

Diseño y configuración de calidad de servicio en la tecnología MPLS para un ISP

Luisana Nieto – Pablo Hidalgo L., Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito – Ecuador

Resumen – El presente proyecto diseña y configura un esquema de Calidad de Servicio (QoS) para el Proveedor de Servicios de Internet (ISP), Telconet S.A., que maneja tecnologías Internet Protocol (IP) y Multi-Protocol Label Switching (MPLS) en su red de datos. Se describe la red de la empresa portadora y se realiza un análisis del tráfico de las aplicaciones. En base al análisis realizado, se diseña el esquema de QoS en el núcleo de la red de la empresa, incluyendo los procesos de clasificación de tráfico, la definición de los servicios de las aplicaciones, los puntos desde donde se brindará la QoS, los valores para marcar el tráfico, los acondicionadores de tráfico y los mecanismos de control y evasión de congestión. Finalmente, se configura el esquema diseñado en equipos Cisco y se muestran los resultados en Dynamips.

Índices – Calidad de servicio, clases de servicio, IP, MPLS, PHB, servicios de Internet, SLA.

I. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE TELCONET S.A.[3]-[5]-[7]

Telconet S.A. es una empresa portadora dedicada a ofrecer servicios de acceso a Internet y transmisión de datos, que se encuentra en un proceso de migración de su red Gigabit Ethernet con tecnología Internet Protocol (IP) a su red diseñada que está siendo instalada con tecnología Multi-Protocol Label Switching (MPLS).

El backbone de Telconet S.A. en Quito es una red diseñada bajo el modelo jerárquico de tres capas (core, distribución y acceso), constituida por un conjunto de equipos de conmutación y enrutamiento marca Cisco. La Fig. 1 muestra la red IP/MPLS de Telconet S.A. de acuerdo a las diferentes capas del modelo jerárquico.

A. Descripción de la capa core

La capa core es el núcleo de la red de Telconet S.A. y está formada por dos nodos principales denominados como CAT6500G (Gosseal) y CAT6500M (Muros) que concentran la mayor cantidad de tráfico de la red y forman enlaces redundantes tipo malla con otros equipos ubicados en la ciudad de Guayaquil.

Estos nodos principales están configurados con IP, debido a la presencia de un enlace con la capa distribución y con MPLS para trabajar como Label Switched Routers (LSRs).

Adicionalmente, la capa core implementa otros nodos que concentran y distribuyen grandes cantidades de tráfico, y permiten la migración de la tecnología IP a la tecnología MPLS. Estos equipos están configurados con MPLS para trabajar como LSRs y Label Edge Routers (LERs), y son responsables de enrutar el tráfico entrante a la red MPLS. Estos equipos son denominados como PE1UIOG, PE2UIOG, PE1UIOM y PE2UIOM.

B. Descripción de la capa distribución

Los nodos PE indicados en la capa core forman también parte de la capa distribución, debido a que realizan funciones relacionadas a esta capa.

Adicionalmente, la capa distribución contiene otros nodos que permiten formar segmentos de red más pequeños denominados anillos, con enlaces redundantes para casos de fallas, cuya principal función es administrar los anillos que dependan de ellos. Estos nodos no están configurados con tecnología MPLS, pero sí con tecnología IP, con el fin de poder administrar los anillos a su cargo y son denominados como SW1AGUIOG, SW2AGUIOG, SW1AGUIOM y SW2AGUIOM.

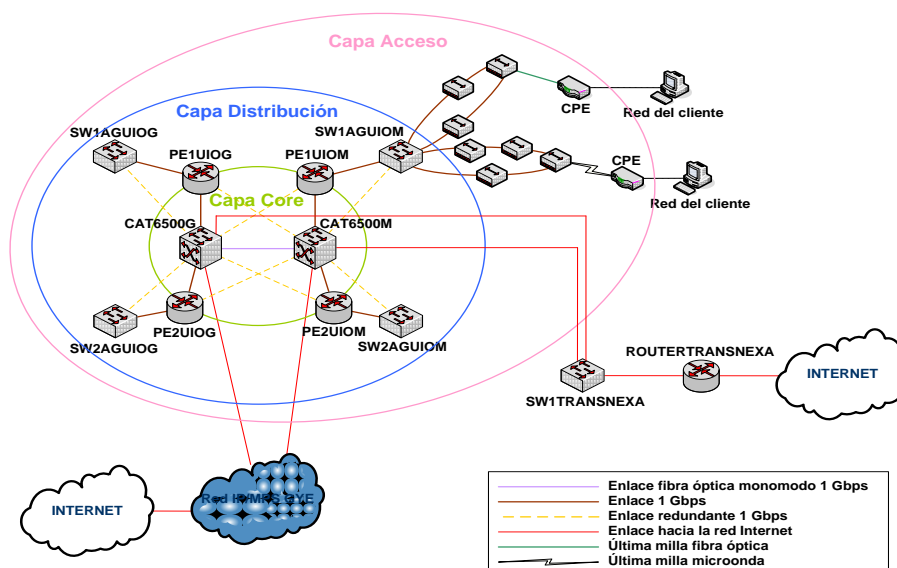


Fig. 1. Red IP/MPLS de Telconet S.A.

C. Descripción de la capa acceso

La capa acceso permite la interconexión de los clientes con la red de Telconet S.A. Esta capa está formada por 48 nodos que no soportan tecnología MPLS y forman anillos administrados por los nodos de la capa distribución, con un máximo de siete nodos por anillo. Además, implementa un Equipo Terminal de Abonado (CPE) para interconectar la red del cliente con la red de Telconet S.A. y son entregados por la empresa en modalidad de alquiler.

