAY	0,02		0,00						
2	0.000	476		0,02	219,00		DELAY	0,02	JITTER	0,00						
3	0.001	0		0,03	476,00		DELAY	0,01	JITTER	0,02						
4	0.002	0		0,05	1918,00		DELAY	0,03	JITTER	0,02						
5	0.003	0		0,06	1442,00		DELAY	0,01	JITTER	0,00						
6	0.004	0		0,06	1442,00		DELAY	0,00	JITTER	0,00						
7	0.005	0		0,07	1442,00		DELAY	0,01	JITTER	0,00						
8	0.006	0		0,07	1442,00		DELAY	0,00	JITTER	0,00						
9	0.007	0		0,08	1442,00		DELAY	0,01	JITTER	0,00						
10	0.008	0		0,08	476,00		DELAY	0,00	JITTER	0,00						
11	0.009	0		0,08	584,00		DELAY	0,00	JITTER	0,00						
12	0.010	0		0,08	309,00		DELAY	0,00	JITTER	0,02						
13	0.011	0		0,10	476,00		DELAY	0,02	JITTER	0,01						
14	0.012	0		0,12	286,00		DELAY	0,01	JITTER	0,00						
15	0.013	0		0,13	476,00		DELAY	0,01	JITTER	0,00						
16	0.014	0		0,15	146,00		DELAY	0,02	JITTER	0,01						
17	0.015	219		0,16	476,00		DELAY	0,01	JITTER	0,02						
18	0.016	0		0,18	686,00		DELAY	0,03	JITTER	0,00						
19	0.017	0		0,21	476,00		DELAY	0,03	JITTER	0,02						
20	0.018	0		0,22	195,00		DELAY	0,01	JITTER	0,01						
21	0.019	0		0,23	476,00		DELAY	0,02	JITTER	0,00						
22	0.020	0		0,25	218,00		DELAY	0,02	JITTER	0,00						
23	0.021	0		0,26	476,00		DELAY	0,01	JITTER	0,01			PROMEDIO			
24	0.022	0		0,28	207,00		DELAY	0,02	JITTER	0,02			DELAY	11,08		
25	0.023	0		0,29	476,00		DELAY	0,00	JITTER	0,02			JITTER	9,43		

Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

8.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CON LOS EQUIPOS HUAWEI EMITIENDO VIDEO

Las siguientes tablas muestran el comportamiento de las pruebas usando los equipos Huawei con redes soportadas en MPLS con QoS y sin QoS, OSPF y BGP, obteniendo los resultados promedio del Jitter y Delay, capturados en el computador en donde se alojaba el cliente de video, en primera instancia al emitir video y en segunda al emitir video y tráfico de carga en la red.

Tabla 5. Prueba con los equipos Huawei emitiendo video

Prueba con los equipos Huawei emitiendo video				
	MPLS con QoS	**MPLS sin QoS**	**OSPF**	**BGP**
Delay (ms)	11,12	11,08	12,13	14,17
Jitter (ms)	9,51	9,43	10,62	12,63

Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

8.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CON LOS EQUIPOS HUAWEI EMITIENDO VIDEO Y TRÁFICO DE CARGA

Tabla 6. Prueba con los equipos Huawei emitiendo video y tráfico de carga

Prueba con los equipos Huawei emitiendo video y tráfico de carga				
	MPLS con QoS	**MPLS sin QoS**	**OSPF**	**BGP**
Delay (ms)	12,54	16,87	18,05	24,27
Jitter (ms)	11,25	14,13	15,21	25,53

Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

8.4 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EMULADAS CON LA HERRAMIENTA GNS3 EMITIENDO VIDEO

Las siguientes tablas muestran el comportamiento de las pruebas usando la herramienta de emulación GNS3 con redes soportadas en MPLS con QoS y sin QoS, OSPF y BGP, obteniendo los resultados promedio del Jitter y Delay, capturados en el cliente de video, en primera instancia al emitir video y en segunda al emitir video y tráfico de carga en la red.

Tabla 7. Prueba emulada con la herramienta GNS3 emitiendo video

Prueba emulada con GNS3 emitiendo video				
	MPLS con QoS	**MPLS sin QoS**	**OSPF**	**BGP**
Delay (ms)	18,27	18,44	21,69	26,92
Jitter (ms)	13,52	13,43	16,92	22,74

Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

8.5 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EMULADAS CON LA HERRAMIENTA GNS3 EMITIENDO VIDEO Y TRÁFICO DE CARGA

Tabla 8. Prueba emulada con la herramienta GNS3 emitiendo video y tráfico de carga

Prueba emulada con GNS3 emitiendo video y tráfico de carga				
	MPLS con QoS	**MPLS sin QoS**	**OSPF**	**BGP**
Delay (ms)	21,83	24,38	27,57	37,14
Jitter (ms)	17,52	21,45	23,68	29,43

Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

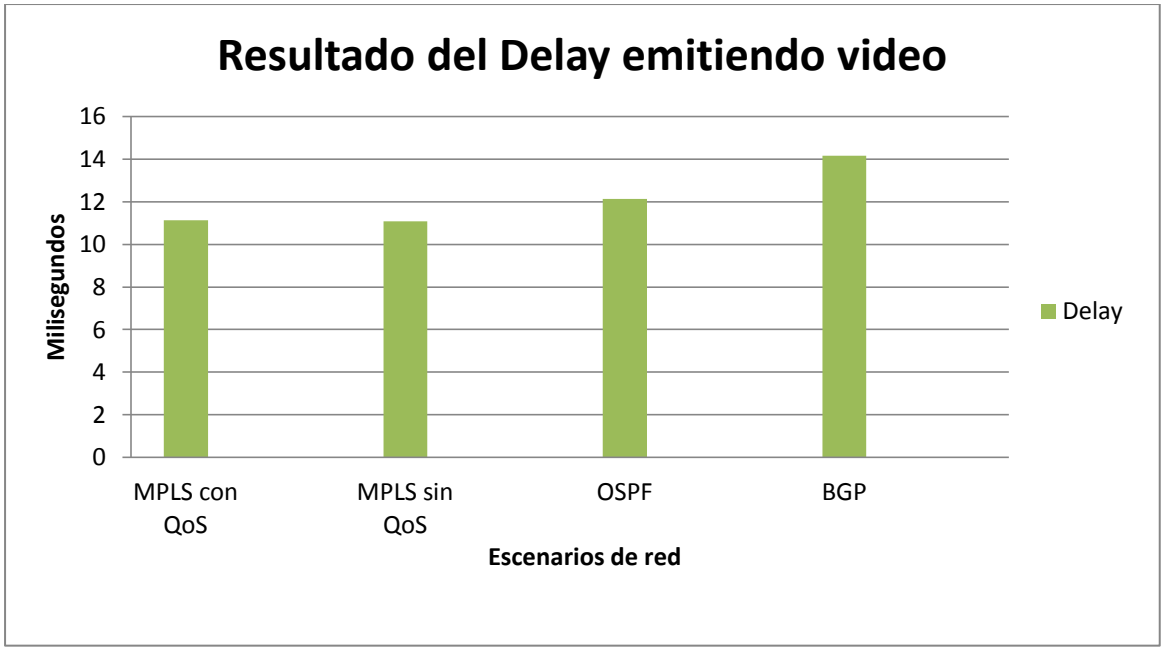
9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se muestra el resultado del comportamiento de cada uno de los escenarios con los equipos Huawei y con el emulador GNS3, en primera instancia emitiendo video y en segunda emitiendo video y tráfico de carga en la red, descubriendo cual tiene un mejor desempeño acordes a los escenarios donde se realizaron las pruebas.

9.1 PRUEBAS DEL DELAY EN LOS EQUIPOS HUAWEI EMITIENDO VIDEO (SIN TRÁFICO DE CARGA)

Para las pruebas del Delay emitiendo video en cada una de los escenarios red se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 34. Resultados del Delay emitiendo video en MPLS con QoS, MPLS sin QoS, OPSF y BGP



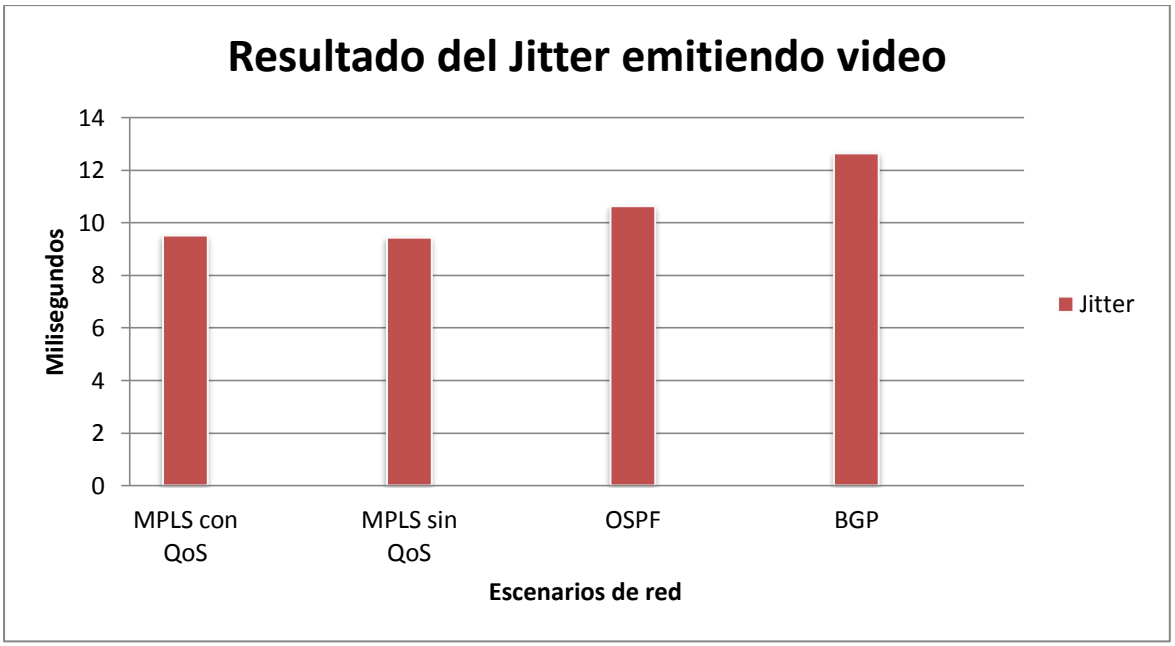
Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Las pruebas realizadas muestran que el resultado del Delay es muy similar para MPLS con QoS y MPLS sin QoS. Con estos datos se comprueba la teoría en donde la calidad de servicio solo aplica en redes congestionadas por múltiples flujos de datos ya que las técnicas de QoS pueden dar prioridad a un tráfico, por tanto como en los datos de la gráfica solo muestran un solo flujo de información, no se observa gran diferencia al aplicar la calidad de servicio. Por otro lado, dado se observa que el Delay en MPLS es mejor que en OSPF y BGP comprobando lo propuesto teóricamente.

9.2 PRUEBAS DEL JITTER EN LOS EQUIPOS HUAWEI EMITIENDO VIDEO (SIN TRÁFICO DE CARGA)

Para las pruebas del Jitter emitiendo video en cada una de los escenarios red se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 35. Resultados del Jitter emitiendo video en MPLS con QoS, MPLS sin QoS, OPSF y BGP



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

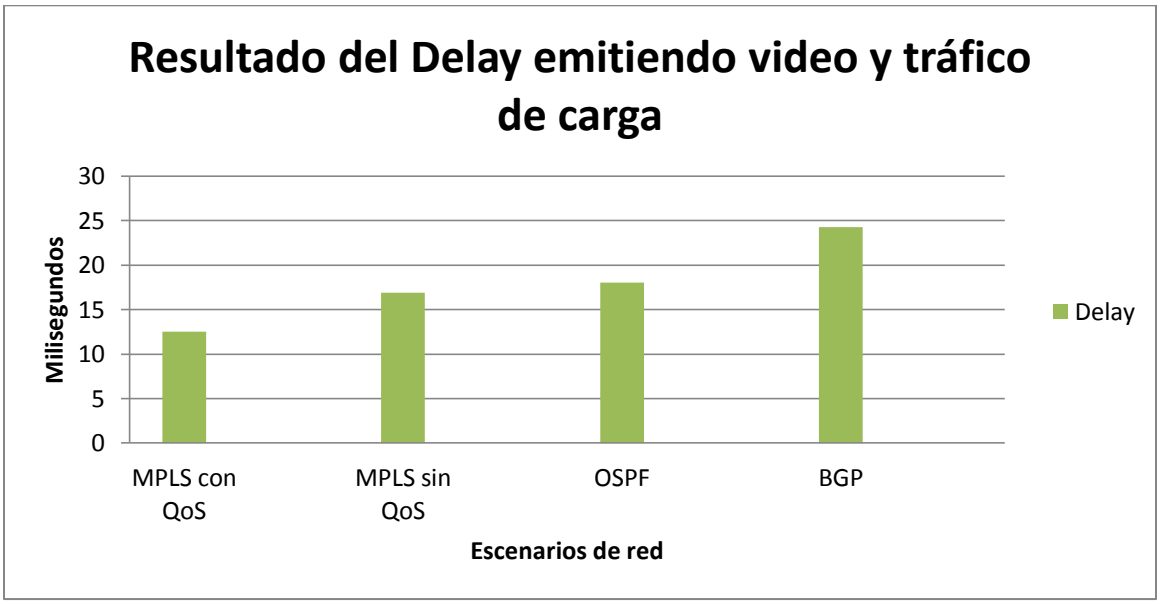
Las pruebas realizadas muestran que el Jitter en MPLS con QoS y MPLS sin QoS tienen el mismo comportamiento que las de Delay mostradas en el numeral anterior, sin embargo cabe anotar que al igual que el Delay, el Jitter obtenido con QoS y el que se obtiene de la prueba sin QoS son prácticamente iguales pues si en la red solo se transporta un único flujo de datos, las configuraciones de QoS no tienen efectos en el Jitter medido del flujo de video.

