

---

*Capítulo I*

# ***Introducción***

La diferenciación y el soporte en calidad de servicio es utilizada en muchas arquitecturas de red, técnicas y frameworks, tales como IP, con los esquemas de DiffServ e IntServ, redes NGN, GMPLS (*Generalized Multiprotocol Label Switching*) y redes ópticas, entre otras. Actualmente, la calidad de servicio no es solo una cuestión técnica, sino que se ha convertido en un producto que puede ser visto desde numerosas perspectivas, en las que los clientes, cada día, demandan más servicios, de mayor calidad. Por lo tanto, los proveedores deben mejorar sus implementaciones para permanecer en este reñido mercado (Piotr, Stankiewicz, Cholda, & Jajszczyk, 2011).

En este contexto, las redes actuales deben garantizar la calidad en los servicios sin importar el incremento paulatino de usuarios y dispositivos de interconectividad. La mejor manera de hacerlo no es necesariamente invirtiendo en la infraestructura más moderna que soporte técnicas para este fin. Existen mecanismos que se pueden aplicar sobre infraestructuras de red actuales, las cuales ayudan a manejar el tráfico de manera adecuada, de tal manera que los parámetros de calidad de servicio se mantengan dentro de los límites permisibles establecidos por la Recomendación Y.1541 (UIT, 2011a).

Como una primera instancia para el establecimiento de técnicas apropiadas que permitan la prestación de niveles de calidad de servicio, es necesario conocer el tráfico que circula sobre la red; el primer estudio debe estar enfocado en este sentido, en caracterizar todo el tráfico, la dirección, la cantidad y los dispositivos sobre los que recae la mayor parte del procesamiento. Una vez reconocidos estos aspectos es necesario distinguir los diferentes flujos de tráfico, etiquetando las tramas de cada aplicación, de tal manera que se le pueda dar un tratamiento preferencial a las aplicaciones más sensibles al retardo. Posteriormente, teniendo en cuenta la distinción de tráfico por el marcado de las tramas, se debe elegir e implementar, sobre los dispositivos de enrutamiento, el encolamiento que mejor se adapte, para garantizar la calidad en las operaciones; de este modo es posible garantizar mejores niveles de calidad, sin la necesidad de invertir en nuevos dispositivos.

El estudio del tipo de tráfico circulante sobre la red, debería ser una tarea relativamente sencilla de realizar, utilizando herramientas de monitoreo (de las cuales hay muchas de licencia libre). El marcado de las tramas lo pueden realizar los mismos dispositivos de enrutamiento dependiendo de su modelo; actualmente, inclusive los dispositivos de usuario final poseen la capacidad de realizar esta labor. Sin embargo, el establecimiento del esquema de encolamiento que mejor se adapte a una arquitectura de red, no es una tarea de *ensayo y error* que se deba realizar sobre la implementación física como tal, ya que en un intento se puede instaurar una técnica inadecuada que podría generar inconsistencia, cargar los dispositivos o los enlaces y, de este modo, congestionar completamente la infraestructura, produciendo exactamente un efecto contrario a lo que se quiere: mantener los niveles de calidad de servicio dentro de un margen permisible.

Por esta razón, la mejor manera de abordar la situación es usando herramientas de simulación, que permiten la evaluación de implementaciones de red a nivel software, sin poner en riesgo la integridad de la implementación física. La variedad de estrategias que pueden ser evaluadas utilizando este medio cubren diversos campos; para este caso, el estudio estará enfocado en las técnicas de encolamiento, las cuales hacen parte de un esquema muy eficiente para ofrecer calidad de servicio. Al finalizar, se espera establecer cuál es el esquema de encolamiento más apropiado para una arquitectura de red, teniendo en cuenta la identificación previa de los aspectos relacionados con el tráfico, mencionados.

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizará un estudio comparativo de las herramientas de simulación más utilizadas en el medio, con el fin de identificar los pro y los contras de cada una, con base en una serie de parámetros que se debe tener en cuenta en el proceso de selección de la herramienta. Posterior a esto, teniendo en cuenta los resultados del estudio de comparación de las diferentes herramientas de red, se seleccionará un simulador y se realizará un estudio teórico sobre los esquemas de encolamiento más comunes, siempre y cuando la herramienta soporte la implementación. La meta final es establecer, de acuerdo con unas características de tráfico definidas, cuál es el esquema de encolamiento que ofrece mejores resultados y caracterizar la diferencia de desempeño entre cada uno.

La calidad de servicio se puede ver, principalmente, desde dos perspectivas, denominadas clasificación y encolamiento. La clasificación se define como la manera en que el tráfico puede ser identificado y marcado. Por su parte, las colas son *buffers* de memoria de alto desempeño encargadas de procesar adecuadamente los datos; ellas pueden comportarse de diferentes maneras, dependiendo de la clasificación previa a la que el tráfico haya sido sometido. Por lo general, se suelen distinguir por la prioridad a la que despachan cada tipo de información, teniendo en cuenta que aquellos flujos de información más sensibles al retardo, prevalecen en comparación con datos que no son de misión crítica.