Los clientes manejan dos tipos de enlaces que son punto a punto y multipunto. Los enlaces punto a punto disponen de una última milla sin compartición, en tanto que los enlaces multipunto comparten la última milla.

II. ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE LAS APLICACIONES[4]

Con el fin de diseñar un esquema de QoS, es necesario realizar un análisis de las aplicaciones y los servicios que son transmitidos a través de la red de la empresa. Telconet S.A. utiliza los equipos PTS 8210 de Sandvine para monitorear el tráfico de sus aplicaciones. Cada equipo PTS monitorea un tráfico aproximado de 200 Mbps, por lo que el análisis se lo realizará en sólo uno de los equipos. Utilizando el equipo indicado, se realizó el monitoreo del tráfico semanal recibido y transmitido de las aplicaciones de los clientes de la empresa. La Fig. 2 muestra los porcentajes del tráfico semanal recibido dividido en categorías.

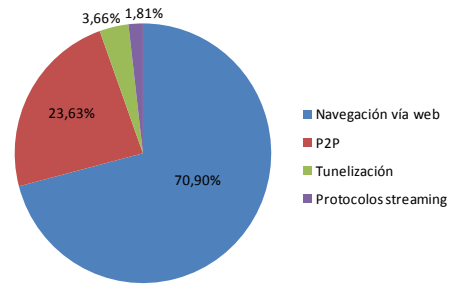


Fig. 2. Tráfico semanal recibido por categoría

De acuerdo a los resultados mostrados en la Fig. 2, el tráfico de navegación vía web corresponde al 70,9% de la totalidad del tráfico recibido durante la semana de monitoreo. Este tráfico es utilizado para el acceso a las páginas web, ya sea para consulta de información, correo electrónico, entretenimiento, etc.

La Fig. 3 indica los porcentajes obtenidos del análisis de los protocolos recibidos que circulan por la red de la empresa portadora.

De acuerdo a los resultados mostrados en la Fig. 3, el protocolo Hyper-Text Transfer Protocol (HTTP), utilizado para la navegación web, es el protocolo mayormente usado por el tráfico de entrada a la red, con un porcentaje del 69,65% respecto al tráfico total recibido.

La Fig. 4 muestra los porcentajes del tráfico semanal transmitido dividido en categorías.