Por último en esta gráfica también se observa que MPLS tiene un Jitter menor que OSPF y BGP lo que se puede interpretar con un mejor rendimiento de Red comprobado la teoría propuesta para MPLS.

9.3 PRUEBAS DEL DELAY EN LOS EQUIPOS HUAWEI EMITIENDO VIDEO Y TRÁFICO DE CARGA

Para las pruebas del Delay emitiendo video y tráfico de carga en cada una de los escenarios red se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 36. Resultados del Delay emitiendo video y tráfico de carga en MPLS con QoS, MPLS sin QoS, OPSF y BGP



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

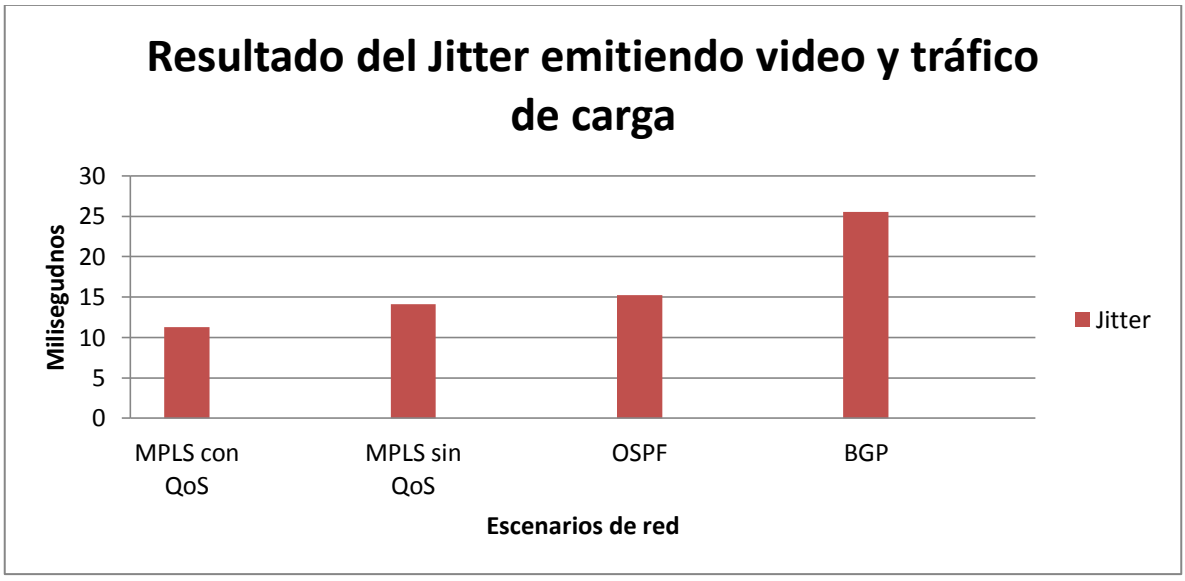
Observando los resultados obtenidos del Delay en cada una de las redes, MPLS con QoS con un valor promedio 12.54 ms muestra un mejor comportamiento al tener tráfico de carga a comparación de MPLS sin QoS con un valor promedio en 16.87 ms, OSPF en 18.05 ms y BGP con el valor más alto en 24.27 ms. Entre MPLS con QoS y sin QoS muestran una diferencia de 4.03 ms, entre MPLS con QoS y OSPF se denota una diferencia de 5.51 ms y entre MPLS con QoS y BGP de 11.73 ms.

Con estos datos se comprueba que al aplicar QoS en una red congestionada por varios flujos de datos es posible reducir el Delay de un flujo de datos determinado.

9.4 PRUEBAS DEL JITTER EN LOS EQUIPOS HUAWEI EMITIENDO VIDEO Y TRÁFICO DE CARGA

Para las pruebas del Jitter emitiendo video y tráfico de carga en cada una de los escenarios red se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 37. Resultados del Jitter emitiendo video y tráfico de carga en MPLS con QoS, MPLS sin QoS, OPSF y BGP



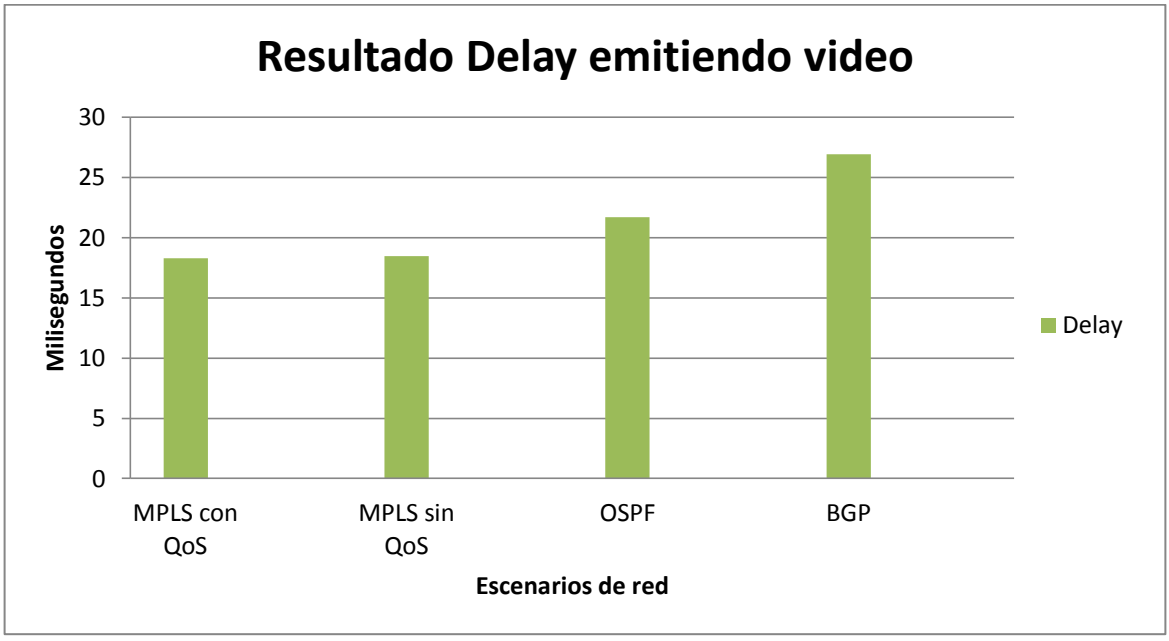
Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

El Jitter en MPLS con QoS es menor encontrando un valor promedio en 11,25 ms a comparación de MPLS sin QoS con un valor promedio en 14.13 ms, OSPF en 15,21 ms y BGP con el valor más alto en 25,53 ms. Encontrando una diferencia de 2.88 ms entre MPLS con QoS y sin QoS, entre MPLS con QoS y OSPF se obtuvo una diferencia de 3.96 ms y se obtuvo una diferencia de 14.28 ms entre MPLS CON QoS y BGP. Al igual que el numeral anterior estos datos demuestran que es posible reducir el valor de Jitter si se aplican técnicas de QoS en una red congestionada por flujos de datos diferentes.

9.5 PRUEBAS DEL DELAY EMULADAS EMITIENDO VIDEO

Para las pruebas del Delay emitiendo video usando GNS3 en cada una de los escenarios red se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 38. Resultados del Delay emitiendo video en MPLS con QoS, MPLS sin QoS, OPSF y BGP



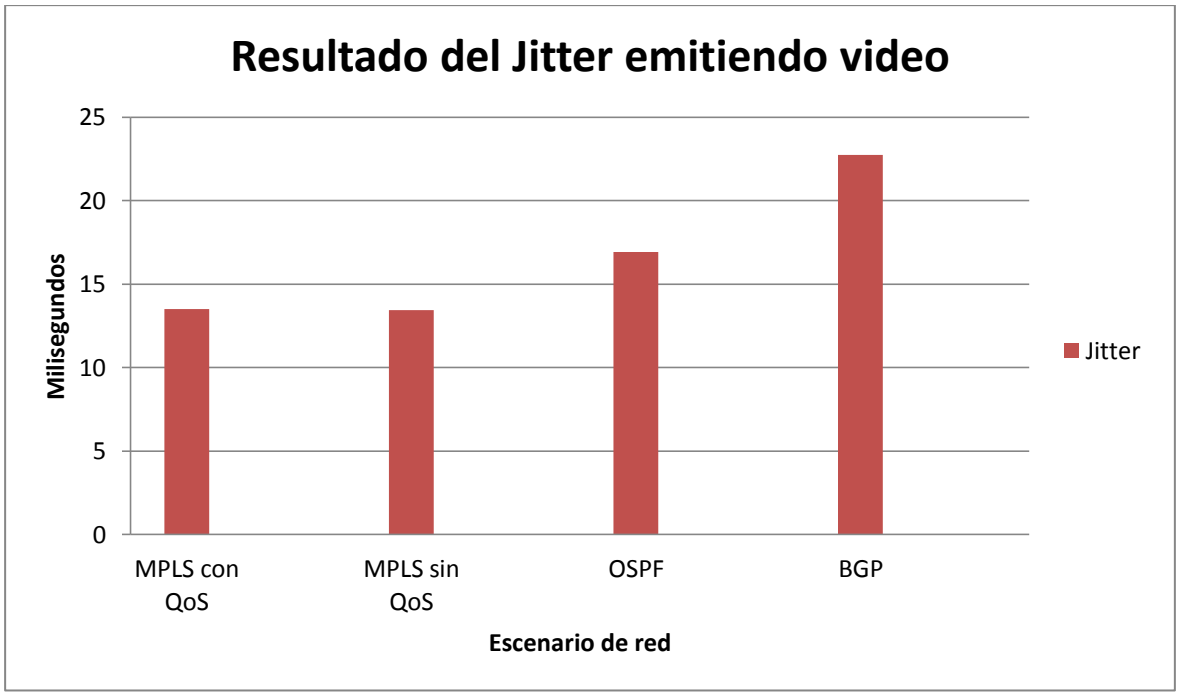
Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Las pruebas muestran que el Delay es muy similar para MPLS con QoS y sin QoS con una diferencia de 0.17 ms entre estos dos escenarios, obteniendo un mejor comportamiento con respecto a OSPF Y BGB, observando que BGP tiene el valor promedio más alto en 26.92 ms con una diferencia de 8.65 ms entre MPLS con QoS y BGP

9.6 PRUEBAS DEL JITTER EMULADAS EMITIENDO VIDEO

Para las pruebas del Jitter emitiendo video usando GNS3 en cada una de los escenarios red se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 39. Resultados del Jitter emitiendo video en MPLS con QoS, MPLS sin QoS, OPSF y BGP



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

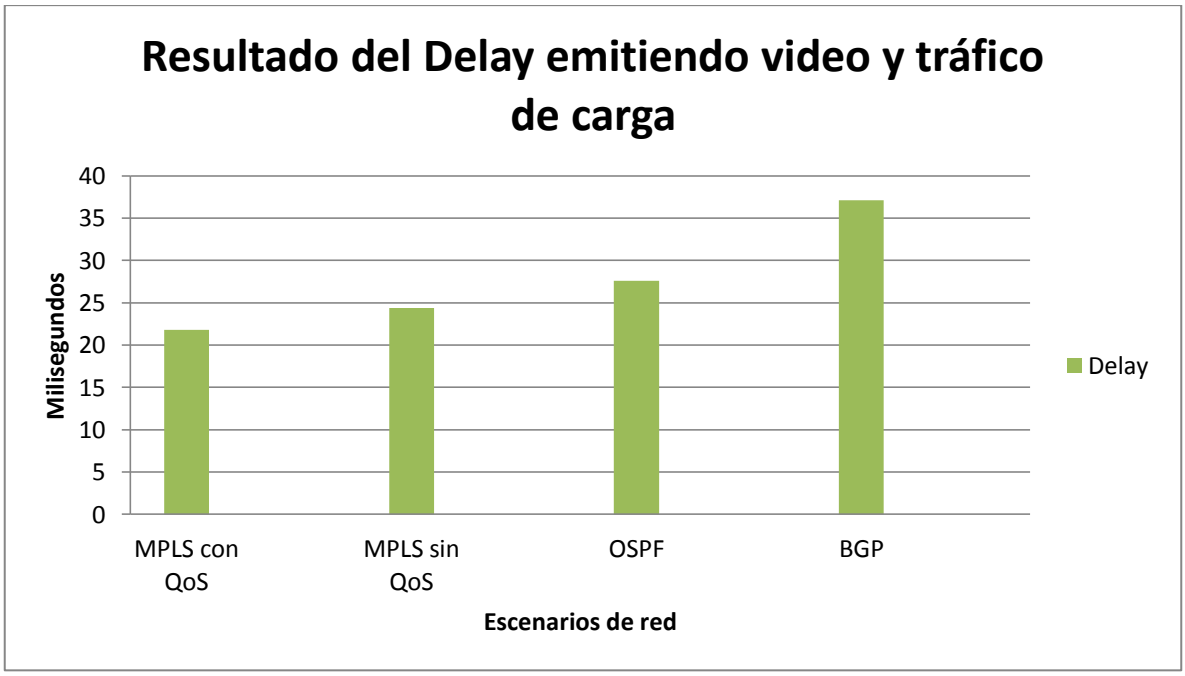
Las diferencias de estas tecnologías muestran que MPLS con QoS con un valor promedio en 13.52 ms y sin QoS en 13.43 ms tienen una diferencia del Jitter de 0.09 ms dado a que se trabajaron con valores promedio la varianza de los datos

obtenidos hace que los valores cuantitativos sean diferentes al analizar las dos pruebas, un valor menor con respecto a OSPF con 16.92 ms y BGP con el valor promedio más alto en 22.74 ms, con una diferencia entre MPLS con QoS y OSPF de 3.4 ms y MPLS con QoS y BGP de 9.22 ms.

