

## DISEÑO DE REDES LAN

Artículo por: Ing Rodrigo Ferrer CISSP  
rodrigo.ferrer@sisteseq.com  
Empresa: SISTESEG  
Bogotá  
Colombia  
(todos los derechos reservados)

La tecnología que soporta la infraestructura de red LAN está basada en el protocolo Ethernet y los dispositivos que implementan esta tecnología son switches nivel dos (2) o nivel tres (3), es decir, que ellos son los encargados (los de nivel dos) de interpretar las direcciones físicas de los computadores de la red, con el fin de facilitar y permitir la conectividad entre estaciones de la red, y entre estas estaciones y la Internet, facilitando y garantizando de esta manera que se puedan acceder a las aplicaciones propias relacionadas con la labor de la empresa.

La tecnología utilizada en la red LAN es tecnología Ethernet implementada normalmente con switches los cuales poseen velocidad de 10Mbps o 100Mbps o hasta 1000Mbps. La tecnología de red utilizando *switches* permite mejorar el uso de los anchos de banda dentro de la red local ya que las comunicaciones entre dos dispositivos no afectan la de otros dispositivos que en un momento determinado también se estén comunicando, es decir el ancho de banda que ya sea de 10Mbps o de 100Mbps se mantiene siempre dentro de un dispositivo tipo switch.

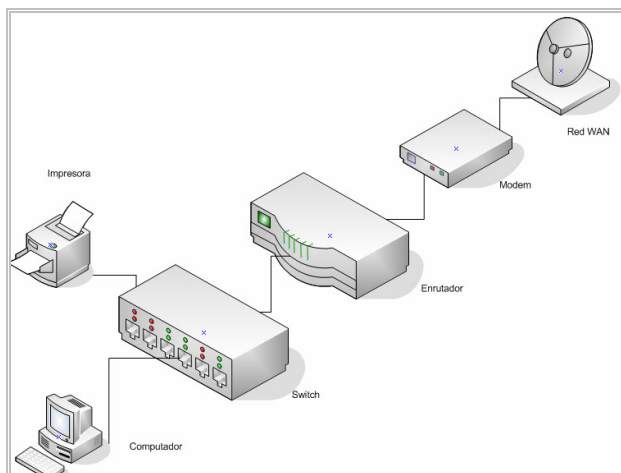
Estos switches a los que nos estamos refiriendo poseen velocidad de conexión de 10Mbps, 100Mbps y 1000Mbps y también poseen la facilidad de detectar automáticamente cuando un usuario se conecta a 10Mbps, 100Mbps o 1000Mbps y de acuerdo a ello, configuran su velocidad automáticamente. Estos switches normalmente tienen la capacidad de operar *full duplex*, es decir que ya sean los 10Mbps o 100Mbps, esta velocidad opera en ambos sentidos de manera simultánea, ofreciéndole de esta manera al usuario ya sea un total de 20Mbps o de 200Mbps de velocidad agregada en los dos sentidos.

Los dispositivos que implementan la red LAN a la cual normalmente tenemos conectados una serie de computadores y en algunos casos también podría estar conectada una impresora u otro dispositivo de red como por ejemplo un firewall para mejorar la seguridad de la información. Como ya lo hemos mencionado, estas redes pueden operar a 10Mbps, o a 100Mbps y es importante anotar que ya en la actualidad existe la posibilidad de tener conectividad a 1000Mbps<sup>1</sup>, con equipos que ofrecen inclusive soportar las tres velocidades (10Mbps, 100Mbps y 1000Mbps).

---

<sup>1</sup> La tecnología 10GbE está ya también disponible en dispositivos comerciales.

La conectividad típica en las redes consistirá entonces de unos computadores conectados en red local a un dispositivo con tecnología de conmutación de paquetes en nivel dos (2). Este dispositivo estaría conectado a un enrutador o un servidor de red el cual tendría la capacidad de permitir que los paquetes que salgan de la LAN y tengan destino la red WAN, viajen a través de él y puedan ingresar a la red WAN, en donde gracias a su dirección IP, podrán direccionarse a los servicios y aplicaciones ofrecidas por la red WAN, tales como Internet, portales específicos, bases de datos, y en general otros servicios que se consideren ofrecer a las redes. Ver figura 3 donde se muestra el escenario anteriormente descrito.