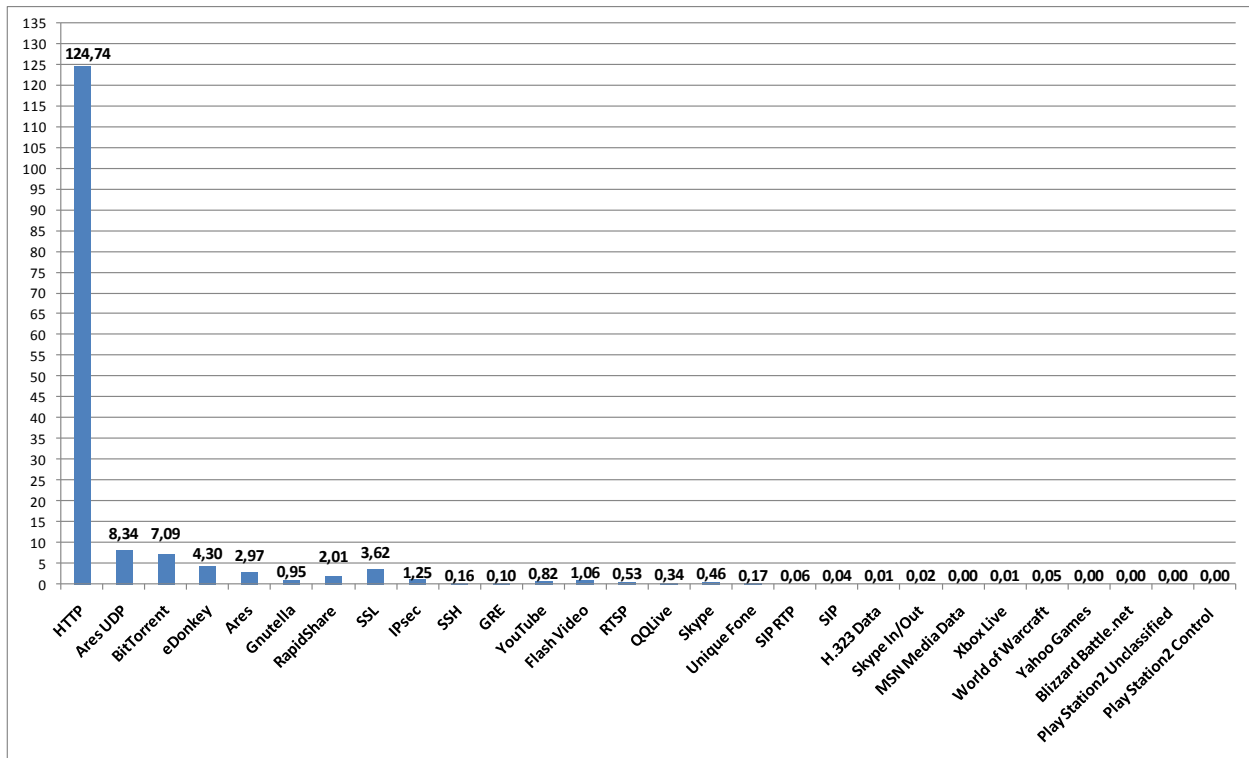


Fig. 3. Tráfico semanal recibido por protocolo

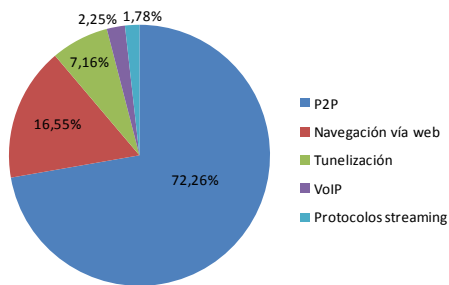


Fig. 4. Tráfico semanal transmitido por categoría

De acuerdo a los resultados mostrados en la Fig. 4, el tráfico P2P equivale al 72,26% del tráfico total transmitido durante la semana de monitoreo. El tráfico P2P corresponde al tráfico utilizado para la compartición de archivos de todo tipo.

La Fig. 5 indica los porcentajes obtenidos del análisis de los protocolos transmitidos que circulan por la red de la empresa portadora. De acuerdo a los resultados mostrados en la Fig. 5, las aplicaciones eDonkey Encrypted y Ares User Datagram Protocol (UDP) del tráfico Peer-to-Peer (P2P), y el protocolo Hyper-Text Transfer Protocol (HTTP) del tráfico de navegación vía web, son los protocolos mayormente usados por el tráfico de salida de la red; los

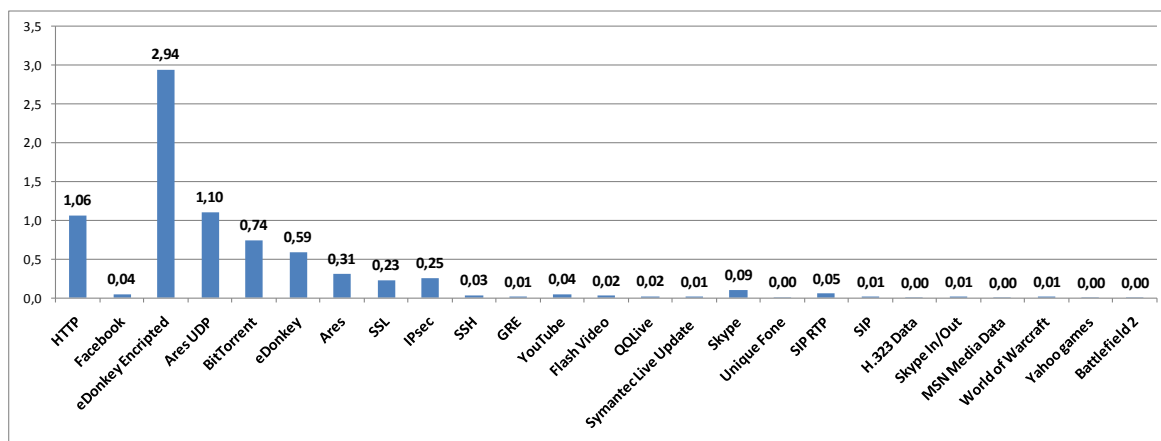


Fig. 5. Tráfico semanal transmitido por protocolo

TABLA I
PARÁMETROS COMPROMETIDOS POR CoS

Parámetro	Clase de Servicio (CoS)			
	Premium	Oro	Plata	Bronce
Paquetes entregados	99,9%	99,5%	99,0%	-
Latencia	28 ms	68 ms	-	-
Jitter	15 ms	-	-	-

De acuerdo a los motivos expuestos, se designa a la arquitectura de DiffServ como la base para el desarrollo del presente esquema de QoS, utilizando el Request for Comments (RFC) 3270 para la integración con la tecnología MPLS.

porcentajes son del 32,86%, 12,30% y 11,86% respectivamente respecto al tráfico total transmitido.

III. DISEÑO DE UN ESQUEMA DE QoS PARA IP/MPLS[1]-[6]-[7]-[8]-[9]-[11]

A. SLAs ofrecidos a los clientes

Telconet S.A. desea ofrecer dentro de sus Service Level Agreements (SLAs) los servicios denominados “olímpicos”, constituidos por cuatro clases de servicio (CoS) de acuerdo a un conjunto de parámetros establecidos; las categorías ofrecidas son denominadas como Premium, Oro, Plata y Bronce, y los parámetros comprometidos para cada una de ellas son tasa de paquetes entregados, latencia y jitter. La tabla I indica los parámetros comprometidos para cada CoS.

B. Arquitectura de QoS seleccionada[12]

La arquitectura de Servicios Diferenciados (DiffServ) es la más usada por la mayoría de ISPs, gracias a las ventajas que ofrece sobre la arquitectura de Servicios Integrados (IntServ) y al tratamiento diferenciado de los

C. Descripción de los PHBs[10]

Default PHB: El tráfico perteneciente a este Per-Hop Behavior (PHB) no recibirá ningún tipo de tratamiento y será atendido luego de los PHBs Expedited Forwarding (EF) y Assured Forwarding (AF).

Assured Forwarding (AF) PHB: Este PHB “asegurar” que el tráfico conforme al perfil contratado para un flujo sea entregado sin pérdidas con probabilidad muy alta. Para el presente diseño, se va a hacer uso de la clase 1, clase 2 y clase 3 del AF PHB, correspondientes a las clases de servicio Oro, Plata y Bronce respectivamente, definidas en los SLAs, con 2 categorías de preferencia de descarte, bajo y alto. La tabla II indica los valores Diffserv Code Point (DSCP) asignados a las clases de servicio de los SLAs.

