

# Incorporación de Modelos en la Ingeniería del Tráfico para mejorar la Calidad de Servicio en una Red de Computadora

Ayarde Ponce Liliana Ximena <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docente de la Carrera de Ingeniería Informática - UAJMS Tarija - Bolivia

**Correo electrónico:** layarde@gmail.com

## RESUMEN

La ingeniería de tráfico ha llegado a ser una función indispensable en grandes sistemas basados en IP. Las claves de las prestaciones asociadas a la ingeniería de tráfico son tanto la orientación del tráfico incluyen aspectos que aumentan la calidad de servicio y el caudal del tráfico.

La Ingeniería de Tráfico (TE) es una disciplina que procura la optimización de la performance de las redes operativas. Abarca la aplicación de la tecnología y los principios científicos a la medición, caracterización, modelado, y control del tráfico que circula por la red. Las mejoras del rendimiento de una red operacional, en cuanto a tráfico y modo de utilización de recursos, son los principales objetivos de la Ingeniería de Tráfico. Esto se consigue enfocándose a los requerimientos del rendimiento orientado al tráfico, mientras se utilizan los recursos de la red de una manera fiable y económica. Una ventaja práctica de la aplicación sistemática de los

Conceptos de Ingeniería de Tráfico a las redes operacionales es que ayuda a identificar y estructurar las metas y prioridades en términos de mejora de la calidad de servicio dado a los usuarios finales de los servicios de la red.

También con la incorporación de nuevos protocolos como Mpls "Multiprotocol Label Switching. Multiprotocol", en el análisis de la calidad del servicio de una red y considerando también de nuevos modelos matemáticos como de Poisson para mejorar la distribución de la información en una red de computadoras evaluando su confiabilidad y su fiabilidad de la Información.

**Palabras Clave:** Ingeniería de Tráfico, Protocolos, Rendimiento, Modelos.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día se trabaja continuamente con las redes de computadoras y estar siempre conectado en

red, y el problema que se tiene es saturación en la red en el envío de información y cuando es demasiado grande la información que se tiene que enviar, también se tiene el problema de la saturación de la información entre las redes que están conectadas.

En los últimos años el tráfico de redes ha aumentado considerablemente, la necesidad de transmitir cada vez más información en menos tiempo, como video y audio con más intensidad. Cada vez en la interacción con los servicios en la red que se utiliza varias aplicaciones al mismo instante con varios usuarios al mismo instante la red colapsa y se satura actualmente.

La Calidad de Servicio de la Red de Comunicaciones de la Institución, se lograra una administración más eficiente de su ancho de banda, el análisis del tráfico que viaja por la red, monitorear la funcionalidad y definir políticas para su uso.

El modelo de calidad de Servicio es un conjunto de técnicas, procedimientos y políticas, caracterizado por la habilidad de ofrecer prioridad y trato diferenciado a unos determinados tipos de tráfico. Los administradores de red estarán en la capacidad de establecer prioridad a tipos de tráfico y aplicaciones específicas, además de proveer ancho de banda exclusivamente para este tráfico. En cada aplicación que se realice con la Red.

## Caracterización de la Red

Para la caracterización de la red y teniendo en cuenta que VoIP y las videoconferencias son algunos de los usos típicos de gran aceptación en la actualidad entre los usuarios y que presentan mayor proyección de crecimiento en el futuro, se desarrolló un caso de estudio para evaluar la capacidad de la red del ITSA ante aplicaciones que requieran descarga de video. Se realizó el siguiente cálculo mostrado en la Tabla 1 basado en los datos suministrados por la Institución con respecto a su situación actual.

**Tabla 1.** Caracterización Inicial

| Parámetro                        | Valor                            |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Ancho de banda contratado        | 4 Mbps = 4192 Kbps               |
| Exigencia para descarga de video | 240 Kbps                         |
| Número de usuarios = BW/Consumo  | 4192 Kbps/240 Kbps = 18 Usuarios |

Analizando la **Tabla 1** se puede determinar que tan solo 18 usuarios saturarían la red descargando un video y utilizando un ancho de banda de 4 Mbps. Sin embargo, lo anterior también depende del tamaño total del video y que acorde a la cantidad de usuarios descargando archivos de internet, el ancho de banda asignado a cada usuario disminuye y el tiempo que demora en descargar el archivo es mayor. Adicionalmente se aplicó el Teorema de Little para identificar la cantidad estimada de usuarios que llegan a la red en un tiempo al azar y esperan para obtener un servicio.