De este modo, clasificar, marcar y encolar el tráfico se realiza a través de políticas (*Policies*) establecidas por los administradores de red sobre los dispositivos de conectividad.

Tal como se mencionó en un principio, la medida inicial para brindar calidad de servicio es identificar los datos para proceder a su marcación, para de este modo diferenciar los flujos que circulan sobre la red. Dicho proceso de caracterización se puede realizar utilizando marcas de tramas a nivel 2 o 3 de OSI, por lo cual es posible utilizar alguno de los siguientes tres métodos de clasificación:

- uso de listas de control de acceso (ACL), con el fin de diferenciar los flujos de datos, por medio de la dirección IP, el puerto, etc.;
- clasificación por tipo de aplicación, que consiste en el reconocimiento de los

flujos de datos inspeccionando los paquetes. Este mecanismo generalmente es usado por los dispositivos CISCO; y

- *Switchport*, método en el que intervienen campos de las tramas de nivel 2, utilizando protocolos como el 802.1Q (LAN/MAN Standards Committee ,2006).

Una vez clasificados los datos, se procede a etiquetarlos de acuerdo con las clases de servicio que se hayan establecido. Este proceso de marcado se puede realizar a nivel 3 en la cabecera IP, utilizando el campo DSCP [*Differentiated Services Code Point* o campo de diferenciación de servicio] (Nichols, Blake, Baker, & Black, 1998), como se puede observar en la Figura 1.

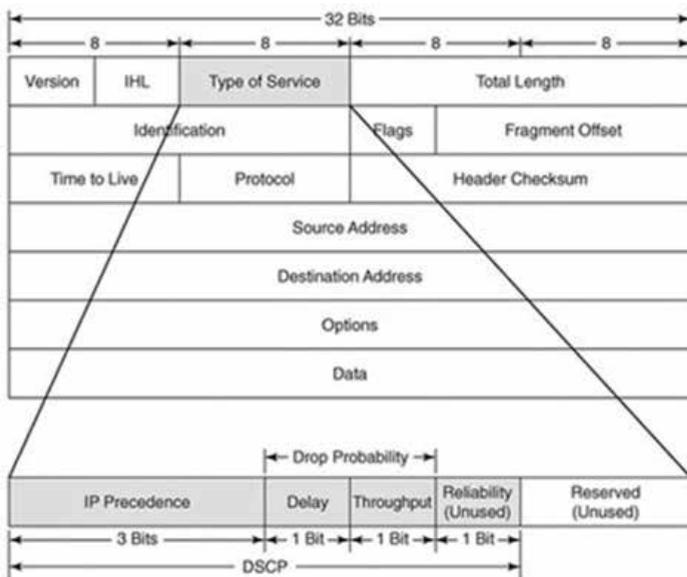


Figura 1. Datagrama IP - Campo DSCP (In Search of..., 2012)

Como se puede apreciar en esta misma figura y tal cual como describe el ISI (1981), RFC del protocolo de internet, el campo DSCP ocupa 6 bits de la cabecera IP: los tres primeros representan la precedencia o prioridad con la que pueden ser catalogados los tipos de tráfico; los tres siguientes el retardo, el *Throughput* y la confiabilidad, codificándose esta última, normal con 0 (cero) y alta con 1 (uno), indicando el incremento en el costo de los servicios a partir de estos parámetros. La Tabla 1 presenta los valores que puede tomar el campo *IP Precedence* inscritos en el RFC 791.

En lo concerniente al encolamiento, es posible la configuración de gran variedad de implementaciones en los dispositivos de interconectividad, generalmente enrutadores. De los tipos de colas, se destacan la cola FIFO (*First In First Out*), las colas de prioridad o PQ (*Priority Queue*) y la cola LLQ (*Low Latency Queuing*).

Las colas de tipo FIFO pueden ser definidas con la analogía de las personas que esperan en la fila de un banco y van siendo atendidas en el orden en que llegaron; el concepto indica que la primera persona en entrar, es la primera persona en salir. En

Código binario	Descripción
111	Network Control
110	Internetwork Control
101	CRITIC/ECP Flash
100	Override Flash
011	Immediate
010	Priority
001	Routine
000	

Tabla 1. Valores del campo IP Precedence

las colas PQ, en cambio, cada elemento tiene asignada una *prioridad*; aquellos con la prioridad más alta son atendidos antes que aquellos con una prioridad más baja; si dos elementos tienen la misma prioridad, son procesados de acuerdo con el orden de llegada. Las colas de tipo LLQ, por su parte, funcionan de manera similar a las de prioridad, pero corrigen el riesgo de que grandes flujos de datos de alta prioridad eviten que los de prioridad menor puedan ser atendidos, estableciendo intervalos de tiempo para la atención entre los distintos flujos de tráfico.