TABLA II
VALORES DSCP CORRESPONDIENTES A LAS CoS

% de descarte	Oro	Plata	Bronce
Bajo	AF11=001010	AF21=010010	AF31=011010
Alto	AF13=001110	AF23=010110	AF33=011110

Este PHB utilizará el tipo de encolamiento Low Latency Queueing (LLQ) como medida de control de congestión, utilizando las colas de prioridad personalizadas con Weighted fair queuing (WFQ) basado en clases (CBWFQ).

Con el fin de evitar la congestión, se configurará el mecanismo Weighted Random Early Detection (WRED) para proporcionar un mecanismo de descarte aleatorio en base a los diferentes agregados AF con sus diferentes preferencias de descarte.

Expedited Forwarding (EF) PHB: PHB corresponderá a la clase de servicio Premium definida en los SLAs de la empresa, por ser el servicio con mejores prestaciones en lo que se refiere a parámetros de calidad de servicio.

El tipo de encolamiento que se utilizará en este PHB para controlar la congestión será LLQ, usando la cola de prioridad que tiene preferencia absoluta sobre el resto de colas.

El EF PHB no necesita un mecanismo de evasión de congestión, ya que el tráfico asignado tiene siempre prioridad sobre otro tráfico y no se esperan situaciones de congestión. Sin embargo, si no se configura ningún mecanismo, se utiliza por defecto a tail drop.

D. Asignación de valores DSCP al tráfico de la red

Los diferentes tipos de tráfico deben ser clasificados de acuerdo a los requerimientos de la empresa y a sus requerimientos de QoS. Tomando en cuenta todas las consideraciones, la tabla III indica la clasificación de tráfico y los respectivos valores DSCP que se utilizarán para marcarlo.

E. Clasificación y acondicionamiento de tráfico

Dentro de la red de Telconet S.A. circula tráfico originado por los clientes y tráfico destinado a la administración de la misma, que debe ser tratado de acuerdo a ciertas condiciones.

El tráfico cliente debe ser tratado de acuerdo al SLA que haya contratado con la empresa, bajo los parámetros de QoS estipulados en el contrato y los puntos desde donde se debe ofrecerla.

El tráfico de red está determinado por los requerimientos de QoS para un determinado tipo de tráfico, de manera que se ofrezcan soluciones rápidas y eficientes ante fallas en la operación del backbone.

Se ofrece la oportunidad de brindar una QoS extremo a extremo, ya que el módulo de clasificación de tráfico de la arquitectura de Diffserv será establecido dentro del dominio origen, en el CPE, simplificando este proceso porque el

tráfico está menos mezclado y las reglas son más sencillas mientras más cerca se está del origen.

TABLA III
CLASIFICACIÓN Y ASIGNACIÓN DE VALORES DSCP AL TRÁFICO DE LA RED

CoS	Valor DSCP	Tipo de aplicación
Premium	EF=46	VoIP (TDMoIP, RTP, Skype, Net2Phone, UniqueFone, SIP, H.323)
Oro	AF11=10	Videoconferencia (RTSP)
	AF13=14	Aplicaciones streaming personalizadas
Plata	AF21=18	Bases de datos, SSL, IPsec, GRE, L2TP
	AF23=22	Transacciones web (HTTPS), SFTP
Bronce	AF31=26	SNMP, TELNET, SSH
	AF33=30	SMTP, POP3, IMAP4, VNC, Syslog, DHCP, ICMP
Mejor esfuerzo	BE=0	P2P, juegos, HTTP, Facebook, FTP, NFS, DNS y el resto de aplicaciones que cursan por la red y que no recibirán ninguna garantía de QoS

Las funciones de administración de la red son realizadas a través de equipos conectados como clientes normales al backbone, por lo que el módulo de clasificación será establecido en dichos equipos para brindar QoS.

El tráfico cliente y el tráfico de red serán clasificados utilizando un clasificador Multi-field (MF), de manera que se seleccione los paquetes combinando uno ó más campos de la cabecera como son dirección IP origen, dirección IP destino, puerto origen, puerto destino y protocolo.

Los paquetes clasificados serán marcados con los valores DSCP para asociarlos con las CoS definidas en los SLAs y entregarlos al módulo de acondicionamiento.

El módulo de acondicionamiento estará ubicado dependiendo del tipo de enlace contratado y utilizará el algoritmo token bucket para medir el tráfico entrante del cliente y compararlo con el ancho de banda contratado en el SLA.

En los enlaces punto a punto, la última milla no es compartida, por lo que los CPEs no necesitan administrar el ancho de banda, de modo que el módulo de acondicionamiento se ubicará en los puertos del equipo de la capa acceso del cual dependan.

Los enlaces multipunto disponen de una última milla compartida, por lo que los CPEs deben administrar el ancho de banda para que determinadas aplicaciones de los clientes no superen el ancho de banda contratado y provoquen la saturación del canal de transmisión.

Los paquetes pre-marcados y acondicionados ingresarán a la red del proveedor para ser distribuidos mediante un clasificador Behavior Aggregate (BA) en base al subcampo DSCP que contienen y definir el tratamiento que recibirán durante su transmisión por la red.