**Figura 1.** Conexión típica de la red de las escuelas.

Es importante en este momento señalar que el número de usuarios presentes en la red LAN tiene una influencia notable sobre el rendimiento que los usuarios pueden esperar. Claro está que este rendimiento depende no exclusivamente del número de usuarios, sino también y principalmente del número de usuarios concurrentes que están en un momento dado utilizando los servicios de la red WAN. Una aproximación que en este momento podemos plantear es que la velocidad de la conexión WAN, se verá dividida por este número de usuarios concurrentes<sup>2</sup>. Por ejemplo, si tenemos un enlace WAN de 10Mbps y tenemos una red con 100 usuarios, pero de estos 100 usuarios 10 de ellos solamente están bajando información de la red WAN, podemos asumir de manera aproximada que cada uno de estos diez usuarios tendrá un ancho de banda promedio a utilizar de 1Mbps. En caso de que sean los 100 usuarios lo que están bajando información de manera simultánea entonces el ancho de banda promedio será del orden de 100Kbps para cada uno de estos 100 usuarios. Recordemos que estos serán valores a aproximados o de término medio, y no

---

<sup>2</sup> Este resultado ha sido comprobado por medio de herramientas de simulación como es el caso de OPNET, donde se pueden calcular los retardos para un cliente o varios clientes.

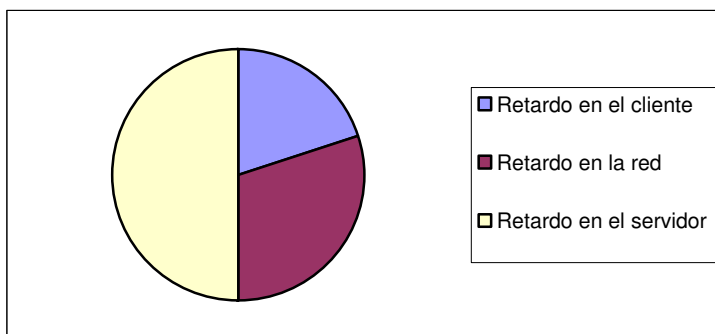
valores instantáneos dado el comportamiento aleatorio y por ráfagas con el que se comporta el tráfico en las redes de información.

La anterior forma de calcular las velocidades promedio requeridas por un usuario dentro de una red LAN puede funcionar siempre y cuando conozcamos de alguna fuente el nivel de concurrencia de los usuarios a la red. Este cálculo no resulta sencillo en muchos ambientes, donde por las mismas características del contenido que se quiere utilizar, hay una gran variabilidad en la información que se descarga y en la actividad y secuencia de esta actividad por parte de los estudiantes. Es así como en la siguiente sección propondremos otra forma de determinar y diseñar tanto las velocidades de la red WAN, como las velocidades requeridas en la red LAN.

### **RETARDOS EN LAS REDES DE COMUNICACIONES**

Todo elemento o dispositivo que esté ubicado entre un cliente y un servidor o aplicación, impondrá necesariamente un retardo a la información que se esté intercambiando entre estos dos dispositivos. Ya mencionamos anteriormente que una red genera los siguientes retardos dependiendo del dispositivo o servicio de red:

- ✚ Retardo en el cliente (computador del estudiante)
- ✚ Retardo en la red LAN
- ✚ Retardo en la red WAN
- ✚ Retardo en la red LAN remota
- ✚ Retardo en el servidor
  - Retardo en la tarjeta de red
  - Retardo en el sistema operativo
  - Retardo en la aplicación
  - Retardo en el acceso al disco duro
  - Retardo en el acceso a la memoria principal o RAM<sup>3</sup>
  - Retardo en el procesador
- ✚ Retardo en la base de datos en caso de existir



<sup>3</sup> Random Access Memory (memoria de acceso aleatorio)