Como parte del esquema de desempeño para la prestación de niveles acertados de calidad de servicio, es de vital importancia la conformación del tráfico, (*traffic shaping*), que consiste en controlar el tráfico para evitar que se presenten paquetes descartados o que se sobrepase la capacidad de los flujos que llegan a la cola para ser atendidos. En cierto modo, se evita la congestión, la sobrecarga y el descarte sobre los flujos de datos específicos, controlando el nivel de transferencia y reduciéndolo cuando sobrepasa los límites establecidos. Por ello, esta tarea no se podría realizar efectivamente si al *shaping* no se le agrega políticas que establezcan dichos umbrales.

Hasta este punto se ha descrito la calidad de servicio como un conjunto de técnicas orientadas a garantizar el buen funcionamiento de las aplicaciones y/o servicios a los usuarios de tecnología. Sin embargo, cada día, el nivel de demanda de servicios –y su calidad– se incrementa haciendo que el concepto se extienda y sea visto como un producto, en el cual, el valor que se debe pagar depende del nivel de calidad de servicio que se requiere. Esto se ve reflejado en los niveles de acuerdo de servicio [SLA, *Service Level Agreement*], los cuales constituyen un pilar fundamental en el negocio tecnológico del mundo moderno, ya que buscan el aprovechamiento del medio en un 100 %, con el fin de maximizar las ganancias.

De otro lado, existen estándares que establecen parámetros para medir y evaluar la calidad de los servicios que se prestan. Organismos como la oficina de normalización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones [ITU-T] definen normas para el funcionamiento de las redes a nivel mundial; como describe Blandon (2010) dicha organización agrupa sus recomendaciones en veintitrés categorías; de ellas, la categoría Y, define la infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo de

Parámetro	Descripción
IPTD (IP Transfer Delay)	Tiempo que transcurre entre el envío y la recepción de un paquete IP; se mide en un solo paquete, en una sola vía.
IPER (IP Packet Error)	Relación entre paquetes IP con errores y satisfactorios.
IPLR (IP Loss Ratio)	Relación entre el total de paquetes perdidos y el total de paquetes transmitidos.
IPDV (IP Delay Variation)	Variación del retardo: rango de variaciones que puede tener el delay.

Tabla 2. Parámetros para la medición de calidad de servicio - Rec. Y.1540 (ITU-T, 2011b)

internet y las redes NGN. En lo referente a calidad de servicio, la ITU-T cuenta con dos recomendaciones: la Y.1540 y la Y.1541 (ITU-T, 2011a; 2011b).

La primera de ellas define parámetros útiles para especificar y evaluar la calidad de servicio, teniendo en cuenta aspectos como la velocidad, la exactitud, la seguridad y la disponibilidad, e indicando también donde se puede medir cada uno de ellos (i.e., extremo a extremo o a tramos de la red). La definición formal de dichos parámetros se presenta en la Tabla 2.

Esta Recomendación está dirigida tanto a proveedores, como a fabricantes de equipos y usuarios. A los proveedores, con el fin de estimular el desarrollo de servicios que satisfagan a los usuarios, en términos de calidad; a los fabricantes de equipos, para influir en el diseño de sus dispositivos; y a los usuarios, por ser los encargados de evaluar el desempeño de los servicios.

La segunda, la recomendación Y.1541, define los valores límite de cada uno de los parámetros de calidad de servicio definidos en la Y.1540, los cuales varían dependiendo de cada clase de servicio (i.e., multimedia, video, *streaming* y datos), es decir, la prioridad en transferencia del tráfico (ver Tabla 3).

Generalmente, la evaluación de las distintas técnicas de prestación de calidad de servicio mencionadas, se realiza sobre software de simulación de red, lo cual garantiza que en el momento de realizar configuraciones sobre los dispositivos de red reales, se tendrá claridad sobre el esquema de calidad de servicio a configurar, con el fin de cometer la menor cantidad de errores en redes operativas.

En la actualidad, existen diversos tipos de software capaces de recrear escenarios de red sobre los que es posible implementar gran cantidad de protocolos, inyectar diversos tipos de tráfico y caracterizar parámetros de funcionalidad. Dichos simuladores son necesarios, tanto en la academia, para aprendizaje y el estudio de diversos conceptos, como en entornos empresariales, puesto que realizar análisis preliminares sobre la forma, el comportamiento y la funcionalidad de los protocolos, garantiza en gran medida el correcto funcionamiento de la implementación física.

Tabla 3. Clases de calidad de servicio

Parámetro de calidad de funcionamiento de red	Tipo de objetivo de calidad de funcionamiento	Clase de QoS					
		0	1	2	3	4	5 no especificada
IPTD	Límite superior en el IPTD medio	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
IPDV	Límite superior en el cuantil 1 – 10-3 de IPTD menos el IPTD mínimo	50 ms	50 ms	U	U	U	U
IPLR	Límite superior en la probabilidad de pérdida de paquetes	$1 \times 10^{-3}$	U				
IPER	Límite superior					$1 \times 10^{-4}$	U