F. Elección del método de QoS sobre MPLS

El método que se escoge para brindar QoS en la red de Telconet S.A. es EXP-inferred-PSC Label Switched Path (E-LSP) porque es un método no escalable, con un número máximo de ocho PHBs, evitando que los equipos de la red de core, donde se debe hacer la integración, no mantengan una gran cantidad de correspondencias entre valores DSCP, campo Experimental (EXP) y PHBs.

G. Definición de correspondencias

La tabla IV indica la correspondencia entre los valores DSCP definidos en los PHBs descritos para clasificar el tráfico transmitido a través de la red y los valores exp7-exp0 del campo EXP, que serán mapeados en los nodos de borde LERs de la red MPLS.

TABLA IV
MAPA DE CORRESPONDENCIAS ENTRE EL SUBCAMPO DSCP Y EL CAMPO EXP

CoS	Valor DSCP	Valor EXP
Premium	EF	exp7
Oro	AF11	exp6
	AF13	exp5
Plata	AF21	exp4
	AF23	exp3
Bronce	AF31	exp2
	AF33	exp1
Mejor esfuerzo	BE	exp0

H. Elección del modo de tunelización de DiffServ sobre MPLS [13][17]

El CPE entregado al cliente por la empresa no soporta tecnología MPLS y los paquetes son pre-marcados en el origen, por lo que es recomendable utilizar el modo tubería corta para brindar QoS a los paquetes que son transmitidos por la red de core con tecnología MPLS de la empresa Telconet S.A.

El modo tubería corta provee de QoS transparente mediante la preservación del marcado IP de los paquetes y los clasifica en la interfaz de salida del LER de egreso en base al subcampo DSCP.

IV. CONFIGURACIÓN DEL ESQUEMA DE QoS

A. Modelos de los equipos del núcleo de la red de Telconet S.A.

Los equipos del núcleo de la red de Telconet S.A. utilizan plataforma certificada marca Cisco. A continuación se indican los modelos de los equipos implementados en el núcleo de la red de Telconet S.A. para cada capa:

- Los dos nodos principales de la capa core utilizan un switch marca Cisco modelo Catalyst WS-C6509-E cada uno con dos módulos modelo Enhanced Optical Services Modules (OSM) con cuatro puertos Wide Area Network (WAN) Gigabit Ethernet y dos puertos Local Area

Network (LAN) Gigabit Ethernet cada uno (OSM-2+4GE-WAN+). Además, incluyen una tarjeta de características de perfiles (PFC) modelo PFC3BXL.

- Los nodos PE de las capas core y distribución son routers marca Cisco modelo 7206 VXR.
- Los equipos de la capa distribución que forman los anillos son switches marca Cisco modelo WS-C3750G-12S.

B. Configuración de los equipos Cisco

La configuración será realizada sobre un nodo por capa del modelo jerárquico. La Fig. 6 muestra las conexiones de los nodos que van a ser configurados como ejemplo para el resto de equipos de la red, con sus respectivas interfaces a cada extremo de los enlaces.

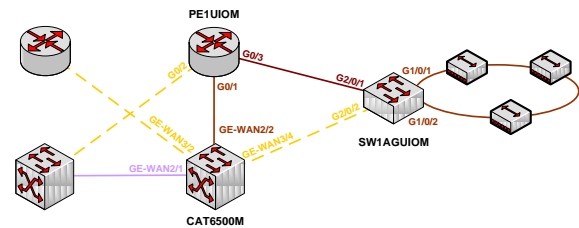


Fig. 6. Topología física de los equipos a ser configurados

1) Configuración del nodo SW1AGUIOM de la capa distribución: [18]

Los nodos de la capa distribución envían y reciben el tráfico pre-marcado en la capa acceso y el tráfico de la capa core, por lo que sus funciones son agrupar los paquetes utilizando un clasificador BA en base al subcampo DSCP marcado y enviarlos al siguiente nodo de acuerdo al PHB que les corresponde.

Al configurar el nodo SW1AGUIOM de la capa distribución se debe habilitar QoS en todo el equipo y configurar las interfaces para que confíen en el subcampo DSCP seteado en los CPEs.

Los equipos de estos nodos ofrecen una cola prioritaria y dos colas con tres profundidades cada una en el ingreso de las interfaces. Los parámetros que fueron configurados son la asignación de los valores DSCP a cada cola de ingreso, el porcentaje de ancho de banda garantizado de la cola prioritaria, el porcentaje de buffer de ingreso asignado para cada cola y las profundidades de las colas 1 y 2, ya que la cola 3 tiene configurado el 100% por defecto para paquetes encolados antes de comenzar a descartarlos.

De igual manera que en el ingreso de una interfaz, el equipo de este nodo ofrece una cola prioritaria y cuatro colas con tres profundidades cada una en el egreso de cada interfaz. Los parámetros que fueron configurados son la asignación de los valores DSCP a cada cola de ingreso, el porcentaje de buffer de egreso asignado para cada cola, los porcentajes de las profundidades 1 y 2 de cada cola, el porcentaje de buffer reservado por cola y el porcentaje del umbral máximo por cola.

Los parámetros de configuración de ingreso y egreso de las interfaces fueron obtenidos en base a una estimación de velocidades de las aplicaciones y a la definición de los PHB propuestos en el diseño. Estos parámetros están asociados a valores que cumplen con los estándares establecidos por los

protocolos de las aplicaciones para su correcto funcionamiento, tomando como referencia el valor especificado por el fabricante para el envío de datos más un valor igual reservado para la recepción de los mismos. Adicionalmente, se añade aproximadamente un 10% al valor de la capacidad para evitar la saturación de los enlaces.