Ahora se procederá a calcular el ancho de banda requerido para la red del ITSA teniendo en cuenta el número de usuarios totales, calculados con base en la información recolectada durante el desarrollo de este trabajo. Para este objetivo se emplearon las siguientes herramientas:

**a) Wireshark.** Es un analizador de protocolos utilizado para realizar análisis y solucionar problemas en redes de comunicaciones, y se emplea como herramienta para medir el desempeño de la red. El **Wireshark** arroja como resultado los protocolos más utilizados en la red y las páginas Web más visitadas. Para el caso específico de este trabajo, se aplicó en intervalos de tiempo preciso con una duración del análisis correspondiente a 10 minutos.

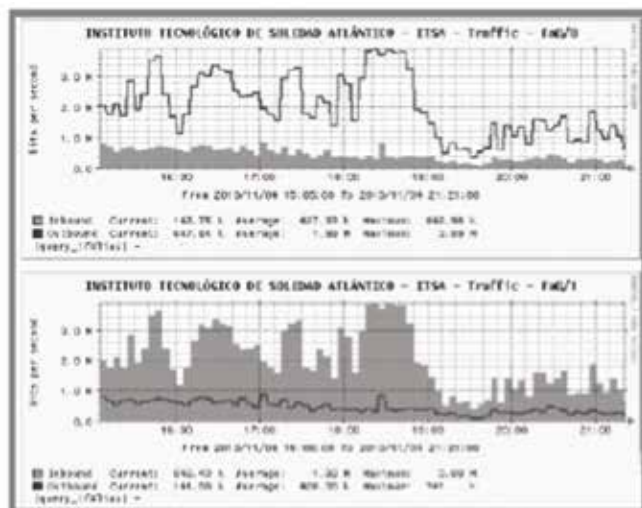
**Figura 1.** Gráfico paquete marcado con DSCP

**b) Cacti.-** Es una herramienta utilizada para visualizar el tráfico de información entrante y saliente de la red de comunicaciones del ITSA, mostrando las horas de mayor y menor flujo de información. Para el Cacti se tomaron 10 días como muestra representativa para poder medir el flujo de tráfico de la red.

Análisis del Tráfico de Diferentes Horas con el Cacti de la Red. Lo anterior implica que son mayores las descargas que hacen los usuarios, que la información que sale del ITSA para esta prueba específica. Se realizó el análisis de los resultados del monitoreo generados por varios periodos de tiempo y se logra observar los intervalos en los cuales la red se encuentra saturada en su totalidad.

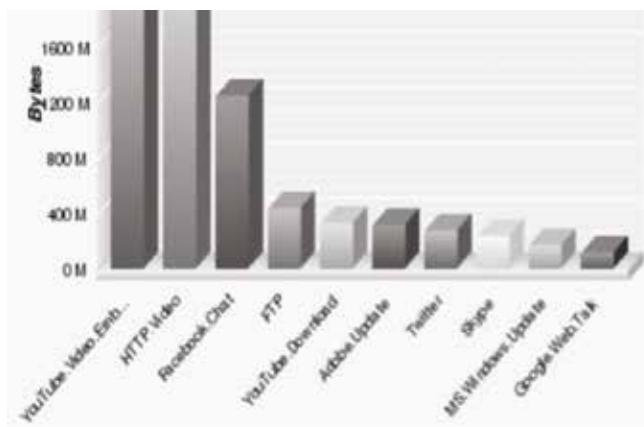
De lo anterior se desprende que el ancho de banda es insuficiente para atender la demanda de los usuarios de la red del ITSA [8].

**Figura 2.** Análisis del tráfico de diferentes horas con el Cacti de la red.



c) **Netflow**, es un protocolo desarrollado por Cisco Systems para coleccionar información del tráfico de la red, donde a través de un cliente se almacena la información recolectada y se identifican los equipos conectados y su correspondiente dirección IP. A través del análisis de la información gráfica suministrada por esta herramienta y mostrada en la que se logran apreciar las aplicaciones que más consumen ancho de banda en la red de comunicaciones de la Institución, como lo son las descargas de video, música y utilización de chat. Distribución del Ancho de Banda por Aplicación.

**Figura 3.** Distribución del ancho de banda por aplicación.



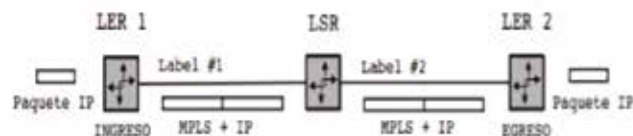
### Estudio de Protocolo a Implementar

Otra tecnología como lo es **MPLS** significa “**Multiprotocol Label Switching. Multiprotocol**”, es un estándar IP de conmutación de paquetes

del IETF, que trata de proporcionar algunas de las características de las redes orientadas a conexión y actúan al nivel de red y enlace de datos, proporcionando un método de envío rápido por su conmutación de etiquetas y sus caminos **LSP (Label Switched Path)**; sirve para evitar la congestión de la red, aportando sus características de ingeniería de tráfico. MPLS por sí solo no puede proporcionar diferenciación de tráfico, siendo este requisito imprescindible para la provisión de garantías QoS.

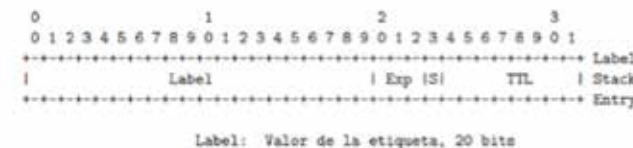
En **MPLS** la transmisión de datos ocurre a lo largo de circuitos virtuales llamados **LSPs (Label Switched Paths)**. Estos circuitos virtuales constan de una serie de etiquetas impuestas a los paquetes de información que los diversos enrutadores van intercambiando a lo largo del LSP. Las etiquetas utilizadas en el o los caminos a seguir son elegidas utilizando protocolos de distribución de etiquetas dinámicos como **LDP (Label Distribution Protocol)**, **CR-LDP**, **RSVP (Resource Reservation Protocol)** o pueden ser configuradas explícitamente.

**Figura 4.** Intercambio de etiquetas



Dentro de un encabezado adicional agregado a los paquetes llamado. Se coloca entre los encabezados de capa de red y de capa de enlace. Este funcionamiento es el que se utiliza en **MPLS sobre IP** y se llama modo trama. A continuación se muestra un diagrama de este encabezado.

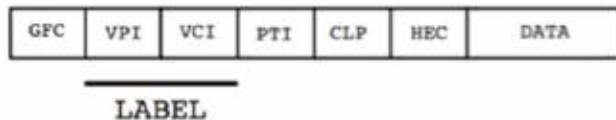
**Figura 5.** Shim Header



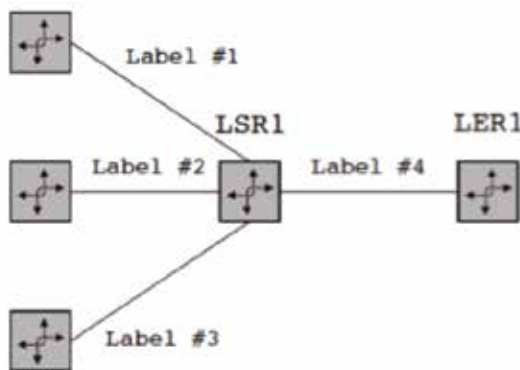
Otra característica de MPLS es que es posible la existenciademásdeunaetiquetasimultáneamente en cada paquete. Existe entonces un stack de etiquetas y una jerarquía asociada a ese stack. Si tenemos un stack de profundidad m se le llama etiqueta de **nivel 1** a la que se colocó primero (y por consecuencia está después del encabezado de capa de red), de **nivel 2** a la que se colocó después y así sucesivamente hasta la última de nivel. Cabe recalcar que la decisión de reenvío se

toma a partir del valor de la etiqueta de mayor nivel en el stack e independientemente de cual sea ese nivel. Cuando un enrutador toma acción explícita para que un paquete particular sea entregado a otro enrutador, aun cuando este último no sea el siguiente salto en el camino ni el destino del paquete, se dice que se creó un túnel entre ambos enrutadores. Existe la posibilidad de implementar túneles mediante LSPs y utilizar intercambio de etiquetas.

**Figura 6. Etiqueta**

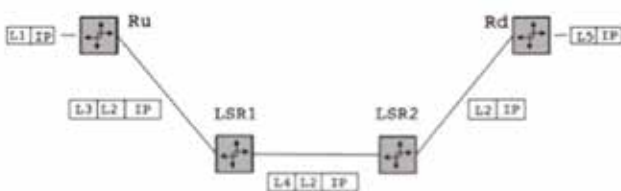


**Figura 7. Label merging**



Con el uso del protocolo MPLS para que el paquete recorra el túnel. Estos túneles LSP pueden ser dentro de IP como túneles dentro de otros LSPs, en este caso se agrega un nuevo nivel al stack. Un ejemplo de túnel LSP entre los enrutadores Ru y Rd dentro de un LSP se muestra.

**Figura 8. Túnel**



Con el uso de nuevos modelos matemáticos el uso de Poisson se identificara el envío y salida de paquetes de una red de computadora en el uso de diferentes aplicaciones en un mismo instante con diferentes usuarios.

Se proponen algunas herramientas para evaluar la Ingeniería de Tráfico en una red con los protocolos

MPLS asegurar la QoS la calidad de servicio, haciendo un uso eficiente de los recursos de la red.

### Modelo de Poisson

Debido al grande número de líneas de un operador de telecomunicaciones se adopta el modelo de Poisson para calcular el número de rutas de voz.

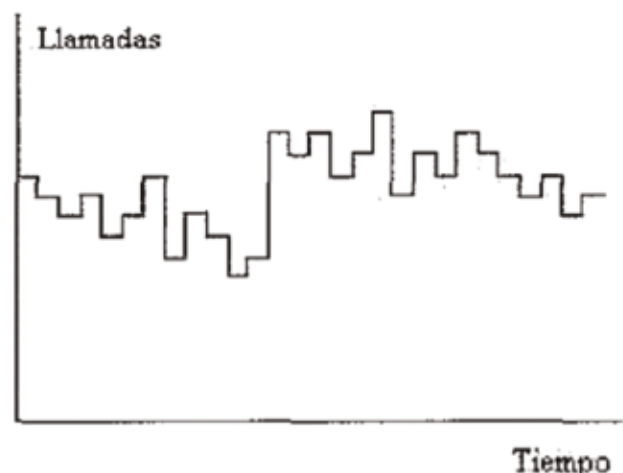
En el modelo de Poisson se asume una población infinita que es una buena aproximación cuando el número de procesos de llegada depende solamente del número de usuarios que ya están en el sistema. Además, cuando el tiempo compartido computado esté disponible al público esa población de usuarios podrá ser considerada como infinita.

El modelo de Poisson está basado en las siguientes características:

- a) **Numero de Fuentes infinito.**
- b) **Patrón de tráfico de llegada aleatorio.**
- c) **Llamadas bloqueadas consideradas como ocupadas.**
- d) **Tiempo de ocupación distribuidos exponencialmente.**

Las llamadas bloqueadas estarán ocupadas hasta que un circuito esté disponible. Dicho modelo asume un patrón de tráfico de llegada aleatorio.

**Figura 9. Patrón de Tráfico de Llegada Aleatorio.**



Infinitos Servidores que dan servicio a llamadas que llegan aleatoriamente (no hay bloqueo) una tasa de . La probabilidad que exista N canales ocupados es dada por:

$$P_r(\eta=N) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^N}{N!}$$

La probabilidad de bloqueo  $P_r(\eta \geq N) = 1 - P_r(\eta < N)$  será:

$$P_r(\eta \geq N) = 1 - e^{-\lambda} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{\lambda^j}{j!},$$

$P_r$  es la probabilidad de bloqueo de cada llamada;

$N$  es el número de circuitos de voz ( $path\_voip$ );

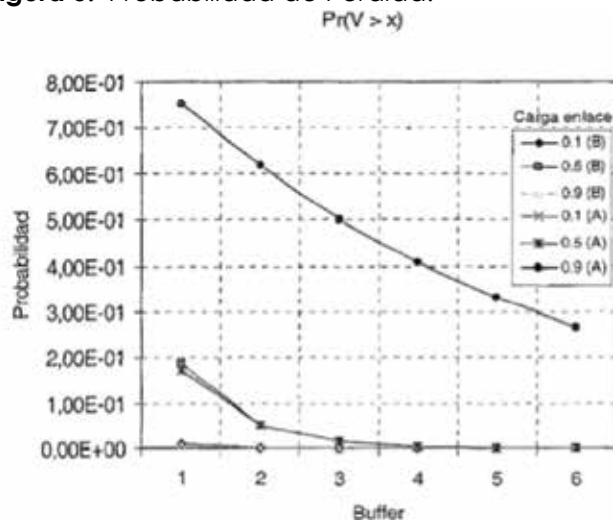
$\lambda$  es el tráfico cargado.

Considerando una probabilidad de boqueo de  $10^{-3}$  (probabilidad que se degraden las prestaciones) y el tráfico cargado en Erlang se calcula el número de  $path\_voip$  a través de Poisson( $P_r, \lambda$ ).

El cálculo de capacidad equivalente para redes de alta velocidad ha sido propuesto como una métrica uniforme para representar un ancho de banda efectivo de una o más conexiones agregadas. Su definición está basada en la combinación del modelo de flujo y la distribución de la tasa de forma estacionaria. La propuesta de esta métrica es establecer una eficiente gestión del ancho de banda y procedimientos para el control de llamadas y encaminamiento (control de admisión basado en un modelo analítico). En este modelo una tasa de bits generada por un número de conexiones multiplexadas está representada como un flujo continuo de bits con intensidad variada de acuerdo al estado de una cadena de Markov de tiempo continuo. Sin embargo, esa metodología no se aplica al control de tráfico con requisitos de tiempo real.

Se puede observar que con ese criterio cuanto mayor la carga en los enlaces mayor la probabilidad de pérdidas por colisión de paquetes, pero que ese resultado depende del tamaño del buffer de entrada, con lo cual dicha aproximación solo servirá para evaluar la saturación de sistemas.

**Figura 5.** Probabilidad de Perdida.

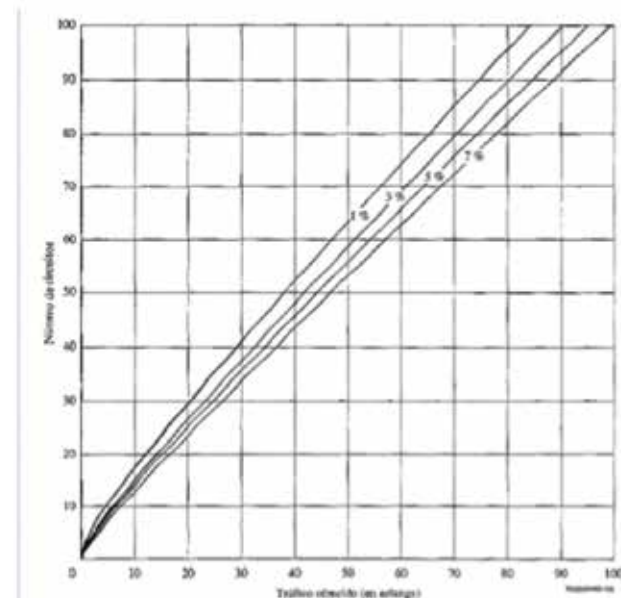


La utilización de un factor de carga del enlace considerando la aproximación para Buffers muy pequeños no será considerada en este trabajo. Se tiene un comportamiento predecible se utilizará solamente la distribución de Poisson para el cálculo.

Es importante recordar que tradicionalmente para una red pequeña el número de circuitos era calculado utilizando la fórmula.

**Figura 6.** Numero de Circuitos comprendidos entre 1 – 100.

$$E_{1n}(A) = \frac{\frac{A^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{A^k}{k!}}$$



### Selección de Camino con Ancho de Banda Garantizado

Se presenta una evolución de cuatro algoritmos de encaminamiento que ofrecen diferentes versiones entre la limitación del número de camino y el balanceo de carga en la red. Los cuatro algoritmos son:

**1. Widest-Shortest Path:** Calcula un camino con un mínimo número de salto entre todos los caminos factibles. Si existen varios de estos caminos entonces el que tenga mayor ancho de banda reservado será el seleccionado.

**2. Shortest-Widest Path:** Calcula un camino con el máximo ancho de banda entre todos los caminos factibles. Si existen varios de estos caminos entonces el que tenga menor número de saltos

será el seleccionado.