9.7 PRUEBAS DEL DELAY EMULADAS EMITIENDO VIDEO Y TRÁFICO DE CARGA

Para las pruebas del Delay emitiendo video y tráfico de carga usando GNS3 en cada una de los escenarios red se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 40. Resultados del Delay emitiendo video y tráfico de carga en MPLS con QoS, MPLS sin QoS, OPSF y BGP



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

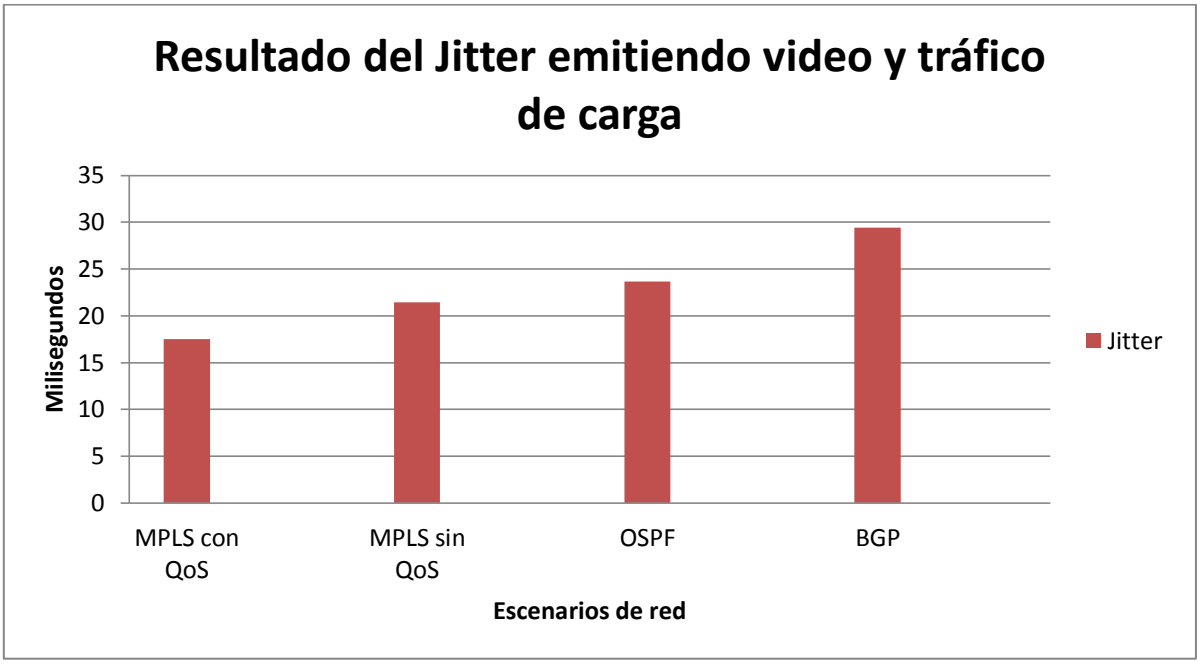
Observando el comportamiento de estas tecnologías se puede ver que el Delay en MPLS con QoS con un valor promedio en 21.83 ms, es menor al emitir video y tráfico de carga con respecto a MPLS sin QoS con un valor promedio en 24.39 ms, OSPF en 27.57 ms y BGP con el valor promedio más alto en 37.14 ms, con una

diferencia entre MPLS con QoS y sin QoS de 2.56 ms, entre MPLS con QoS y OSPF de 5.74 ms y MPLS con QoS y BGP de 15.31 ms.

9.8 PRUEBAS DEL JITTER EMULADAS EMITIENDO VIDEO Y TRÁFICO DE CARGA

Para las pruebas del Jitter emitiendo video y tráfico de carga usando GNS3 en cada una de los escenarios red se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 41. Resultados del Jitter emitiendo video y tráfico de carga en MPLS con QoS, MPLS sin QoS, OPSF y BGP



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

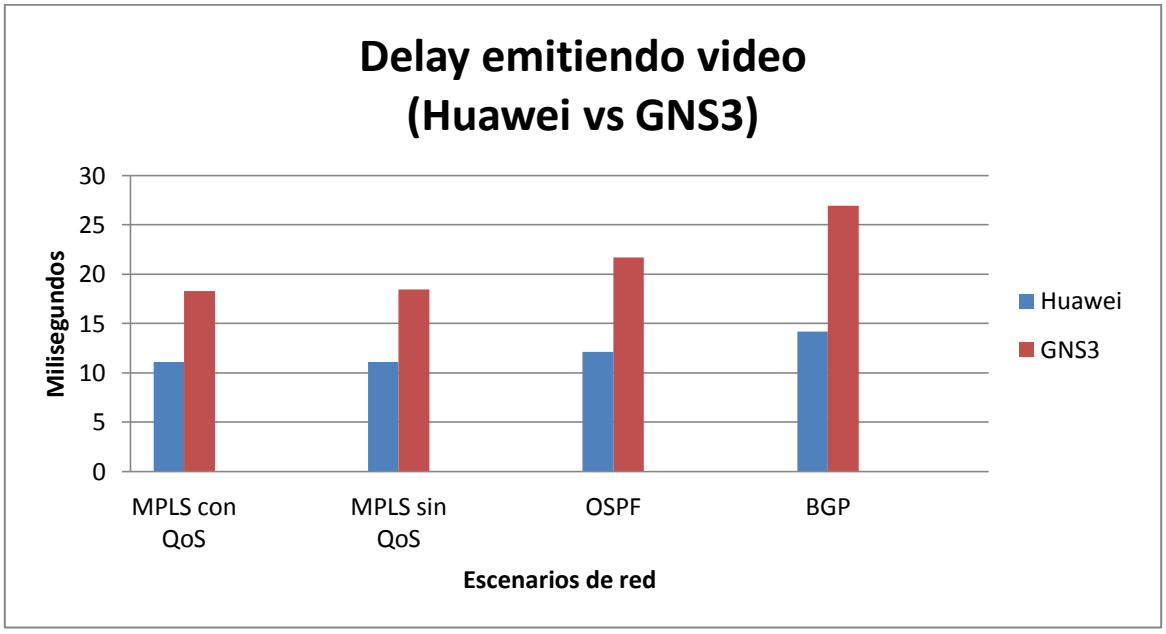
Las pruebas correspondientes muestran que el Jitter en MPLS con QoS con un valor promedio en 17.52 ms, es menor con respecto a MPLS sin QoS con un pico en 21.45 ms, OSPF en 23.68 ms y BGP con el valor promedio más alto en 29.43 ms, con una diferencia de 3.93 ms entre MPLS con QoS y sin QoS, una diferencia de 6.16 ms entre MPLS con QoS y OSPF y una diferencia de 11.91 ms entre MPLS con QoS y BGP.

Observación general para las pruebas emuladas:

Las pruebas realizadas en el emulador GNS3 tienen el mismo comportamiento que las realizadas con equipos físicos, pero en estas se observan valores de Jitter y Delay promedio más altos que las obtenidas con equipos físicos, mostrando que el emulador es una herramienta con buenas similitudes a enrutadores reales, pero el desempeño es menor que el de una red con routers físicos.

9.9 PRUEBAS DEL DELAY EMITIENDO VIDEO (HUAWEI vs GNS3)

Figura 42. Resultados del Delay emitiendo video (Huawei vs GNS3)

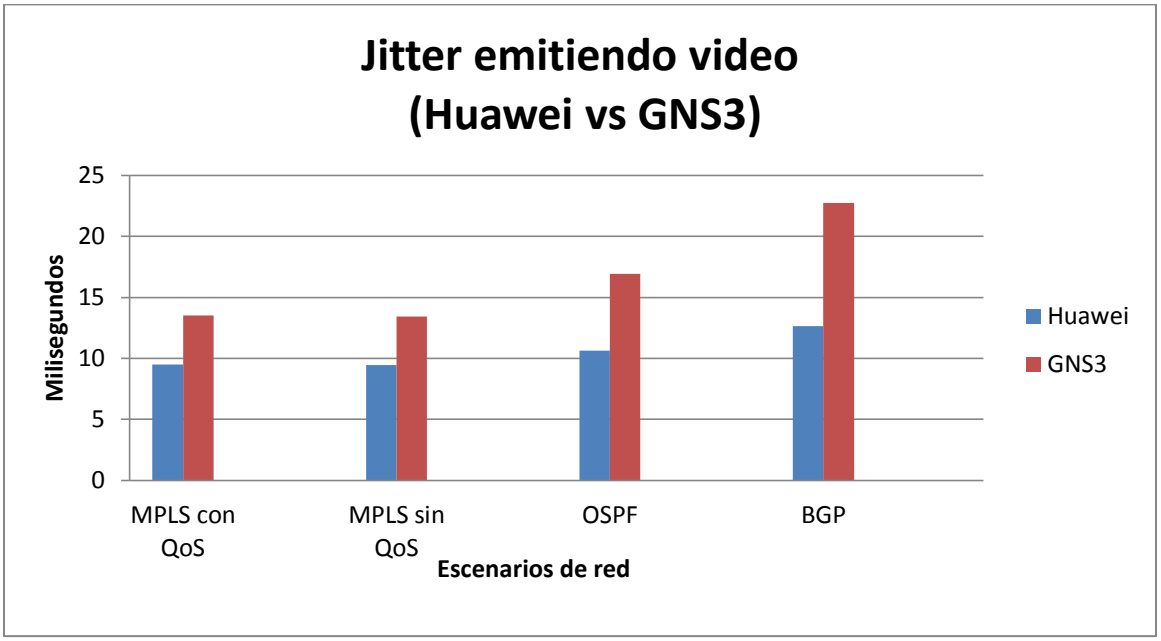


Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Las diferencias de estas tecnologías muestran que los equipos Huawei tienen un Delay menor con respecto al emulador GNS3, como se muestra en el escenario de red MPLS con QoS hay una variación cercana a los 7 ms, en MPLS sin QoS hay una diferencia de 7.36 ms, en OSPF hay una diferencia de 9.56 ms y en BGP hay una diferencia de 12.75 ms, sin embargo en las dos pruebas se obtiene un comportamiento similar.