2) Configuración del nodo PE1UIOM de la capa core:

Los nodos PE de la capa core envían y reciben el tráfico de los nodos que forman los anillos de la capa distribución y de los nodos principales de la capa core, por lo que sus funciones son agrupar los paquetes utilizando un clasificador BA en base al subcampo DSCP, traducir el subcampo DSCP al campo EXP con el método E-LSP, agrupar los paquetes en base al campo EXP, manejar la QoS sobre MPLS con el modo de tunelización tubería corta y enviar el tráfico al siguiente nodo de acuerdo al PHB que le corresponde.

El equipo Cisco 7206 VXR del nodo PE1UIOM configura QoS a través del uso de mapas de clases y mapas de políticas. Se definieron mapas de clases para agrupar los paquetes IP de acuerdo al subcampo DSCP que contienen y se creó un mapa de política para configurar el mapa de correspondencias entre los valores DSCP y los valores EXP con el método E-LSP.

El mapa de política creado fue adjuntado a las interfaces configuradas con IP para hacerlo efectivo y poder setear el campo EXP en el tráfico entrante durante la imposición de las etiquetas.

Seguidamente, se definieron mapas de clases para clasificar los paquetes MPLS en base al campo EXP que contiene la etiqueta MPLS superior y agruparlos de acuerdo a la CoS a la que pertenecen. Seguidamente, se creó un mapa de política para manejar la QoS sobre MPLS con el modo de tunelización tubería corta y brindar los PHBs correspondientes a cada CoS.

El mapa de política para manejar la QoS sobre MPLS fue adjuntado a las interfaces configuradas con MPLS para hacerlo efectivo y brindar los PHB al tráfico de salida de acuerdo a la CoS a la que pertenecen.

Se definieron mapas de clases para clasificar los paquetes IP en base al subcampo DSCP que contienen y agruparlos de acuerdo a la CoS a la que pertenecen; se creó un mapa de política para manejar la QoS sobre IP y brindar los PHBs correspondientes a cada CoS. Este mapa de política fue adjuntado a las interfaces configuradas con IP para hacerlo efectivo y brindar los PHBs al tráfico de salida de acuerdo a la CoS a la que pertenecen.

Los parámetros de configuración de los mapas de políticas fueron obtenidos en base a la estimación de velocidades de las aplicaciones que circulan por la red y a la definición de los PHBs propuestos en el diseño.

3) Configuración del nodo CAT6500M de la capa core [14]-[15]-[16]

Los dos nodos principales de la capa core envían y reciben tráfico de los nodos PE y de los nodos de la capa distribución, por lo que sus funciones relacionadas con la QoS son agrupar los paquetes utilizando un clasificador BA

en base al campo EXP ó al subcampo DSCP, traducir el subcampo DSCP de IP al campo EXP de MPLS mediante E-LSP, manejar la QoS sobre MPLS con el modo de tunelización tubería corta y enviar el tráfico al siguiente nodo de acuerdo al PHB que le corresponde.

La configuración del nodo CAT6500M de la capa core y distribución es similar a la configuración indicada para el nodo PE1UIOM.

C. Simulación del esquema diseñado de QoS [2]-[19]

La configuración del esquema de QoS diseñado fue simulada en el programa Dynamips, con el fin de obtener los resultados que demuestren el tratamiento diferenciado que los agregados de tráfico deben recibir. Este programa es utilizado por la empresa Telconet S.A. para realizar pruebas de configuración en un entorno que contiene los equipos y las versiones de Internetwork Operating System (IOS) instalados en su red de backbone.

Los equipos marca Cisco tienen la habilidad de mostrar las estadísticas y las configuraciones de las políticas de entrada y salida adjuntadas a una interfaz. Esta habilidad es posible mediante la utilización del comando show policy-map interface [interface-type interface-number].

Utilizando los scripts Perl se generó cantidades confiables y predecibles de diferentes tipos de tráfico en el programa Dynamips para obtener estadísticas de las políticas configuradas en los equipos de la capa core, debido a que éstos concentran la mayor parte de tráfico y realizan la integración entre las tecnologías IP y MPLS.

La Fig. 7 indica las estadísticas de una de las interfaces de los equipos de la capa core de la red de Telconet S.A. en el programa Dynamips.

Utilizando el comando indicado, se obtuvo estadísticas de las políticas configuradas en las interfaces de los nodos, donde los parámetros del número de paquetes y bytes son considerados para demostrar que los paquetes están siendo clasificados y tratados con QoS.

La tabla V muestra como ejemplo las estadísticas de la política para manejar la QoS sobre MPLS en el nodo PE2UIOG.