**Figura 2.** Distribución típica general de la distribución de los retardos en una red.

Es decir, los retardos tal como lo muestra la figura 4, se distribuyen típicamente entre el retardo del cliente, es decir el computador que genera la transacción o requerimiento, el tiempo en la red, el cual a su vez depende de las velocidades de conexión de la red LAN y la red WAN, y por último el tiempo de procesamiento por la aplicación que el usuario está tratando de acceder. Según estadísticas de redes tanto en Colombia como en otras partes del mundo, el tiempo menor corresponde al cliente, continua luego la red tanto LAN como la red WAN y por último encontramos que el mayor tiempo corresponde en la mayoría de los casos, a los tiempos de retardo generados por la aplicación o el servicio al que estamos tratando de usar o acceder. Este último retardo si quisiéramos ser más exigentes y detallados, se dividiría a su vez entre el retardo de procesamiento, el retardo en el disco duro y el retardo por tiempos de acceso a la memoria RAM del computador. De estos retardos que son inherentes a todo sistema de procesamiento, podemos decir que el retardo de acceso al disco duro es el mayor comparándolo con el de procesamiento y el de acceso a la memoria RAM.

Tiempo de respuesta	Porcentaje del total
Cliente	5
Red local	5
Servidor de aplicaciones	25
WAN	10
LAN sitio remoto	4
Servidor de bases de datos	51

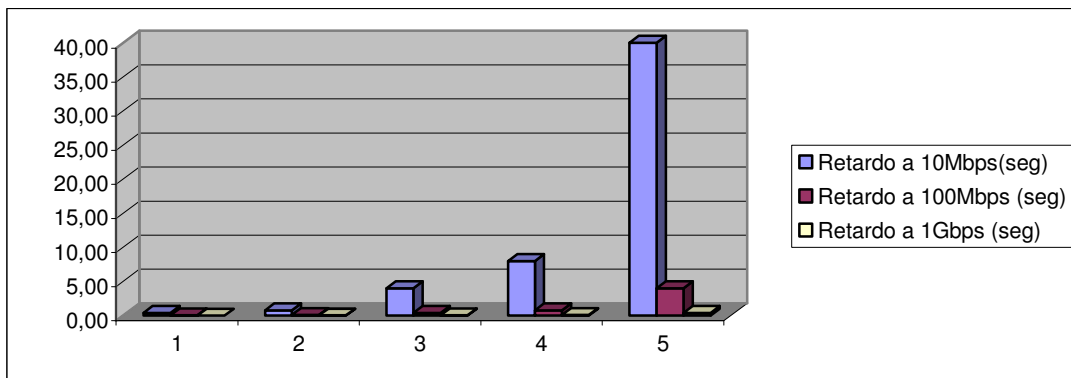
**Figura 3.** Distribución estimada de los retardos en las diferentes zonas de un sistema de información.

Calculemos ahora los retardos en las redes de datos con el fin de poder establecer una velocidad mínima requerida en la red LAN. Para hacer este ejercicio consideraremos diferentes tamaños de archivos que vayan por ejemplo desde 0.5 Mbytes, hasta 50 Mbytes; y por otro lado consideremos velocidades soportadas por las redes locales hoy en día, estas velocidades van desde los 10Mbps hasta 1Gbps. En la tabla a continuación está realizado el cálculo de los diferentes retardos que debemos esperar dependiendo de la velocidad en la red LAN:

Tamaño del archivo Mbytes	Retardo a 10Mbps(seg)	Retardo a 100Mbps (seg)	Retardo a 1Gbps (seg)
0,5	0,40	0,04	0,004
1	0,80	0,08	0,008
5	4,00	0,4	0,04
10	8,00	0,8	0,08
50	40,00	4	0,4

**Tabla 1.** Retardos para diferentes tamaños de archivos en redes de velocidades desde 10Mbps hasta 1Gbps.

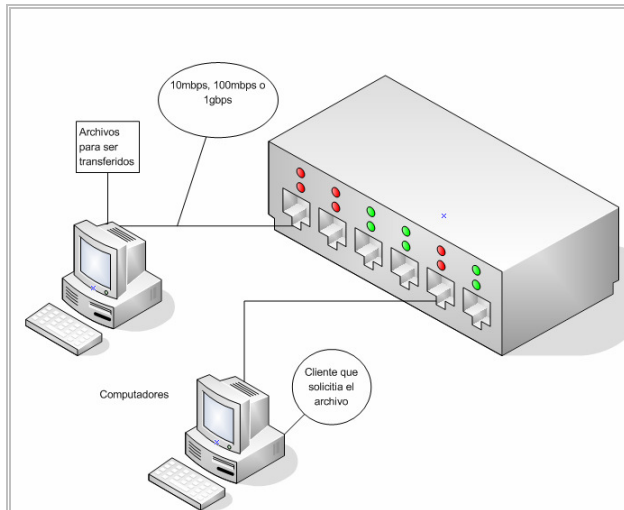
Con base en esta información realicemos una gráfica de barras, para poder apreciar los retardos comparativamente entre las diferentes velocidades de la red local:



**Tabla 2.** Tabla que muestra los retardos en la red.

Según lo expresado en las dos tablas anteriores, podemos fácilmente apreciar que en el caso de velocidades de 100Mbps y un 1Gbps, los retardos están por debajo de los cuatro (4) segundos y son comparativamente mucho menores que para el caso de 10Mbps, donde pueden llegar en uno de los casos hasta un valor máximo de 40 segundos. De tal manera que con base en la información anteriormente expuesta y considerando el caso tanto de aplicaciones LAN a LAN, como de aplicaciones LAN a WAN, nos parece acertado recomendar que: **la conexión mínima de la red LAN sea 100Mbps para redes de oficinas pequeñas y medianas.**

En la figura 5, se puede apreciar con mayor claridad la configuración típica de la que hemos venido haciendo los cálculos de retardo, donde se muestra un computador el cual posee una serie de archivos y un cliente el cual ha tenido como función descargar los archivos a través de un switch de LAN de velocidad variable.



**Figura 4.** Red LAN con dos computadores realizando descargas de archivos.

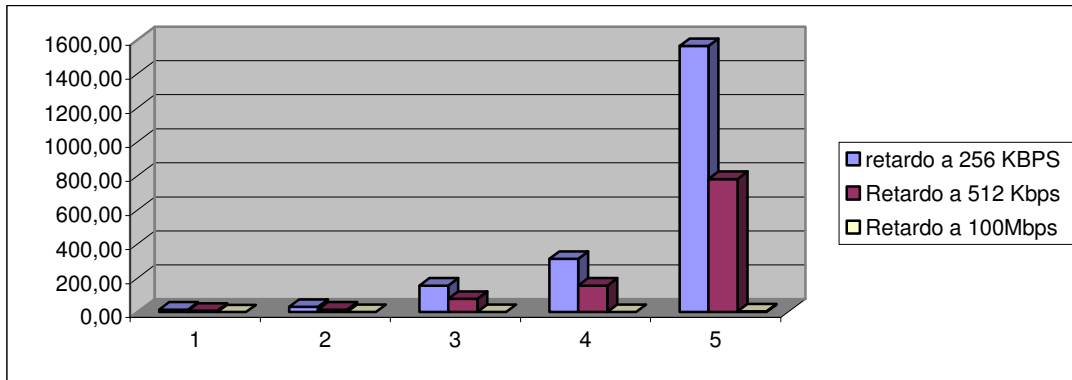
Con base en lo anteriormente expuesto, pasemos a realizar una comparación entre los retardos esperados en la red LAN y los retardos también esperados en la red WAN. Esta comparación mostrará sobre cual de estos tipos de retardos debemos poner más atención en el proceso de diseño y planeación de la red escolar para lograr optimizar su rendimiento.

Para analizar este caso haremos la comparación entre una red WAN operando a 256Kbps; una red también WAN operando a 512 Kbps, y compararemos estos dos retardos con los retardos experimentado para este mismo tipo de archivos viajando por una red LAN de 100Mbps, la cual fue la velocidad mínima que obtuvimos para la red LAN en la sección anterior:

Tamaño del archivo Mbytes	retardo a 256 KBPS	Retardo a 512 Kbps	Retardo a 100Mbps
0,5	15,63	7,81	0,04
1	31,25	15,63	0,08
5	156,25	78,13	0,4
10	312,50	156,25	0,8
50	1562,50	781,25	4

**Figura 5.** Tabla mostrando los diferentes tamaños de archivos y los retardos a diferentes velocidades tanto de la red LAN como de la red WAN.