9.10 PRUEBAS DEL JITTER EMITIENDO VIDEO (HUAWEI vs GNS3)

Figura 43. Resultados del Jitter emitiendo video (Huawei vs GNS3)

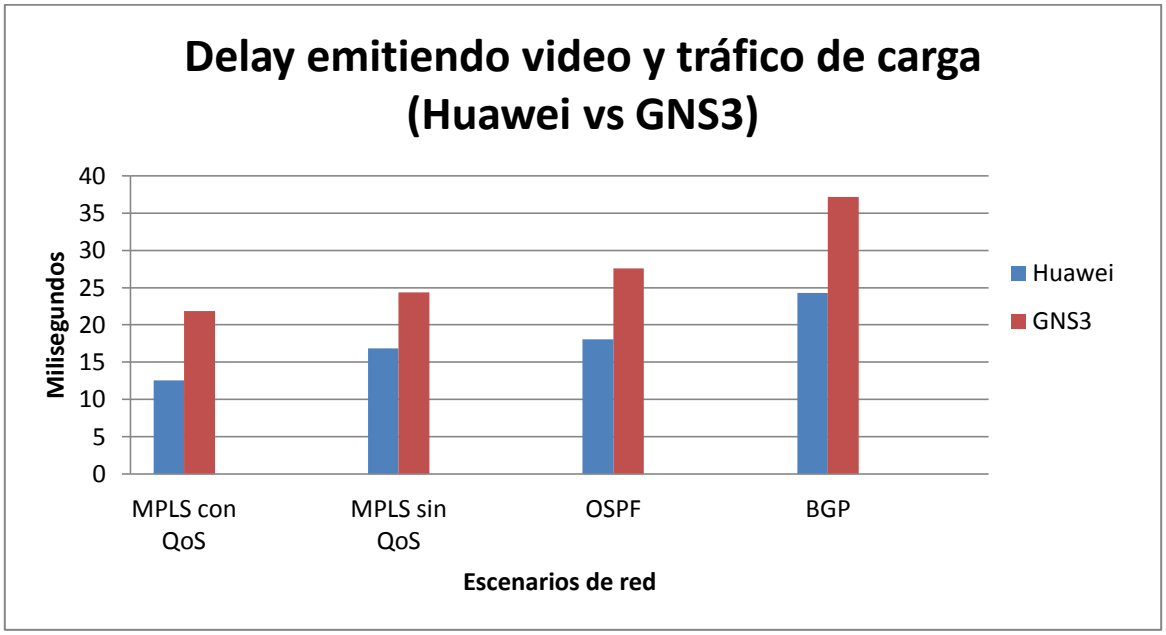


Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

El Jitter en los equipos Huawei es menor con respecto a la herramienta GNS3, encontrando que el Jitter en el escenario de red configurado con BGP en los equipos Huawei con un valor promedio en 12.63 ms, es menor con respecto a MPLS con QoS emulado con GNS3 con un valor promedio en 13.52 ms, encontrando una diferencia de 0.89 ms, en MPLS con QoS se encuentra una diferencia entre Huawei y GNS3 de 4.01 ms, en MPLS sin QoS de 4 ms, en OSPF se encuentra una diferencia de 6.3 ms y en BGP se encuentra una diferencia de 10.11 ms, cabe anotar que en las dos pruebas se obtiene un comportamiento similar.

9.11 PRUEBAS DEL DELAY EMITIENDO VIDEO Y TRÁFICO DE CARGA (HUAWEI vs GNS3)

Figura 44. Resultados del Delay emitiendo video y tráfico de carga (Huawei vs GNS3)

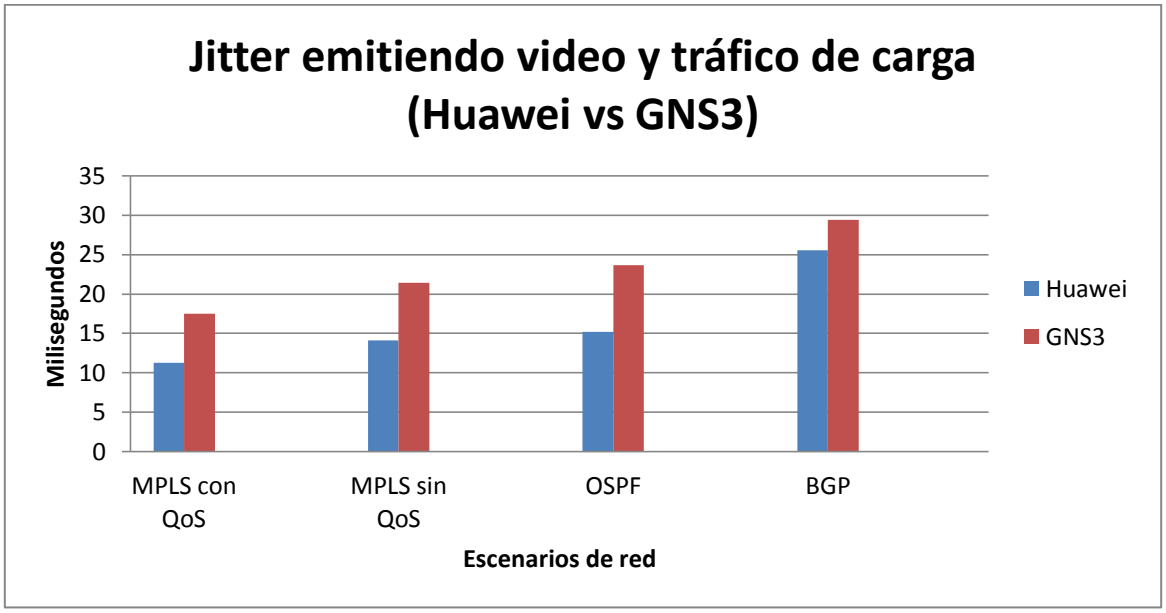


Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Con respecto al Delay emulado con GNS3, se obtuvieron resultados elevados, como en el caso de BGP usando GNS3 con el valor promedio más alto en 37,14 ms con respecto a los otros escenarios variando entre 12 y 28 ms. En el escenario de red MPLS con QoS emulado con con la herramienta GNS3 muestra un mejor comportamiento con respecto a BGP con los equipos Huawei con una diferencia de 2.44 ms, lo que indica que GNS3 es una herramienta confiable que no tiene malos tiempos de respuesta.

9.12 PRUEBAS DEL JITTER EMITIENDO VIDEO Y TRÁFICO DE CARGA (HUAWEI vs GNS3)

Figura 45. Resultados del Jitter emitiendo video y tráfico de carga (Huawei vs GNS3)



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Las pruebas realizadas muestran que el Jitter es más alto en cada uno de los escenarios emulados con la herramienta GNS3, con el valor promedio más alto en BGP con 29,43 ms, MPLS con QoS emulado presenta un mejor comportamiento con respecto a BGP con los equipos Huawei con una diferencia de 12,01 ms. Evaluando el escenario de red BGP usando los equipos Huawei con respecto a MPLS con QoS y sin QoS y OSPF emulado con GNS3 muestran un mejor comportamiento con una diferencia de 8.01, 2.08 y 0.15 ms respectivamente.

10 RECOMENDACIONES

Se recomienda usar MPLS en escearios de red que estén congestionados y en especial para aplicaciones en tiempo real como el video siendo muy susceptibles al Jitter y Delay, también sobre MPLS se puede hacer VPN´s capa 3 para aplicar políticas de QoS DiffServ una VPN con prioridad 7 donde se emitirá el video y otra con prioridad 0 para el tráfico de carga mostrando la disminucion en gran medida estas variables de estudio al aplicar estas políticas QoS para el video.

Al configurar MPLS con los equipos Huawei, al realizar una VPN L2, se presentaron inconvenientes dado que el software no estaba actualizado, por lo tanto se configuró una VPN L3 con QoS con el modelo de calidad de servicio DiffServ que muestra un mejor desempeño en redes congestionadas como en MPLS.

Se presentaron problemas de la conexión de los Cloud o “nubes” de GNS3 con las máquinas virtuales con sistema operativo Windows XP Y Windows 7 en VirtualBox, dado que el computador con sistema operativo base Windows 8 donde se realizaron inicialmente las emulaciones presentaba problemas al crear las interfaces Ethernet asignadas a cada máquina virtual.

En consecuencia se sugiere tener en cuenta los siguientes aspectos al realizar este tipo de configuraciones:

- Para realizar las emulaciones con la herramienta GNS3 conectando a los cloud las máquinas virtuales se recomienda tener computadores con procesador mínimo Core i7 y memoria RAM de 8GB.
- Computador con sistema operativo Windows 7.
- Contar con equipos CISCO para obtener un mejor beneficio al realizar este tipo de pruebas y observar que fabricante tiene un mejor desempeño, al transmitir este tipo de servicios como el de video.

11 ENFOQUE HUMANÍSTICO DEL PROYECTO

Para la Universidad Santo Tomás uno de sus principales objetivos es la formación integral de los estudiantes, que estos desarrollen su capacidad de reflexionar sobre el entorno y contexto en que vive el hombre latinoamericano. Por esta razón, el proyecto ANÁLISIS DE DESEMPEÑO CON RESPECTO AL JITTER Y DELAY, EN REDES SOPORTADAS EN MPLS, BGP Y OSPF TRANSMITIENDO VIDEO SOBRE IP tiene una finalidad de servicio que consiste en identificar en cuál de los escenarios tiene un mejor comportamiento, para que se propongan tecnologías como el servicio de multimedia transmitiendo video, por medio de estas redes para los sectores del país que no tienen acceso y no pueden disfrutar de este tipo de servicios, generando y transmitiendo contenidos que aumenten el desarrollo intelectual y generen mejor calidad de vida a la población en general.

Por tal razón, la evolución de las telecomunicaciones va de la mano con el desarrollo de la humanidad, donde el hombre genera múltiples técnicas para transformar y cambiar su entorno, ejemplo de lo anterior podemos mencionar a grandes pensadores como Galileo, Newton y Einstein entre otros. Hoy en día las telecomunicaciones están en gran auge con el avance de las nuevas tecnologías que permiten a los usuarios disfrutar de múltiples servicios en campos como el empresarial, educativo y entretenimiento.

Para Santo Tomás de Aquino el hombre es un ser racional y social, por medio de la comunicación e interacción con los otros construye su mundo, perfecciona su conocimiento**,** por esta razón es indispensable realizar este tipo de estudios dado que los usuarios cada vez exigen mayor capacidad de las redes que transportan servicios como el de video y a medida de que la red vaya creciendo los sectores poco favorecidos podrán disfrutar de las tecnologías de la información como lo hace el ministerio Mintic con su plan vive digital.

Uno de los aspectos que se tuvieron en cuenta para realizar este proyecto de grado es la misión de la universidad Santo Tomás, enfocada en fundamentos humanísticos en el proceso de formación integral, para desarrollar acciones no sólo académicas sino éticas y de proyección social para aportar soluciones a la sociedad, mostrando la ciencia como actividad humana que forma parte de las sociedades modernas.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados estos fueron la base para el desarrollo de este proyecto, ofreciendo servicios con excelente calidad generando una mejor experiencia a los usuarios, proponiendo un documento con todo el soporte técnico para aquel que esté buscando este tipo de soluciones los pueda adquirir.

Para culminar este apartado es importante resaltar el perfil profesional del Ingeniero de Telecomunicaciones que se ofrece en nuestra Universidad donde se encuentra:

El Ingeniero de Telecomunicaciones de la Universidad Santo Tomás es un profesional ético e integral, orientado a solucionar problemáticas e innovar en el desarrollo de aplicaciones, servicios e infraestructura en el campo de las telecomunicaciones, redes de transmisión de datos, sistemas de información y la gestión de proyectos.

Es una persona formada con sentido crítico, capaz de integrar soluciones efectivas en el ramo de las telecomunicaciones, con creatividad para realizar proyectos de investigación, desarrollar y adoptar nuevas tecnologías en el sector y con habilidad empresarial que le permite crear su propia empresa.

12 CONCLUSIONES

La realización del presente documento muestra los procedimientos y metodologías que se ejecutaron para medir las variables de estudio, en los escenarios donde se realizaron las pruebas del Jitter y Delay, en una red operador basada en MPLS con QoS y sin QoS, una red corporativa basada en OSPF y una red pública basada en BGP, siendo actualmente las tecnologías usadas en networking para diferentes aplicaciones, donde a lo largo del documento se justificaron y se desarrollaron los objetivos establecidos de este proyecto de grado, acorde a esto se puede concluir:

- Al realizar el análisis del desempeño con respecto al Jitter y Delay en redes soportadas en MPLS con QoS, MPLS sin QoS, OSPF y BGP, tanto emuladas con GNS3 como con los equipos Huawei se concluye que MPLS con QoS es la mejor opción al emiir video con tráfico Unicast y direccionamiento IPv4 por que el Jitter disminuye en 55.94% con respecto a BGP, 26.54% con respecto a OSPF y con respecto a MPLS sin QoS disminuye un 20.39% generando menores tiempos de respuesta cuando el cliente solicita el servicio de video en los escenarios de red congestionados.

- Según las pruebas realizadas en MPLS con QoS en los equipos Huawei al tener video y tráfico de carga en la red, la VPN L3 configurada con políticas de QoS Diffserf y en ella transportándose el video, se evidencia que MPLS con QoS en escenarios de red congestionados usando los equipos Huawei presenta un mejor comportamiento; en cuanto al Delay en un 25.66% con respecto a MPLS sin QoS, 30.52%. Con respecto a OSPF y 48.33% con respecto a BGP, esto demuestra que si se tienen varios flujos de datos y se da prioridad a un flujo especifico, MPLS con QoS puede disminuir en gran medida el Jitter y el Delay con respecto a MPLS sin QoS, OSFP y BGP, lo que puede mejorar la calidad del Video Unicast transportado sobre IP.

- En los escenarios de red configurados con BGP, presentaron los valores más elevados, dado que cada router tiene que compartir las rutas con su vecino para poder reconocer las tablas de enrutamiento, aumentando en gran medida su tiempo de respuesta y el procesamiento de los equipos, por lo tanto el escenario de red configurado con BGP no es recomendado para transportar servicios como video y al congestionar la red con tráfico de carga el Delay aumenta en un 41.61% y el Jitter 50.52% en los equipos Huawei.

- Al realizar las pruebas emuladas se observó que GNS3, para su correcto funcionamiento, debe usar un equipo con procesador Core i7 y 8 GB de memoria RAM. Para poder conectar los cloud con las interfaces de red de las máquinas anfitrionas, proporcionando así que la red configurada el servicio de video tenga un buen funcionamiento al ser solicitado por el cliente ya que dependiendo de las características del equipo donde se realicen las emulaciones aumentaran o disminuirán en gran medida los valores promedio del Jitter y Delay, dado que inicialmente se trabajó con un equipo con diferentes características procesador AMD A10 Y 4 GB de memoria RAM.

- Al realizar las pruebas con los routers físicos Huawei y emuladas en GNS3 configurados con MPLS con QoS y sin QoS sin tráfico de carga, no disminuye el Jitter ni el Delay, lo que demuestra que las técnicas de QoS se deben usar en redes congestionadas por donde se transportan varios flujos de datos dado que al transportar un solo servicio no hay diferencia entre usar o no usar QoS.

13 BIBLIOGRAFÍA

4206, R. (Octubre de 2005). *Label Switched Paths (LSP) Hierarchy with Generalized Milti Protocool Label Switching (GMPLS) Traffic Engineering (TE).* Obtenido de http://tools.ietf.org/html/rfc4206

A. Mishra, A. S. (s.f.). OSPF: Traffic Engineering Solution for OSPF Based Best Effort Networks. (2845-1849).

Alvares, E. (s.f.). *Introducción a IP versión 4.* Argentina : UBA.

B. Davie, P. V. (Mayo de 2002). *Multi-Protocol Label Switching (MPLS) support of Differentiated Services.* Obtenido de https://www.ietf.org/rfc/rfc3270.txt

Beben, A. (s.f.). EQ-BGP an efficient inter domain QoS routing protocol. *IEEE*.

Boulevard Wilson, M. d. (Septiembre de 1981). *TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL*. Obtenido de https://tools.ietf.org/html/rfc793

CISCO. (15 de Febrero de 2008). *DiffServ Tunneling Modes for MPLS Networks.* Obtenido de http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/multiprotocol-label-switching-mpls/mpls/47815-diffserv-tunnel.html

CISCO. (21 de Mayo de 2012). *Algoritmo de selección del mejor trayecto BGP.* Obtenido de http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/74/74534_25.html

CISCO. (2012). Multi-VRF Support.

CISCO. (s.f.). *News Room.* Recuperado el 10 de Junio de 2014, de http://cisco.mwnewsroom.com/es/es/release/El-tr%C3%A1fico-anual-de-Internet-se-multiplicar%C3%A1-casi-por-tres-alcanzando-16-Zettabytes-1974006.

CISCO. (s.f.). *www.gns3.net*. Recuperado el 2014 de Septiembre de 2014, de GNS3: www.gns3.net

Cyril Deguet, A. d. (2004). Guia de usuario de VLS. s.l: VideoLAN.

D. Hoffman, G. F. (Enero de 1998). *RTP Payload Format for MPEG1/MPEG2 Video.* Obtenido de https://www.ietf.org/rfc/rfc2250.txt

Dias, A. F. (2013). *ANÁLISIS DE DESEMPEÑO PARA UNA RED IP CON TRÁFICO GENERADO POR UN SERVIDOR DE VIDEO STREAMING UTILIZANDO PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO TIPO IGP, MULTICAST Y UNICAST PARA IPv4 E IPv6.* Bogotá: USTA.

FILEZILLA. (s.f.). *FILEZILLA*. Obtenido de https://filezilla-project.org/

Forum, U. (Marzo de 2005). UPnP QoS Architecture.

G.1020, I.-T. (Noviembre de 2003). *Performance parameter definitions for quality of speech and other voiceband applications utilizing IP networks.* Obtenido de http://www.itu.int/rec/T-REC-G.1020-200311-S/es

GNS3. (s.f.). *Dynamips*. Obtenido de https://community.gns3.com/login.jspa?referer=https://community.gns3.com/community/software/download/appliances/blog/2014/10/03/dynamips/

Haskell, B. G. (1996). *An Introduction to MPEG-2.* Springer London.

HUAWEI. (2011). Configuration Guide - VPN.

J. Romero, A. L. (s.f.). Analisis de QoS en redes IP: Diffserv y MPLS. *UPV*.

K Nguyen, B. (s.f.). A Distributed and Scalable MPLS Architecture for Next Generation Routers. *IEEE*.

k. Shuaib, F. S. (s.f.). Extending OSPF for large scale MPLS networks. *IEEE*.

L. AmbrosoliL, L. B. (s.f.). TMN architecture for SDH networks using IS-IS routing protocol: design and performances. *IEEE*, 223-227.

Lee, T. (s.f.). Multiprotocol Label Switching (MPLS) and diferentiated services (DS) as Quality of service (QoS) solution. *IEEE*.

M. Cotton, L. V. (Marzo de 2010). *IANA Guidelines for IPv4 Multicast Address Assignments.* Obtenido de http://tools.ietf.org/html/rfc5771

M. ema, N. B. (s.f.). OpenFlow MPLS and the open source label switched router. *IEEE*.

M. Ishak, H. B. (s.f.). Reducing delay and jitter for real-time control communication in Ethernet . *IEEE*, 162-168.

M. Kaur, C. K. (s.f.). Quality of service approach in homogenous network (UMTS-UMTS) using parameter throughput, jitter and delay . *IEEE*, 11-14.

M. Porwal, A. Y. (s.f.). Traffic Analysis of MPLS and Non MPLS Network including MPLS Signaling Protocols and Traffic Distribution in OSPF and MPLS. *IEEE*.

Mark Claypool, J. T. (s.f.). The effects of jitter on the perceptual quality of video.

Mogul, J. (Octubre de 1984). *BROADCASTING INTERNET DATAGRAMS.* Obtenido de http://tools.ietf.org/html/rfc919

N. Jasika, N. A. (s.f.). Dijkstra´s shortest paht algorithm serial and parallel execution performance analysis.

N. Laskovic, S. F. (s.f.). BGP with an adaptive minimal route advertisement interval . *IEEE*, 2-6.

O. Sharon, S. H. (s.f.). Dissemination of routing information in broadcast networks: OSPF versus IS-IS. . *IEEE*, 56-65.

Oracle Corporation. (2004-2014). *VirtualBox User Manual.* Obtenido de http://dlc.sun.com.edgesuite.net/virtualbox/4.3.18/UserManual.pdf

Oracle. (s.f.). *VirtualBox*. Obtenido de https://www.virtualbox.org

Orzach. (2013). *Network Analysis Using Wireshark CookBook.* PACKT.

Ping lai, H. S. (s.f.). Designing Efficienet FTP Mechanims For Hing Performance Data Transfer over InfiniBand.

Ping Lai, H. S. (s.f.). Designing Efficinet FTP Mechanims For Hing Performance Data-Transfer over InfiniBand. *IEEE*.

Postel, J. (Junio de 1980). *FILE TRANSFER PROTOCOL.* Obtenido de http://tools.ietf.org/html/rfc765

QEMU. (s.f.). *Main Page*. Obtenido de http://wiki.qemu.org/Main_Page

R. BRADEN, D. C. (Junio de 1994). *Integrated Services in the Internet Aechitecture.* Obtenido de http://tools.ietf.org/html/rfc1633

R. Rastogi, Y. B. (s.f.). Optimal configuration of OSPF aggregates. *IEEE*, 181-194.

Rey, M. d. (Septiembre de 1981). *RFC.* Obtenido de www.rfc-es.org/rfc/rfc0791-es.txt

RFC. (Noviembre de 2002). *IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM).* Obtenido de https://www.ietf.org/rfc/rfc3393.txt

RFC. (Julio de 2003). *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications.* Obtenido de http://tools.ietf.org/html/rfc3550

RFC. (Junio de 2004). *Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Switching Router (LSR) Management Information Base (MIB).* Obtenido de http://www.ietf.org/rfc/rfc3813.txt

RFC. (Diciembre de 2007). *RTP PAYLOAD FORMAT FOR GENERIC FORWARD ERROR CORRECTION .* Obtenido de https://tools.ietf.org/html/rfc5109

RFC. (Febrero de 2008). *Jitter Considerations in Mobile Ad Hoc Networks (MANETs).* Obtenido de http://tools.ietf.org/html/rfc5148

RFC. (Marzo de 2009). *Packet delay variation applicability statement.* Obtenido de http://tools.ietf.org/html/rfc5481

RFC. (Marzo de 2011). *Label Edge Router Forwarding of IPv4 Option Packets.* Obtenido de https://tools.ietf.org/html/rfc6178

Ruso, O. (2010). IS-IS Metric optimization. *IEEE*, 282-286.

T. Socolofsky, C. K. (Enero de 1991). *Un Tutorial de TCP/IP.* Obtenido de http://www.rfc-es.org/rfc/rfc1180-es.txt

Tadashi Takamiya, Y. Y. (s.f.). System for compesating Jitter of video signal. *IEEE*.

Thaler, D. (Octubre de 2010). *Unicast-Prefix-Based IPv4 Multicast Addresses.* Obtenido de http://tools.ietf.org/html/rfc6034

Tielei Zhang, Y. C. (s.f.). Scalable BGP QoS Extension with Multiples Metrics. *IEEE*.

U. Iñaki, J. N. (s.f.). Video Tester a multiple metric framework for video quality assessment over IP network. *IEEE*.

Willian Galvis Cuellar, R. C. (2011). Caracterización voz y video. *2*(1).

Wireshark. (2004). *Wireshark tools.* Obtenido de www.wireshark.org

Y. Chung, M. P. (s.f.). QoS negotiable service framework for multimedia services connected through subscriber networks. *IEEE*.

Y. Raymond, Y. C. (s.f.). Scalable Video Delivery to Unicast Handheld based clients. *IEEE*.

Y.1540, I.-T. (Marzo de 2011). *Internet Protocol data comunnicatio service-IP packet transfer and availabity performance parameters.* Obtenido de www.itu.int/rec/T-REC-Y.1540

Yuan-Chi Chang, T. C. (s.f.). Effects of temporal Jitter on video quality: assessment using psychophycal and computational modeling methods. *IEEE*.

Z. Wenwu, Y. T. (s.f.). Modeling and simulation of MPEG-2 videotransport over atm networks considering the jitter effect. *IEEE*.

Zhen Quin, R. R. (s.f.). OSPF-Based Adaptative and Flexible Security-Enhaced QoS Provisioning. *IEEE*.

14 ANEXOS

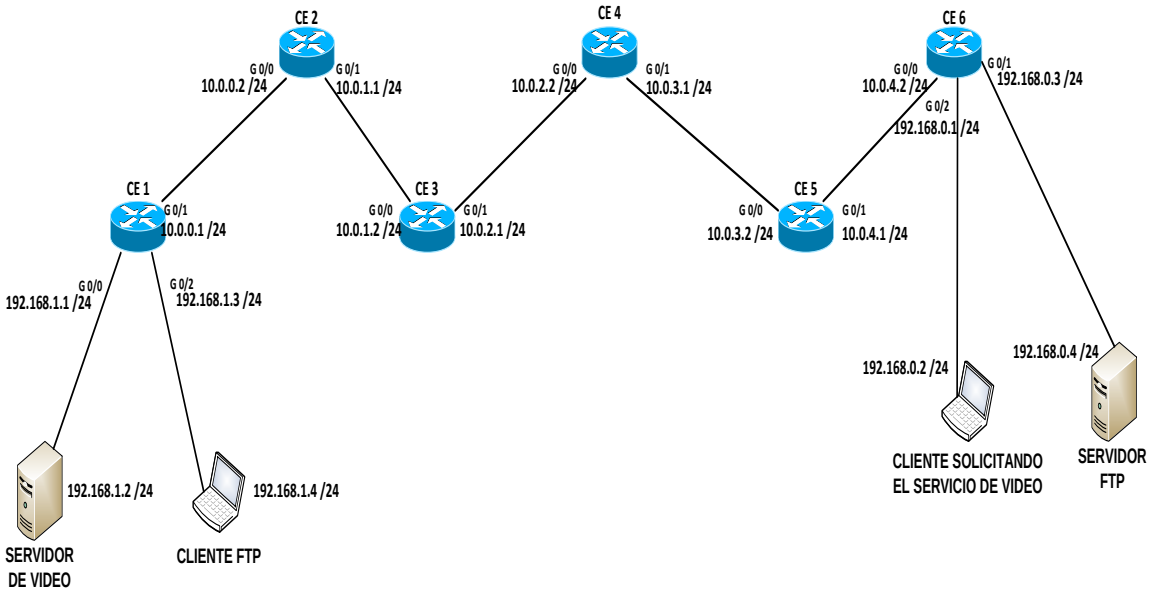
14.1 CONFIGURACIÓN DE ENRUTAMIENTO EN LOS EQUIPOS HUAWEI

Para realizar la configuración del enrutamiento se debe tener en cuenta el esquema de direccionamiento para configurar correctamente los routers.

14.1.1 Configuración MPLS con QoS

Se iniciara con la configuración de los equipos Huawei en la arquitectura de red donde se realizaron las pruebas de MPLS con QoS.

Figura 46. Arquitectura de red para realizar las pruebas MPLS con QoS



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

Los pasos para configurar MPLS con QoS fueron los siguientes:

- Una vez esté en el sistema de gestión del router se ingresara en modo habilitado usando el comando *system-view*

- Acto seguido se crearon dos VPN´s una con QoS llamada TESIS y otra llamada FTP sin QoS.

```
[CE1] ip vpn-instance TESIS
[CE1] ipv4-family
[CE1] route-distinguisher 100:101
[CE1] vpn-target 100:101 export-extcommunity
[CE1] vpn-target 100:101 import-extcommunity
[CE1] diffserv-mode pipe mpls-exp 7
[CE1] ip vpn-instance FTP
[CE1] ipv4-family
[CE1] route-distinguisher 200:201
[CE1] vpn-target 200:201 export-extcommunity
[CE1] vpn-target 200:201 import-extcommunity
```

- Posteriormente se configuró las interfaces físicas del router y también interfaz loopback o interfaz lógica en el router CE1

```
[CE1] interface loopBack0
[CE1] ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
[CE1] mpls lsr-id 1.1.1.1
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE1] ip binding vpn-instance TESIS
[CE1] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
[CE1] speed 10
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE1] ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
[CE1] mpls
[CE1] mpls ldp
[CE1] speed 10
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/2
```

[CE1] ip binding vpn-instance FTP
[CE1] ip address 192.168.1.3 255.255.255.0
[CE1] speed 10

- Configuración del router CE2

[CE2] interface loopBack0
[CE2] ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
[CE2] mpls lsr-id 2.2.2.2
[CE2] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE2] ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
[CE2] mpls
[CE2] mpls ldp
[CE2] speed 10
[CE2] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE2] ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
[CE2] mpls
[CE2] mpls ldp
[CE2] speed 10

- Configuración del router CE3

[CE3] interface loopBack0
[CE3] ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
[CE3] mpls lsr-id 3.3.3.3
[CE3] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE3] ip address 10.0.1.2 255.255.255.0
[CE3] mpls
[CE3] mpls ldp
[CE3] speed 10
[CE3] interface GigabitEthernet0/0/1

[CE3] ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
[CE3] mpls
[CE3] mpls ldp
[CE3] speed 10

- Configuración del router CE4

[CE4] interface loopBack0
[CE4] ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
[CE4] mpls lsr-id 4.4.4.4
[CE4] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE4] ip address 10.0.2.2 255.255.255.0
[CE4] mpls
[CE4] mpls ldp
[CE4] speed 10
[CE4] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE4] ip address 10.0.3.1 255.255.255.0
[CE4] mpls
[CE4] mpls ldp
[CE4] speed 10

- Configuración del router CE5

[CE5] interface loopBack0
[CE5] ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
[CE5] mpls lsr-id 5.5.5.5
[CE5] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE5] ip address 10.0.3.2 255.255.255.0
[CE5] mpls
[CE5] mpls ldp
[CE5] speed 10

[CE5] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE5] ip address 10.0.4.1 255.255.255.0
[CE5] mpls
[CE5] mpls ldp
[CE5] speed 10

- Configuración del router CE6

[CE6] ip vpn-instance TESIS
[CE6] ipv4-family
[CE6] route-distinguisher 100:101
[CE6] vpn-target 100:101 export-extcommunity
[CE6] vpn-target 100:101 import-extcommunity
[CE6] diffserv-mode pipe mpls-exp 7

[CE6] ip vpn-instance FTP
[CE6] ipv4-family
[CE6] route-distinguisher 200:201
[CE6] vpn-target 200:201 export-extcommunity
[CE6] vpn-target 200:201 import-extcommunity

[CE1] interface loopBack0
[CE1] ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
[CE1] mpls lsr-id 6.6.6.6
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE1] ip address 10.0.4.2 255.255.255.0
[CE1] mpls
[CE1] mpls ldp
[CE1] speed 10
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE1] ip binding vpn-instance FTP

[CE1] ip address 192.168.0.3 255.255.255.0

[CE1] speed 10

[CE1] interface GigabitEthernet0/0/2

[CE1] ip binding vpn-instance TESIS

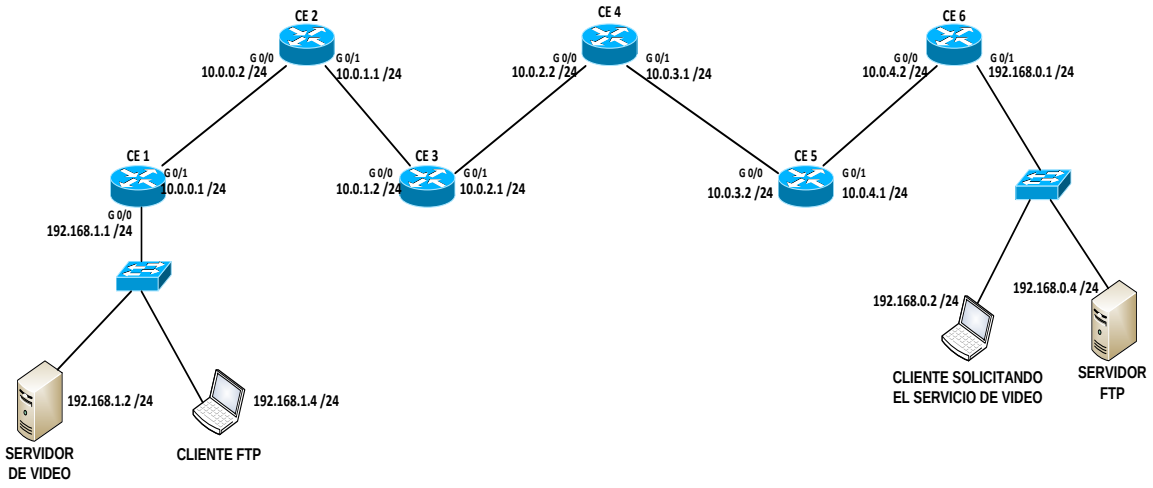
[CE1] ip address 192.168.0.1 255.255.255.0

[CE1] speed 10

14.1.2 Configuración MPLS sin QoS

Para realizar la configuración del enrutamiento en el siguiente escenario se debe tener en cuenta el esquema de direccionamiento para configurar correctamente los routers.

Figura 47. Arquitectura de red para realizar las pruebas MPLS sin QoS y OSPF



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

- Para la arquitectura de red de MPLS sin QoS se con figuraron dos switch o Quidway llamado por Huawei creando VLAN´s conectadas a las interfaces físicas de los equipos que estén en esa red en este caso el servidor de video el cliente FTP y la interfaz G 0/0 del router CE1.

[Q1] interface Ethernet0/0/1
[Q1] port link-type access
[Q1] port default vlan 500
[Q1] interface Ethernet0/0/2
[Q1] port link-type access
[Q1] port default vlan 500
[Q1] interface Ethernet0/0/3
[Q1] port link-type access
[Q1] port default vlan 500

[CE1] interface loopBack0
[CE1] ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
[CE1] mpls lsr-id 1.1.1.1
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE1] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
[CE1] speed 10
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE1] ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
[CE1] mpls
[CE1] mpls ldp
[CE1] speed 10

- Configuración del router CE2

[CE2] interface loopBack0
[CE2] ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
[CE2] mpls lsr-id 2.2.2.2
[CE2] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE2] ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
[CE2] mpls
[CE2] mpls ldp

```
[CE2] speed 10
[CE2] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE2] ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
[CE2] mpls
[CE2] mpls ldp
[CE2] speed 10
```

- Configuración del router CE3

```
[CE3] interface loopBack0
[CE3] ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
[CE3] mpls lsr-id 3.3.3.3
[CE3] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE3] ip address 10.0.1.2 255.255.255.0
[CE3] mpls
[CE3] mpls ldp
[CE3] speed 10
[CE3] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE3] ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
[CE3] mpls
[CE3] mpls ldp
[CE3] speed 10
```

- Configuración del router CE4

```
[CE4] interface loopBack0
[CE4] ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
[CE4] mpls lsr-id 4.4.4.4
[CE4] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE4] ip address 10.0.2.2 255.255.255.0
[CE4] mpls
```

```
[CE4] mpls ldp
[CE4] speed 10
[CE4] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE4] ip address 10.0.3.1 255.255.255.0
[CE4] mpls
[CE4] mpls ldp
[CE4] speed 10
```

- Configuración del router CE5

```
[CE5] interface loopBack0
[CE5] ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
[CE5] mpls lsr-id 5.5.5.5
[CE5] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE5] ip address 10.0.3.2 255.255.255.0
[CE5] mpls
[CE5] mpls ldp
[CE5] speed 10
[CE5] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE5] ip address 10.0.4.1 255.255.255.0
[CE5] mpls
[CE5] mpls ldp
[CE5] speed 10
```

- Configuración del router CE6

```
[CE6] interface loopBack0
[CE6] ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
[CE6] mpls lsr-id 6.6.6.6
[CE6] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE6] ip address 10.0.4.2 255.255.255.0
```

[CE6] mpls
[CE6] mpls ldp
[CE6] speed 10
[CE6] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE6] ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
[CE6] speed 10

- se figuró el segundo switch o Quidway llamado por Huawei creando VLAN´s conectando las interfaces físicas de los equipos que estén en esa red en este caso el cliente solicitando el servicio de video, el servidor FTP y la interfaz G 0/1 del router CE6

[Q2] interface Ethernet0/0/1
[Q2] port link-type access
[Q2] port default vlan 600

[Q2] interface Ethernet0/0/2
[Q2] port link-type access
[Q2] port default vlan 600

[Q2] interface Ethernet0/0/3
[Q2] port link-type access
[Q2] port default vlan 600

14.1.3 Configuración OSPF

[CE1] interface loopBack0
[CE1] ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE1] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
[CE1] speed 10

```
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE1] ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
[CE1] speed 10
```

- Configuración del router CE2

```
[CE2] interface loopBack0
[CE2] ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
[CE2] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE2] ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
[CE2] speed 10
[CE2] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE2] ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
[CE2] speed 10
```

- Configuración del router CE3

```
[CE3] interface loopBack0
[CE3] ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
[CE3] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE3] ip address 10.0.1.2 255.255.255.0
[CE3] speed 10
[CE3] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE3] ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
[CE3] speed 10
```

- Configuración del router CE4

```
[CE4] interface loopBack0
[CE4] ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
[CE4] interface GigabitEthernet0/0/0
```

[CE4] ip address 10.0.2.2 255.255.255.0
[CE4] speed 10
[CE4] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE4] ip address 10.0.3.1 255.255.255.0
[CE4] speed 10

- Configuración del router CE5

[CE5] interface loopBack0
[CE5] ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
[CE5] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE5] ip address 10.0.3.2 255.255.255.0
[CE5] speed 10
[CE5] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE5] ip address 10.0.4.1 255.255.255.0
[CE5] speed 10

- Configuración del router CE6

[CE6] interface loopBack0
[CE6] ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
[CE6] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE6] ip address 10.0.4.2 255.255.255.0
[CE6] speed 10
[CE6] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE6] ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
[CE6] speed 10

- Configuración de proceso OSPF 1 para CE1

```
[CE1] ospf 1
[CE1] area 0.0.0.0
[CE1] network 1.1.1.1 0.0.0.0
[CE1] network 10.0.0.0 0.0.0.255
[CE1] network 192.168.1.0 0.0.0.255
```

- Configuración de proceso OSPF 1 para CE2

```
[CE2] ospf 1
[CE2] area 0.0.0.0
[CE2] network 2.2.2.2 0.0.0.0
[CE2] network 10.0.0.0 0.0.0.255
[CE2] network 10.0.1.0 0.0.0.255
```

- Configuración de proceso OSPF 1 para CE3

```
[CE3] ospf 1
[CE3] area 0.0.0.0
[CE3] network 3.3.3.3 0.0.0.0
[CE3] network 10.0.1.0 0.0.0.255
[CE3] network 10.0.2.0 0.0.0.255
```

- Configuración de proceso OSPF 1 para CE4

```
[CE4] ospf 1
[CE4] area 0.0.0.0
[CE4] network 4.4.4.4 0.0.0.0
[CE4] network 10.0.2.0 0.0.0.255
```

[CE4] network 10.0.3.0 0.0.0.255

- Configuración de proceso OSPF 1 para CE5

[CE5] ospf 1
[CE5] area 0.0.0.0
[CE5] network 5.5.5.5 0.0.0.0
[CE5] network 10.0.3.0 0.0.0.255
[CE5] network 10.0.4.0 0.0.0.255

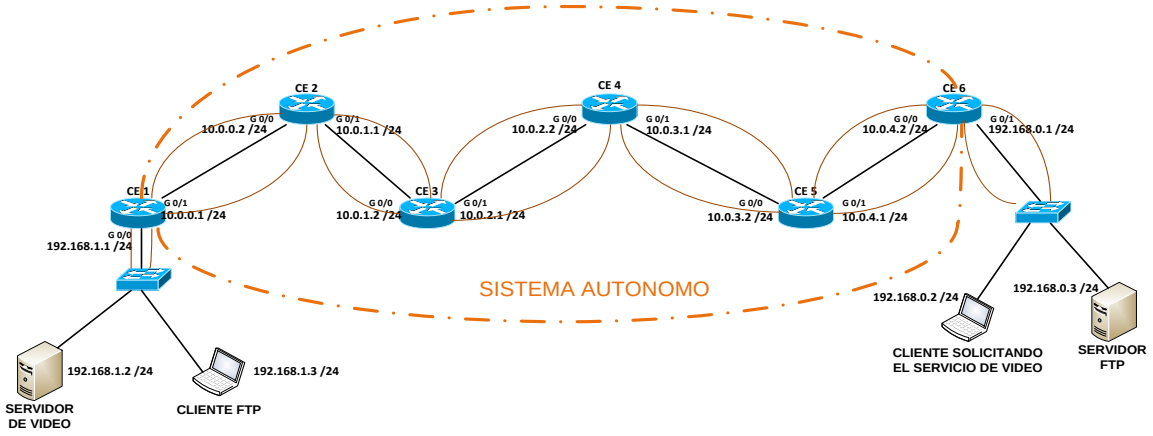
- Configuración de proceso OSPF 1 para CE6

[CE6] ospf 1
[CE6] area 0.0.0.0
[CE6] network 6.6.6.6 0.0.0.0
[CE6] network 10.0.4.0 0.0.0.255
[CE6] network 192.168.0.0 0.0.0.255

14.1.4 Configuración BGP

Para realizar la configuración del enrutamiento en el siguiente escenario se debe tener en cuenta el esquema de direccionamiento para configurar correctamente los routers.

Figura 48. Arquitectura de red para realizar las pruebas de BGP



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

```
[CE1] interface loopBack0
[CE1] ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE1] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
[CE1] speed 10
[CE1] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE1] ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
[CE1] speed 10
```

- Configuración del router CE2

```
[CE2] interface loopBack0
[CE2] ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
```

```
[CE2] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE2] ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
[CE2] speed 10
[CE2] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE2] ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
[CE2] speed 10
```

- Configuración del router CE3

```
[CE3] interface loopBack0
[CE3] ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
[CE3] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE3] ip address 10.0.1.2 255.255.255.0
[CE3] speed 10
[CE3] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE3] ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
[CE3] speed 10
```

- Configuración del router CE4

```
[CE4] interface loopBack0
[CE4] ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
[CE4] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE4] ip address 10.0.2.2 255.255.255.0
[CE4] speed 10
[CE4] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE4] ip address 10.0.3.1 255.255.255.0
[CE4] speed 10
```

- Configuración del router CE5

```
[CE5] interface loopBack0
[CE5] ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
[CE5] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE5] ip address 10.0.3.2 255.255.255.0
[CE5] speed 10
[CE5] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE5] ip address 10.0.4.1 255.255.255.0
[CE5] speed 10
```

- Configuración del router CE6

```
[CE6] interface loopBack0
[CE6] ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
[CE6] interface GigabitEthernet0/0/0
[CE6] ip address 10.0.4.2 255.255.255.0
[CE6] speed 10
[CE6] interface GigabitEthernet0/0/1
[CE6] ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
[CE6] speed 10
```

- Configuración de proceso BGP 100 para CE1

```
[CE1] bgp 100
[CE1] peer 2.2.2.2 as-number 100
[CE1] peer 2.2.2.2 connect-interface LoopBack0
[CE1] peer 6.6.6.6 as-number 100
[CE1] peer 6.6.6.6 connect-interface LoopBack0
```

- Configuración de proceso BGP 100 para CE2

```
[CE2] bgp 100
[CE2] peer 1.1.1.1 as-number 100
[CE2] peer 1.1.1.1 connect-interface LoopBack0
[CE2] peer 3.3.3.3 as-number 100
[CE2] peer 3.3.3.3 connect-interface LoopBack0
```

- Configuración de proceso BGP 100 para CE3

```
[CE3] bgp 100
[CE3] peer 2.2.2.2 as-number 100
[CE3] peer 2.2.2.2 connect-interface LoopBack0
[CE3] peer 4.4.4.4 as-number 100
[CE3] peer 4.4.4.4 connect-interface LoopBack0
```

- Configuración de proceso BGP 100 para CE4

```
[CE4] bgp 100
[CE4] peer 3.3.3.3 as-number 100
[CE4] peer 3.3.3.3 connect-interface LoopBack0
[CE4] peer 5.5.5.5 as-number 100
[CE4] peer 5.5.5.5 connect-interface LoopBack0
```

- Configuración de proceso BGP 100 para CE5

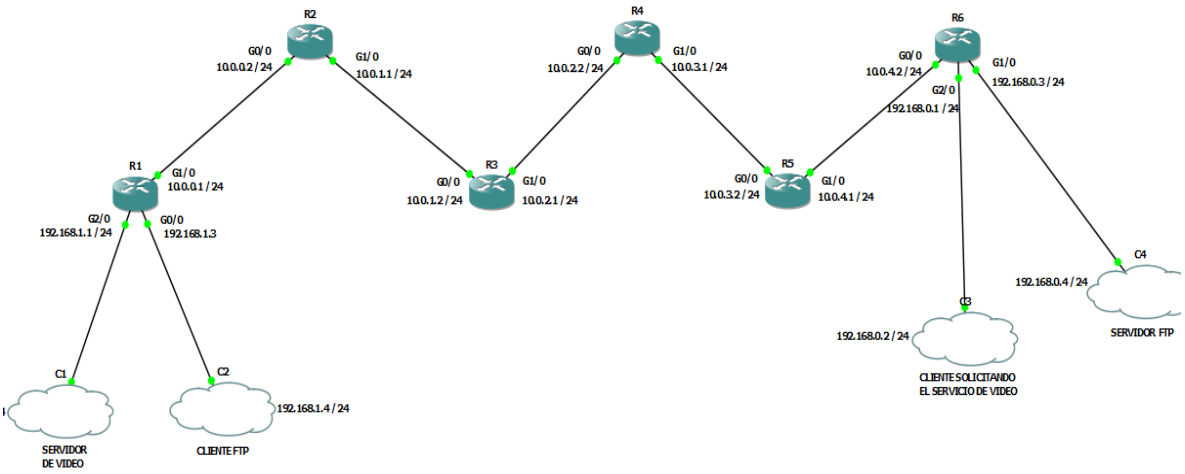
```
[CE5] bgp 100
[CE5] peer 4.4.4.4 as-number 100
[CE5] peer 4.4.4.4 connect-interface LoopBack0
[CE5] peer 6.6.6.6 as-number 100
[CE5] peer 6.6.6.6 connect-interface LoopBack0
```

14.2 CONFIGURACIÓN DE ENRUTAMIENTO DE LOS IOS CISCO DEL EMULADOR GNS3

14.2.1 Configuración MPLS con QoS (Emulado)

Para realizar la configuración del enrutamiento en el siguiente escenario de red emulado con la herramienta GNS3, se debe tener en cuenta el esquema de direccionamiento para configurar correctamente los routers.

Figura 49. Arquitectura de red para realizar las pruebas MPLS con QoS (Emulada)



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

- Una vez esté en el sistema de gestión del router se ingresará en modo habilitado usando el comando *configure terminal*

- Acto seguido se crearon dos VRF´s una con QoS llamada TESIS y otra llamada FTP sin QoS.

[R1] ip vrf TESIS
[R1] rd 100:101

[R1] route-target export 100:101
[R1] route-target import 100:101
[R1] ip vrf FTP
[R1] rd 200:201
[R1] route-target export 200:201
[R1] route-target import 200:201
[R1] class-map match-all TESIS match mpls experimental topmost 7
[R1] policy-map TESIS
[R1] class TESIS

- Posteriormente se configuraron las interfaces físicas del router y también interfaz loopback o interfaz lógica en el router R1

[R1] interface loopBack0
[R1] ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
[R1] interface GigabitEthernet0/0
[R1] ip vrf forwarding TESIS
[R1] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
[R1] speed 10
[R1] service-policy input TESIS
[R1] service-policy output TESIS
[R1] interface GigabitEthernet1/0
[R1] ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
[R1] mpls label protocol ldp
[R1] mpls ip
[R1] speed 10
[R1] interface GigabitEthernet2/0
[R1] ip vrf forwarding FTP
[R1] ip address 192.168.1.3 255.255.255.0
[R1] speed 10

- Configuración del router R2

```
[R2] interface loopBack0
[R2] ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
[R2] interface GigabitEthernet0/0
[R2] ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
[R2] mpls label protocol ldp
[R2] mpls ip
[R2] speed 10
[R2] interface GigabitEthernet1/0
[R2] ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
[R2] mpls label protocol ldp
[R2] mpls ip
[R2] speed 10
```

- Configuración del router R3

```
[R3] interface loopBack0
[R3] ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
[R3] interface GigabitEthernet0/0
[R3] ip address 10.0.1.2 255.255.255.0
[R3] mpls label protocol ldp
[R3] mpls ip
[R3] speed 10
[R3] interface GigabitEthernet1/0
[R3] ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
[R3] mpls label protocol ldp
[R3] mpls ip
[R3] speed 10
```

- Configuración del router R4

```
[R4] interface loopBack0
[R4] ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
[R4] interface GigabitEthernet0/0
[R4] ip address 10.0.2.2 255.255.255.0
[R4] mpls label protocol ldp
[R4] mpls ip
[R4] speed 10
[R4] interface GigabitEthernet1/0
[R4] ip address 10.0.3.1 255.255.255.0
[R4] mpls label protocol ldp
[R4] mpls ip
[R4] speed 10
```

- Configuración del router R5

```
[R5] interface loopBack0
[R5] ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
[R5] interface GigabitEthernet0/0
[R5] ip address 10.0.3.2 255.255.255.0
[R5] mpls label protocol ldp
[R5] mpls ip
[R5] speed 10
[R5] interface GigabitEthernet1/0
[R5] ip address 10.0.4.1 255.255.255.0
[R5] mpls label protocol ldp
[R5] mpls ip
[R5] speed 10
```

- Configuración del router R6

```
[R6] ip vrf TESIS
[R6] rd 100:101
[R6] route-target export 100:101
[R6] route-target import 100:101

[R6] ip vrf FTP
[R6] rd 200:201
[R6] route-target export 200:201
[R1] route-target import 200:201

[R6] class-map match-all TESIS match mpls experimental topmost 7
[R6] policy-map TESIS
[R6] class TESIS
```

- Posteriormente se configuraron las interfaces físicas del router y también interfaz loopback o interfaz lógica en el router R6

```
[R6] interface loopBack0
[R6] ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
[R6] interface GigabitEthernet0/0
[R6] ip address 10.0.4.2 255.255.255.0
[R6] mpls label protocol ldp
[R6] mpls ip
[R6] speed 10
[R6] interface GigabitEthernet1/0
[R6] ip vrf forwarding FTP
[R6] ip address 192.168.0.3 255.255.255.0
[R6] speed 10
[R6] interface GigabitEthernet2/0
```

[R6] ip vrf forwarding TESIS

[R6] ip address 192.168.1.0 255.255.255.0

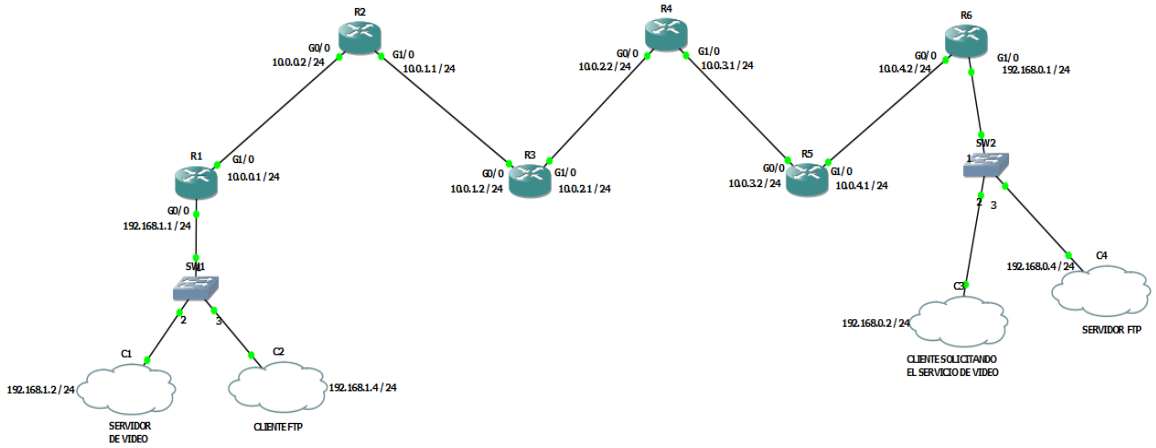
[R6] speed 10

[R6] service-policy input TESIS

[R6] service-policy output TESIS

14.2.2 Configuración MPLS sin QoS (Emulado)

Figura 50. Arquitectura de red para realizar las pruebas MPLS sin QoS y OSPF (Emulada)



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

- Para la arquitectura de red de MPLS sin QoS se usaron dos Ethernet switch creando VLAN´s conectadas a las interfaces físicas de los equipos que estén en esa red en este caso el servidor de video el cliente FTP y la interfaz G 0/0 del router R1.

- En GNS3 las VLAN´s son creadas gráficamente por esta razón no se ingresaron comandos para esta configuración.

- Configuración del router R1

```
[R1] interface loopBack0
[R1] ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
[R1] interface GigabitEthernet0/0
[R1] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
[R1] speed 10
[R1] interface GigabitEthernet1/0
[R1] ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
[R1] mpls label protocol ldp
[R1] mpls ip
[R1] speed 10
```

- Configuración del router R2

```
[R2] interface loopBack0
[R2] ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
[R2] interface GigabitEthernet0/0
[R2] ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
[R2] mpls label protocol ldp
[R2] mpls ip
[R2] speed 10
[R2] interface GigabitEthernet1/0
[R2] ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
[R2] mpls label protocol ldp
[R2] mpls ip
[R2] speed 10
```

- Configuración del router R3

```
[R3] interface loopBack0
[R3] ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
```

```
[R3] interface GigabitEthernet0/0
[R3] ip address 10.0.1.2 255.255.255.0
[R3] mpls label protocol ldp
[R3] mpls ip
[R3] speed 10
[R3] interface GigabitEthernet1/0
[R3] ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
[R3] mpls label protocol ldp
[R3] mpls ip
[R3] speed 10
```

- Configuración del router R4

```
[R4] interface loopBack0
[R4] ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
[R4] interface GigabitEthernet0/0
[R4] ip address 10.0.2.2 255.255.255.0
[R4] mpls label protocol ldp
[R4] mpls ip
[R4] speed 10
[R4] interface GigabitEthernet1/0
[R4] ip address 10.0.3.1 255.255.255.0
[R4] mpls label protocol ldp
[R4] mpls ip
[R4] speed 10
```

- Configuración del router CE5

```
[R5] interface loopBack0
[R5] ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
[R5] interface GigabitEthernet0/0
```

[R5] ip address 10.0.3.2 255.255.255.0
[R5] mpls label protocol ldp
[R5] mpls ip
[R5] speed 10
[R5] interface GigabitEthernet1/0
[R5] ip address 10.0.4.1 255.255.255.0
[R5] mpls label protocol ldp
[R5] mpls ip
[R5] speed 10

- Configuración del router CE6

[R6] interface loopBack0
[R6] ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
[R6] interface GigabitEthernet0/0
[R6] ip address 10.0.4.2 255.255.255.0
[R6] mpls label protocol ldp
[R6] mpls ip
[R6] speed 10
[R6] interface GigabitEthernet1/0
[R6] ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
[R6] speed 10

14.2.3 Configuración OSPF (Emulado)

- Configuración del router R1

[R1] interface loopBack0
[R1] ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
[R1] interface GigabitEthernet0/0
[R1] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0

```
[R1] speed 10
[R1] interface GigabitEthernet1/0
[R1] ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
[R1] speed 10
```

- Configuración del router R2

```
[R2] interface loopBack0
[R2] ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
[R2] interface GigabitEthernet0/0
[R2] ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
[R2] speed 10
[R2] interface GigabitEthernet1/0
[R2] ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
[R2] speed 10
```

- Configuración del router R3

```
[R3] interface loopBack0
[R3] ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
[R3] interface GigabitEthernet0/0
[R3] ip address 10.0.1.2 255.255.255.0
[R3] speed 10
[R3] interface GigabitEthernet1/0
[R3] ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
[R3] speed 10
```

- Configuración del router R4

[R4] interface loopBack0
[R4] ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
[R4] interface GigabitEthernet0/0
[R4] ip address 10.0.2.2 255.255.255.0
[R4] speed 10
[R4] interface GigabitEthernet1/0
[R4] ip address 10.0.3.1 255.255.255.0
[R4] speed 10

- Configuración del router CE5

[R5] interface loopBack0
[R5] ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
[R5] interface GigabitEthernet0/0
[R5] ip address 10.0.3.2 255.255.255.0
[R5] speed 10
[R5] interface GigabitEthernet1/0
[R5] ip address 10.0.4.1 255.255.255.0
[R5] speed 10

- Configuración del router CE6

[R6] interface loopBack0
[R6] ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
[R6] interface GigabitEthernet0/0
[R6] ip address 10.0.4.2 255.255.255.0
[R6] speed 10
[R6] interface GigabitEthernet1/0
[R6] ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
[R6] speed 10

- Configuración de proceso OSPF 1 para R1

```
[R1] router ospf 1
[R1] router-id 1.1.1.1
[R1] log-adjacency-changes
[R1] network 1.1.1.1 0.0.0.0 area 0
[R1] network 10.0.0.0 0.0.0.255 area 0
[R1] network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
```

- Configuración de proceso OSPF 1 para R2

```
[R2] router ospf 1
[R2] router-id 2.2.2.2
[R2] log-adjacency-changes
[R2] network 2.2.2.2 0.0.0.0 area 0
[R2] network 10.0.0.0 0.0.0.255 area 0
[R2] network 10.0.1.0 0.0.0.255 area 0
```

- Configuración de proceso OSPF 1 para R3

```
[R3] router ospf 1
[R3] router-id 3.3.3.3
[R3] log-adjacency-changes
[R3] network 3.3.3.3 0.0.0.0 area 0
[R3] network 10.0.1.0 0.0.0.255 area 0
[R3] network 10.0.2.0 0.0.0.255 area 0
```

- Configuración de proceso OSPF 1 para R4

```
[R4] router ospf 1
[R4] router-id 4.4.4.4
```

```
[R4] log-adjacency-changes
[R4] network 4.4.4.4 0.0.0.0 area 0
[R4] network 10.0.2.0 0.0.0.255 area 0
[R4] network 10.0.3.0 0.0.0.255 area 0
```

- Configuración de proceso OSPF 1 para R5

```
[R4] router ospf 1
[R4] router-id 5.5.5.5
[R4] log-adjacency-changes
[R4] network 5.5.5.5 0.0.0.0 area 0
[R4] network 10.0.3.0 0.0.0.255 area 0
[R4] network 10.0.4.0 0.0.0.255 area 0
```

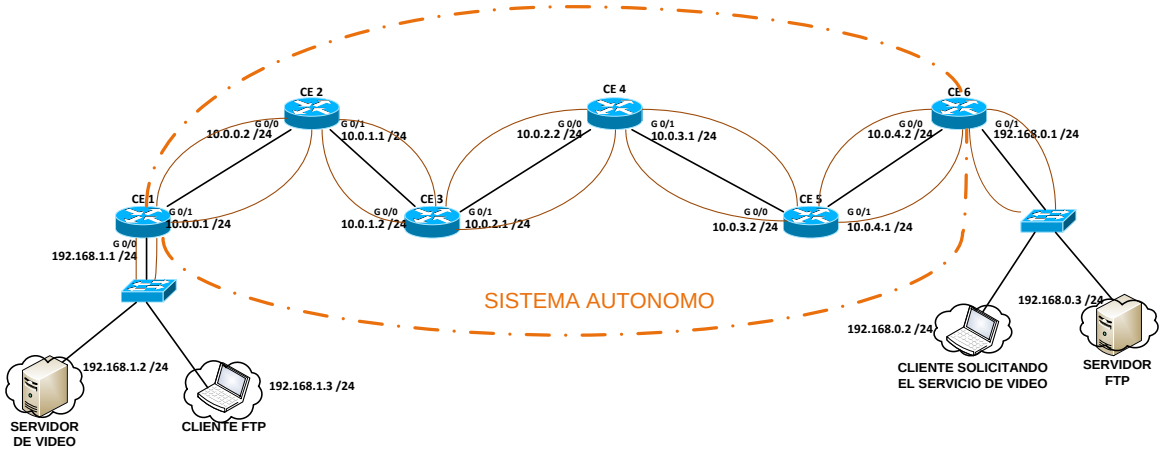
- Configuración de proceso OSPF 1 para R6

```
[R4] router ospf 1
[R4] router-id 6.6.6.6
[R4] log-adjacency-changes
[R4] network 6.6.6.6 0.0.0.0 area 0
[R4] network 10.0.4.0 0.0.0.255 area 0
[R4] network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0
```

14.2.4 Configuración BGP (Emulado)

Para realizar la configuración del enrutamiento en el siguiente escenario se debe tener en cuenta el esquema de direccionamiento para configurar correctamente los routers.

Figura 51. Arquitectura de red para realizar la prueba BGP (Emulada)



Fuente: **Cristian Andrés Cuesta Martin.** *Análisis de desempeño con respecto al Jitter y Delay, en redes soportadas en MPLS, BGP y OSPF trasmitiendo video sobre IP, 2014.*

- Configuración del router R1

```
[R1] interface loopBack0
[R1] ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
[R1] interface GigabitEthernet0/0
[R1] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
[R1] speed 10
[R1] interface GigabitEthernet1/0
[R1] ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
[R1] speed 10
```

- Configuración del router R2

```
[R2] interface loopBack0
[R2] ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
[R2] interface GigabitEthernet0/0
[R2] ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
[R2] speed 10
[R2] interface GigabitEthernet1/0
[R2] ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
[R2] speed 10
```

- Configuración del router R3

```
[R3] interface loopBack0
[R3] ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
[R3] interface GigabitEthernet0/0
[R3] ip address 10.0.1.2 255.255.255.0
[R3] speed 10
[R3] interface GigabitEthernet1/0
[R3] ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
[R3] speed 10
```

- Configuración del router R4

```
[R4] interface loopBack0
[R4] ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
[R4] interface GigabitEthernet0/0
[R4] ip address 10.0.2.2 255.255.255.0
[R4] speed 10
[R4] interface GigabitEthernet1/0
[R4] ip address 10.0.3.1 255.255.255.0
[R4] speed 10
```

- Configuración del router CE5

```
[R5] interface loopBack0
[R5] ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
[R5] interface GigabitEthernet0/0
[R5] ip address 10.0.3.2 255.255.255.0
[R5] speed 10
[R5] interface GigabitEthernet1/0
[R5] ip address 10.0.4.1 255.255.255.0
[R5] speed 10
```

- Configuración del router CE6

```
[R6] interface loopBack0
[R6] ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
[R6] interface GigabitEthernet0/0
[R6] ip address 10.0.4.2 255.255.255.0
[R6] speed 10
[R6] interface GigabitEthernet1/0
[R6] ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
[R6] speed 10
```

- Configuración de proceso BGP 100 para R1

```
[R1] router bgp 100
[R1] network 192.168.1.0 mask 255.255.255.0
[R1] neighbor 2.2.2.2 remote-as 100
[R1] neighbor 2.2.2.2 update-source Loopback0
[R1] neighbor 6.6.6.6 remote-as 100
[R1] neighbor 6.6.6.6 update-source Loopback0
```

- Configuración de proceso BGP 100 para R2

```
[R2] router bgp 100
[R2] neighbor 1.1.1.1 remote-as 100
[R2] neighbor 1.1.1.1 update-source Loopback0
[R2] neighbor 3.3.3.3 remote-as 100
[R2] neighbor 3.3.3.3 update-source Loopback0
```

- Configuración de proceso BGP 100 para R3

```
[R3] router bgp 100
[R3] neighbor 2.2.2.2 remote-as 100
[R3] neighbor 2.2.2.2 update-source Loopback0
[R3] neighbor 4.4.4.4 remote-as 100
[R3] neighbor 4.4.4.4 update-source Loopback0
```

- Configuración de proceso BGP 100 para R4

```
[R4] router bgp 100
[R4] neighbor 3.3.3.3 remote-as 100
[R4] neighbor 3.3.3.3 update-source Loopback0
[R4] neighbor 5.5.5.5 remote-as 100
[R4] neighbor 5.5.5.5 update-source Loopback0
```

- Configuración de proceso BGP 100 para R5

```
[R5] router bgp 100
[R5] neighbor 4.4.4.4 remote-as 100
[R5] neighbor 4.4.4.4 update-source Loopback0
[R5] neighbor 6.6.6.6 remote-as 100
```

[R5] neighbor 6.6.6.6 update-source Loopback0

- Configuración de proceso BGP 100 para R6

[R6] router bgp 100
[R6] network 192.168.0.0 mask 255.255.255.0
[R6] neighbor 5.5.5.5 remote-as 100
[R6] neighbor 5.5.5.5 update-source Loopback0
[R6] neighbor 1.1.1.1 remote-as 100
[R6] neighbor 1.1.1.1 update-source Loopback0