TABLA V
EJEMPLO DE LAS ESTADÍSTICAS DE TRÁFICO DE UNA INTERFAZ CON QoS

Interfaz	Clase	Número de paquetes	Número de bytes
G0/1	MPLS-premium	187200	38188800
	MPLS-oro	122400	38187000
	MPLS-plata	27000	27797400
	MPLS-bronze	9600	6092400
G0/2	MPLS-premium	188400	38433600
	MPLS-oro	67800	27991200
	MPLS-plata	43780	46187900
	MPLS-bronze	7830	10484370

```

Telnet localhost
cat6500@ch policy-map interface ge-wan2/2
GE-WAN2/2
Service-policy output: politica_setMPLS-PHBS
Class-map: MPLS-premium (match-all)
375600 packets, 76622400 bytes
30 second offered rate 1023000 bps, drop rate 0 bps
Match: npls experimental 7
Weighted Fair Queuing
Strict Priority
Output Queue: Conversation 264
Bandwidth 30 (%)
Bandwidth 300000 (kbps) Burst 7500000 (Bytes)
(pkts matched/bytes matched) 0/0
(total drops/bytes drops) 0/0
Class-map: MPLS-oro (match-any)
105000 packets, 46435200 bytes
30 second offered rate 641000 bps, drop rate 0 bps
Match: npls experimental 6 5
Weighted Fair Queuing
Output Queue: Conversation 265
Bandwidth 21 (%)
Bandwidth 210000 (kbps)
(pkts matched/bytes matched) 0/0
(depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
discard-class Transmitted Random drop Tail drop Minimum Maximum Mark
pkts/bytes pkts/bytes pkts/bytes thresh thresh prob
0 0/0 0/0 0/0 0/0 60/7600 150/28800 1/1
1 0/0 0/0 0/0 0/0 100/12200 150/28800 1/1
2 0/0 0/0 0/0 0/0 50/9600 150/28800 1/1
3 0/0 0/0 0/0 0/0 20/4000 41/8000 1/10
4 0/0 0/0 0/0 0/0 23/4500 41/8000 1/10
5 0/0 0/0 0/0 0/0 36/7000 41/8000 1/10
6 0/0 0/0 0/0 0/0 31/6000 41/8000 1/10
7 0/0 0/0 0/0 0/0 36/5000 41/8000 1/10
Class-map: MPLS-plata (match-any)
8400 packets, 38874000 bytes
30 second offered rate 130000 bps, drop rate 0 bps
Match: npls experimental 4 3
Weighted Fair Queuing
Output Queue: Conversation 266
Bandwidth 14 (%)
Bandwidth 140000 (kbps)
(pkts matched/bytes matched) 0/0
(depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
discard-class Transmitted Random drop Tail drop Minimum Maximum Mark
pkts/bytes pkts/bytes pkts/bytes thresh thresh prob
0 0/0 0/0 0/0 0/0 60/7600 150/28800 1/1
1 0/0 0/0 0/0 0/0 100/12200 150/28800 1/1
2 0/0 0/0 0/0 0/0 50/9600 150/28800 1/1
3 0/0 0/0 0/0 0/0 20/4000 41/8000 1/10
4 0/0 0/0 0/0 0/0 23/4500 41/8000 1/10
5 0/0 0/0 0/0 0/0 36/7000 41/8000 1/10
6 0/0 0/0 0/0 0/0 31/6000 41/8000 1/10
7 0/0 0/0 0/0 0/0 36/5000 41/8000 1/10
Class-map: MPLS-bronce (match-any)
12000 packets, 502000 bytes
30 second offered rate 129000 bps, drop rate 0 bps
Match: npls experimental 2 1
Weighted Fair Queuing
Output Queue: Conversation 267
Bandwidth 10 (%)
Bandwidth 100000 (kbps)
(pkts matched/bytes matched) 0/0
(depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
discard-class Transmitted Random drop Tail drop Minimum Maximum Mark
pkts/bytes pkts/bytes pkts/bytes thresh thresh prob
0 0/0 0/0 0/0 0/0 60/7600 150/28800 1/1
1 0/0 0/0 0/0 0/0 100/12200 150/28800 1/1
2 0/0 0/0 0/0 0/0 50/9600 150/28800 1/1
3 0/0 0/0 0/0 0/0 20/4000 41/8000 1/10
4 0/0 0/0 0/0 0/0 23/4500 41/8000 1/10
5 0/0 0/0 0/0 0/0 36/7000 41/8000 1/10
6 0/0 0/0 0/0 0/0 31/6000 41/8000 1/10
7 0/0 0/0 0/0 0/0 36/5000 41/8000 1/10
Class-map: class-default (match-any)
300 packets, 453600 bytes
30 second offered rate 6000 bps, drop rate 0 bps
Match-any

```

Fig. 7. Estadísticas de tráfico de una política en un nodo de la capa core

Gráficamente, los resultados mostrados en la tabla V se muestran en la Fig. 8.

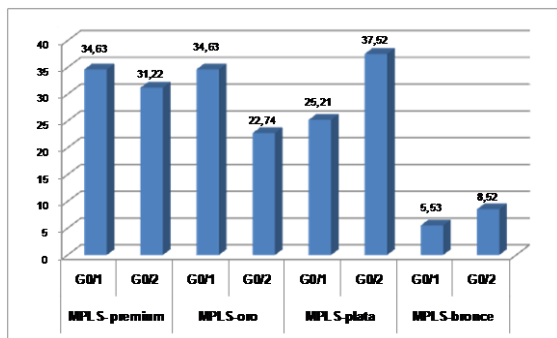


Fig. 8. Tráfico en las interfaces G0/1 y G0/2 del nodo PE2UIOG para la QoS sobre MPLS

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La integración de MPLS y DiffServ mejora las prestaciones de calidad que el tradicional servicio de “mejor esfuerzo” ha ofrecido a la mayoría de ISPs actualmente; se combina el tratamiento diferenciado de los agregados de tráfico entregado por la arquitectura de DiffServ y la simplificación de los procesos de enrutamiento proporcionado por la tecnología MPLS.
- La ejecución de un análisis de tráfico permite conocer las aplicaciones y servicios que circulan por la red de un ISP, con el fin de determinar los requerimientos de QoS que los distintos agregados de tráfico puedan tener.