**3. Shortest-Distance Path:** Calcula un camino factible con menor distancia. La función es definida por:

$$\text{Dist}(P) = \sum_{j=1}^k \frac{1}{R_{ij}}$$

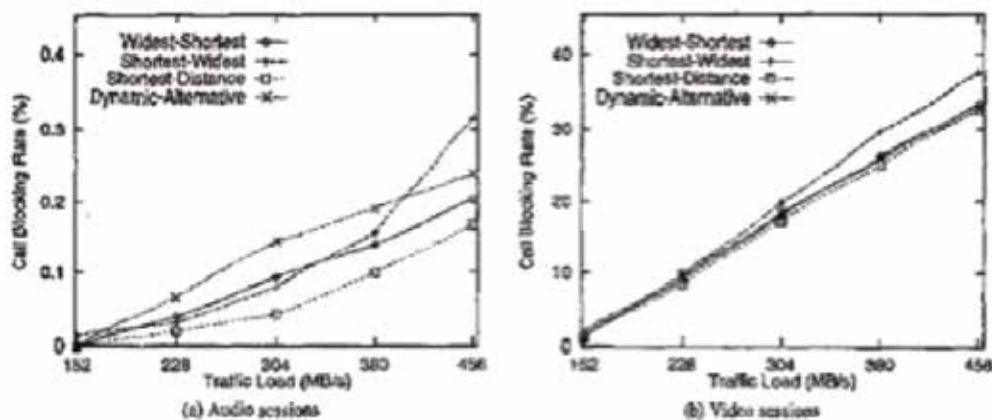
Donde:

$R_{ij}$  es el ancho de banda disponible en el enlace  $I_j$

$I_j$  es el identificador del enlace,  $j=1$  para  $k$  = número de enlaces

**4. Dynamic-Alternative Routing.-** Siendo  $n$  el número de saltos de un camino de menor número de saltos cuando la red esta inactiva, un camino alternativo dinámico es un camino widest-shortest path con no más que  $n+1$  saltos.

**Figura 3.** Carga en la Red en función de la tasa de Bloqueo



Con el análisis y desarrollo en la interacción con una red, en la implementación de modelos y protocolos se concluye que la red trabajara de manera eficiente en el envío de paquetes y haciendo uso de diferentes aplicaciones de manera simultánea.

## CONCLUSIONES

- El proceso de construcción del modelo consiste en definir el problema a través de su función objetivo y sus variables de control o decisión, para luego formularlo como un modelo de optimización definiendo así los tipos de variables que serán utilizados en su representación el nivel apropiado de agregación de las mismas.
- La fase de validación del modelo consiste en comparar su comportamiento con la realidad, para luego actuar si se hace necesario, a través de la reformulación, de forma a aproximar su comportamiento al modelo real para optimizar su aplicación.
- Se proponen algunas herramientas para evaluar la Ingeniería de Tráfico en una red con los protocolos MPLS asegurar la QoS la

calidad de servicio, haciendo un uso eficiente de los recursos de la red para que se logre una optimización en la funcionalidad de la red.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Modelo de Calidad de Servicio en Ingeniería de Tráfico en la Red de Comunicaciones en una Institución de Educación Superior. Autor, Enny M. Agamez Pájaro, Escuela de Tics Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico ITSA Barranquilla (Atlántico) Colombia.
- [2] Ingeniería de Tráfico en tiempo real sobre MPLS Implementación en un ambiente Linux. Autor: Miguel Guiot Gayoso Santiago Remersaro Romaniello Gabriel Tucci Scuadroni, Orientador: Ing. Pablo Belzarena del 15 de Mayo del 2003.
- [3] Conceptos y Elementos Básicos de Tráfico en Telecomunicaciones, ATEL ASESORES C.A Prof. Diógenes Marcano.
- [4] Sistema Operativo Linux y Control de tráfico en redes de Computadoras, Juan Carlos Rengifo

Salazar, Universidad de Antioquia facultad de Ingeniería.

[5] Calidad de Servicio, Rogelio Montañana  
Departamento de Informática Universidad de Valencia.

[6] Prado, C. 2009. Implantación de Calidad de Servicio (QOS) en Redes Inalámbricas WI-FI. Tesina. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Culhuacan. México, D.F.