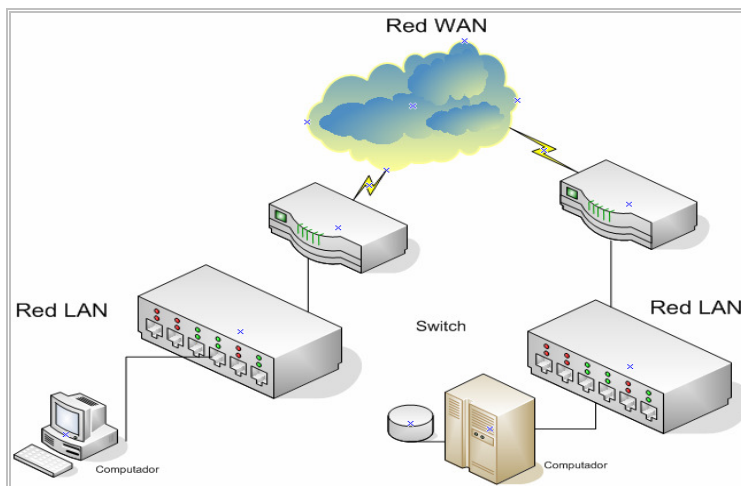
Si miramos la columna que nos ha calculado el retardo para la LAN, es decir el retardo a 100Mbps, podemos observar que para el caso del archivo de 50Mbytes el retardo es de tan sólo cuatro (4) segundos comparado por ejemplo con el valor de 1562,5 experimentado en un enlace WAN, es decir, es 390 veces mayor.



**Figura 6.** En este diagrama se puede observar los retardos de LAN contra los de la WAN.

La figura 8, nos muestra claramente y de manera gráfica lo expuesto en el párrafo anterior: **el retardo de la red LAN es mucho menor que el experimentado en la red WAN.** Esto nos lleva a concluir que debemos prestar mucho atención a las velocidades que debemos ofrecer a las redes en su conectividad hacia la WAN, con el fin de garantizar que las aplicaciones no sufran retardos excesivos que podrían hacer que el objetivo que perseguimos, el cual es ofrecer a las escuelas del país unas herramientas tecnológicas de alta calidad, se viera frustrado por la lentitud que los estudiantes pudieran experimentar cuando traten de interactuar activamente con los servicios, aplicaciones y contenidos disponibles en al red.

En la figura 9, se puede apreciar el diagrama general de una red LAN y su conectividad por una red WAN. Esta red WAN puede ser una red de tipo satelital o un red de superficie viajando por enlaces microondas o fibra óptica.



**Figura 7.** Diagrama de red local (LAN) y de red de área amplia (WAN).

**DIFERENTES TIPOS DE RETARDOS**

Hasta ahora se ha mostrado que los retardos en la LAN dependen principalmente de la velocidad de conexión de los computadores al switch que interconecta la red. También se pudo demostrar que los retardos en la red WAN, como consecuencia de ofrecer menores velocidades que la red WAN son mayores en una gran proporción que los experimentados al viajar por la red LAN. A este tipo de retardos se denominarán de ahora en adelante retardos de transmisión, es decir, que dependen de la velocidad de transmisión sobre la que viajan los paquetes de la red.

Otro tipo de retardo es el que se denomina retardo de procesamiento. Este tipo de retardo es causado por el tiempo que demora un dispositivo de conmutación de paquetes (llámese switch o router) desde que recibe un paquete hasta que lo envía por uno de sus puertos. Este retardo depende principalmente del diseño de hardware que posee el dispositivo y también de la velocidad de su procesador y memoria. Hoy en día muchos fabricante de tecnología con el fin de disminuir estos tiempos de retardos han optado ya sea por usar procesadores muy rápidos, memorias con tiempos de acceso muy pequeños y otros fabricantes, buscando un mejor rendimiento, han optado por utilizar un tipo de tecnología denominada procesadores tipo ASIC (Application Specific Integrated Circuits).

Este retardo lo expresan muchos fabricantes como la latencia del dispositivo o se puede calcular también con base el número de paquetes por segundo que el dispositivo puede enviar. Ahora bien, con base en el tamaño mínimo de un paquete que se puede enviar por una red Ethernet el cual es de aproximadamente 84 bytes, se calcula cuantos se podrían enviar por un puerto operando a 10Mbps por ejemplo. Este dato nos dice el número de paquetes que este puerto debería soportar con el fin de resistir el máximo número de paquetes que por él podrían ingresar. Así que, esta información que la resumimos en la tabla 4, nos ofrece una guía sobre el numero de paquetes recomendados mínimos que un switch o un enrutador debería soportar con el fin de estar preparado para cualquier tipo de aplicaciones que sobre él tenga que viajar y paralelamente garantizarnos el menor tiempo de retardo y ofrecer servicios como prioridades por servicios o aplicaciones.

Velocidad	10Mbps	100Mbps	1Gbps
Paquetes por segundo	14880	148800	1488000
Retardo para un paquete (seg)	6,72043E-05	6,72043E-06	6,72043E-07

**Tabla 3.** Paquetes por segundo máximo del tamaño más pequeños enviados por un puerto LAN.

Es así, que con base a lo anterior podemos diseñar una tabla que nos muestre las capacidades por segundos mínimas recomendadas de los switches que deben estar ubicados en las redes locales.



Hemos diseñado esta tabla para switches de 6,12,24,48,96, puertos, con el fin de que nos sirva de guía en el dimensionamiento de las capacidades del switch de la red LAN y de esta forma garantizar el mínimo retardo en la red local y el mejor rendimiento para las diferentes aplicaciones y servicios que ofrezca la red, ya que tendremos un switch capaz que bajo las peores condiciones de tráfico, es decir, cuando la red se acerque a su punto de mayor utilización el switch puede seguir operando normalmente y no entrar en un proceso de congestión que elevaría los retardos a nivel no aceptable.

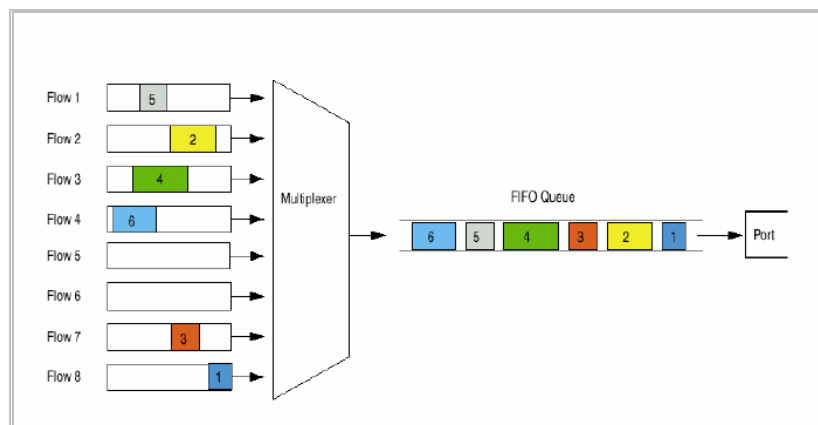
Puertos del Switch 100Mbps	6	12	24	48	96
Paquetes que debe soportar mínimo	892800	1785600	3571200	7142400	14284800

**Tabla 4.** Paquetes por segundo recomendado en función del número de puertos del switch.

Hasta el momento hemos estudiado los retardos de transmisión y los retardos de procesamiento. Nos quedaría por analizar el retardo de propagación y el retardo que encontramos en los sistemas de espera propios del dispositivo.

El retardo de propagación es proporcional a la distancia que tiene que viajar una señal cuando se propaga por un medio específico. Entre más distancia tenga que viajar la señal, mayor será el retardo que se experimentará de propagación. Sobre este retardo es muy poco lo que se puede hacer para mejorarlo ya que según lo expuesto la distancia no es una variable que podemos controlar fácilmente, sino que depende de la ubicación en este caso de cada una de las redes y también de la tecnología que estemos usando de transporte.

Por último tendríamos el retardo entregado por los sistemas de espera, es decir, este retardo se experimenta cuando varios paquetes compiten por un único recurso o servicio, como es el caso cuando digamos muchos puertos de una red local necesitan salir por un solo puerto WAN, que en la mayoría de los casos es de menor velocidad. En este caso experimentaremos el retardo propio ofrecido por los sistemas de espera.



**Figura 8.** Diagrama donde se muestra un sistema de espera, extraído de artículo de Juniper Networks, en [www.juniper.net](http://www.juniper.net).

En otras palabras podemos decir que la calidad de servicio se refiere a la capacidad de una red de ofrecer mejores servicios a cierto tipo de tráfico sobre diferentes tipos de tecnologías de acceso como Frame relay, ATM e Ethernet. Lo que busca principalmente esta tecnología es dar prioridad, evitar pérdidas de paquetes, controlar el jitter (retardo variable) y la latencia para un determinado tipo de tráfico. Normalmente esta selección se hace sobre un determinado flujo, tipo de tráfico (http, ftp, smtp) o protocolo. La calidad de servicio mejora la atención y el tiempo de servicio que una determinada sesión experimenta cuando entra a un dispositivo de red.

Normalmente si se piensa en una escuela remota, varios estudiantes pudieran estar usando diferentes aplicaciones de la red. Cada una de estas aplicaciones pudiera estar trabajando sobre diferentes protocolos de red, por ejemplo: http, Voip o ftp. Lo que este servicio de red nos permitiría es darle un mejor servicio y por consiguiente un menor retardo a las aplicaciones que según sus características así lo requiere. Por ejemplo las video conferencia y la voz sobre IP, requieren para su correcto funcionamiento que minimicemos todos los retardos que puedan experimentar. Así, la calidad de servicio es un tema que recomendamos sea considerado en las redes WAN y LAN que conecten las diferentes escuelas a nivel nacional.

Es importante también considerar un término muy utilizado cuando de diseñar una red LAN o WAN se trate. Y es el término de sobre-suscripción o re-uso. Este factor se calcular por ejemplo para el caso de una red LAN como la sumatoria de todas las velocidades de los puertos LAN y luego se relaciona con la velocidad WAN. Si por ejemplo tenemos 10 puertos de 10Mbps y una salida hacia la WAN de 10Mbps, el factor de sobre-suscripción sería de 1:10. **Recomendamos en este momento que no se exceda la relación 1:50.**

Nuestra discusión nos ha traído ha considerar los diferentes retardos que experimentarían ciertas aplicaciones al viajar por la red. Podemos resumir todo lo anteriormente expuesto diciendo que existen cuatro tipos de retardos a saber:

- ❖ Retardo de transmisión
- ❖ Retardo de propagación
- ❖ Retardo de los sistemas de espera
- ❖ Retardo de de procesamiento

Lo que se busca entonces en cualquier proyecto que implique conectividad de sistemas de información será siempre tratar de minimizar el retardo total que sería claramente la suma de los cuatro retardos mencionados anteriormente. Buscamos pues, el tener mayores velocidades de transmisión, menores distancias en el recorrido de extremo a extremo, tecnologías para dar prioridad a cierto tipo de tráfico sobre otros y procesadores más rápidos, lo que

normalmente también relaciona tiempo más cortos de acceso a memoria principal o secundaria o el uso de tecnologías tipo ASIC, coprocesadores aritméticos, Procesadores tipo RISC y quizás sistemas operativos de alto rendimiento.

**AUTOR:** EL ing Rodrigo Ferrer (rodrigo.ferrer@sisteseg.com) es egresado de la universidad de los Andes como ingeniero Eléctrico, en donde también ha realizado estudios de postgrado y especialización en telecomunicaciones y Gestión de sistemas de información. Se ha desempeñado laboralmente en empresas de redes y seguridad tales como: 3com, Extreme Networks, Sonicwall, Sisteseg, desempeñándose como Network Consultant para la región andina y como académico en varias universidades del país. Recibió en el 2006 la certificación CISSP (Certified Information System Security Profesional) del International Information Systems Security Certification Consortium ([www.isc2.org](http://www.isc2.org)), la certificación internacional más reconocida a nivel mundial en el área de seguridad de la información, seguridad física y seguridad en redes. También esta en proceso de obtener la certificación CISA de ISACA y es LEAD AUDITOR 27001.

Como complemento a su formación tecnológica, ha realizado también realizado estudios de educación continuada en la Universidad de Cambridge en el Reino Unido y actualmente está finalizando la Maestría en Filosofía, en la Universidad Javeriana orientado al tema "filosofía de la ciencia y la tecnología".