- La implementación de QoS en la red de Telconet S.A. limita la capacidad que las aplicaciones no críticas como P2P puedan utilizar durante su transmisión, evitando que consuman innecesariamente recursos y resultando en un ahorro de costos para la empresa.
- Se recomienda realizar un monitoreo constante de los nodos de la red de Telconet S.A. para determinar si existen puntos de congestión y, en ese caso, establecer los procedimientos más adecuados que regulen las tasas de transmisión y consigan una comunicación fiable.
- Se recomienda manejar un esquema de mejoramiento continuo de los procedimientos de QoS propuestos para la red IP/MPLS de Telconet S.A., con el propósito de invertir de forma más eficiente en los recursos necesarios para solventar el servicio ofrecido a los clientes.

VI. REFERENCIAS

- NIETO, Luisana. “Diseño y configuración de Calidad de Servicio en la tecnología MPLS para un ISP”. EPN. Mayo 2010
- ALVARADO, Alexandra. “Manual de trabajo en Dynamips de Telconet S.A.”. Marzo 2009
- ALVARADO, Alexandra. “Diagrama MPLS”. ESP PROY 06 Ver 07 May 08
- ALVAREZ, Víctor. “Análisis de tráfico de la red MPLS de Telconet S.A.” ESP PROY 03 Ver 23 May 08
- PROAÑO, Hugo. “Descripción y generalidades de la red de backbone de Telconet S.A.”. Instructivo INS UIO BACK 2008
- PADILLA, René; URQUIZA, Luis. “Rediseño de la red WAN de Petrocomercial con calidad de servicio”. EPN. Enero 2008
- MARCHÁN, Julia; YÁNEZ, Daniel. “Estudio y diseño para la migración de una red gigabit ethernet de datos de una empresa portadora de servicios a la tecnología MPLS”. EPN. Abril 2008
- HIDALGO, Pablo. Folleto de redes de área extendida. EPN. Marzo 2007
- ROSEN, E. “Multiprotocol Label Switching Architecture”. IETF RFC 3031. 2001
- IPINFUSION. “Quality of service and MPLS methodologies” http://www.ipinfusion.com/pdf/IP_InfusionQoS_MPLS2.pdf
- LE FAUCHEUR, F. “Multi-Protocol Label Switching (MPLS) support of Differentiated Services”. IETF RFC 3270. 2002
- JIMÉNEZ, Raúl. “Integración de MPLS y DiffServ en una arquitectura para la provisión de QoS” <http://gitaca.es/javiercg/uploads/ES/jimenez05jitel.pdf>
- CISCO SYSTEMS. “DiffServ tunneling modes for MPLS networks” http://www.cisco.com/en/US/tech/technologies_note09186a008022ad7e.shtml

- [15] CISCO SYSTEMS. “Cisco 7600 Series Enhanced 4-port GE OSM”
http://www.cisco.com/en/US/docs/routers/7600/install_config/12.2SR_OSM_config/pwan.html
- [16] CISCO SYSTEMS. “Configuring the 4-Port Gigabit Ethernet WAN OSMs”
http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps368/prod_eol_notice0900a
- [17] CISCO SYSTEMS. “DiffServ tunneling modes for MPLS networks”
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk436/tk428/technologies_tech_note.shtml
- [18] CISCO SYSTEMS. “Cisco Catalyst 3750 QoS Configuration Examples”
http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps5023/products_tech_note.shtml
- [19] CISCO SYSTEMS. “Understanding packet counters in show policy-map interface output”
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk543/tk760/technologies_tech_note.shtml

VII. BIOGRAFÍA



Luisana Nieto nació en la ciudad de Machala, provincia de El Oro, el 15 de Febrero de 1983. Cursó sus estudios secundarios en la Unidad Educativa “La Inmaculada” de la ciudad de Machala y sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito, donde obtuvo el título de Ingeniera en Electrónica y Redes de Información en Septiembre 2010. Se desempeñó como asistente en el departamento de Ingeniería de la empresa Radio Trunking del Ecuador en la ciudad de Guayaquil y como pasante en el departamento de Network Operation Center NOC de la empresa Telconet S.A. matriz Quito. Actualmente, se encuentra laborando en el departamento NOC del área de Tecnología del grupo TVCABLE como Ingeniera Junior.

Áreas de interés: informática, WAN, configuración de equipos y bases de datos. (luisanita2001@hotmail.com)



Pablo Hidalgo Lascano. Nació en Ambato en 1959. Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional (1985) siendo declarado el mejor graduado de su promoción. Becado por el Gobierno Alemán y auspiciado por la E.P.N. realizó estudio de postgrado en Telecomunicaciones en el Deutsche Bundespost (1988 - 1990) y en la

Maestría de Conectividad y Redes de Telecomunicaciones en la E.P.N. (2000 - 2002) Actualmente se desempeña como profesor principal del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información de la E.P.N. Fue promotor y Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Información de la E.P.N. (2000 - 2007). Ha dirigido más de 60 tesis de grado y proyectos de titulación. Se ha desempeñado como consultor y asesor para algunas entidades públicas y privadas. Sus áreas de interés actuales son: Redes de Información, Comunicaciones Inalámbricas y Transmisión de Datos. Es miembro de la *Association for Computing Machinery* (ACM) y el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE).