



Abril 2018 - ISSN: 1696-8352

## **“DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE CON QoS A TRAVÉS DE ENLACES INALÁMBRICOS ENTRE LAS SUCURSALES DE UNA INSTITUCIÓN FINANCIERA”**

**Diego Roberto Quesada Revelo**

[dr.quesada@uta.edu.ec](mailto:dr.quesada@uta.edu.ec)

**Gustavo Israel Valle Medina**

[gvalle@uea.edu.ec](mailto:gvalle@uea.edu.ec)

**Alba de los Cielos Miranda Villacis**

[albamiranda@uta.edu.ec](mailto:albamiranda@uta.edu.ec)

**César Antonio Villacis Uvidia**

[cesar10antony@live.com](mailto:cesar10antony@live.com)

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Diego Roberto Quesada Revelo, Gustavo Israel Valle Medina, Alba de los Cielos Miranda Villacis y César Antonio Villacis Uvidia (2018): “Diseño de una red convergente con QoS a través de enlaces inalámbricos entre las sucursales de una institución financiera”, Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (abril 2018). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/04/red-convergente-qos.html>

### **RESUMEN**

\* Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones en la Universidad Técnica de Ambato, Magister en Redes de Comunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Docente Ocasional en el Sistema de Nivelación y Admisión de la Universidad Técnica de Ambato desde el año 2012, impartiendo las asignaturas de Ciencias Básicas para las Facultades de Ingeniería.

\*\* Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones en la Universidad Técnica de Ambato, Magister en Redes de Comunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Docente por Contrato en la Universidad Estatal Amazónica en el periodo 2017-2018, impartiendo las asignaturas de Matemáticas I,II,III, Estadística y Matemática Financiera.

\*\*\* Ingeniera en Sistemas, Magister en Gerencia en Informática, Docente Ocasional de la Facultad de Ciencias Administrativas durante tres años, Docente Ocasional Facultad en Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por 3 años, Docente Ocasional en el Sistema de Nivelación y Admisión de la Universidad Técnica de Ambato en la asignatura de Física por un año.

\*\*\*\* Licenciado en Informática aplicada a la Educación, Consejo Nacional Electoral, Docente a contrato en el Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Docente a contrato en la Escuela de Educación básica fiscal san José de Gaushi, Docente a contrato del Instituto Tecnológico Superior Juan de Velasco.

La presente investigación se centra en el diseño de una red convergente con QoS a través de enlaces inalámbricos entre las sucursales de una institución financiera ubicada en las ciudades de Ambato, Riobamba, Latacunga, Salcedo y Píllaro.

Se hizo el levantamiento de la información sobre la infraestructura de red de la institución, detallando y observando la situación actual, además se investigó los servicios y el tráfico de datos que se tiene a la fecha. Adicionalmente se identificaron los requerimientos de la institución.

Luego se realizó el dimensionamiento de los enlaces, considerando las coordenadas geográficas de cada una de las oficinas para la simulación mediante software Radio Mobile; para posteriormente analizar los datos obtenidos con el software de simulación de los equipos seleccionados. Los radioenlaces permitirán interconectar las redes LAN de cada una de las sucursales con la oficina principal en la ciudad de Ambato.

Posteriormente mediante máquinas virtuales se configuró la central de telefonía IP utilizando Elastix 4.0 para habilitar las extensiones requeridas en cada una de las agencias, las rutas salientes y las rutas entrantes; y, para la configuración de calidad de servicio, se instaló el sistema operativo de Mikrotik a través de Winbox para acceder a las herramientas que permite el marcado y priorización de paquetes del servidor Elastix.

Como parte final del presente proyecto se hace una estimación de costos referenciales, utilizando proveedores existentes en el mercado ecuatoriano para luego finalizar con las conclusiones y recomendaciones, donde se expone los resultados obtenidos del diseño de la red convergente y los beneficios que proporcionaría al ser implementada, cuando la institución así lo considere.

**Palabras claves:** Telecomunicaciones, Comunicaciones Inalámbricas, Tecnologías Inalámbricas, WiFi, Estándar 802.11, Itinerancia, Diseño de Redes, Escalabilidad, Modelos de QoS.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** "Design of a convergent network with Qos through wireless links between the branches of a Financial Institution"

The present investigation focuses on the design of a convergent network with QoS through wireless links between the branches of a financial institution located in the cities of Ambato, Riobamba, Latacunga, Salcedo and Píllaro.

The information on the network infrastructure of the institution was collected, detailing and observing the current situation, and the services and data traffic that has been carried out to date were investigated. Additionally, the requirements of the institution were identified.

Then the sizing of the links was carried out, considering the geographical coordinates of each one of the offices for the simulation using Radio Mobile software; to later analyze the data obtained with the simulation software of the selected equipment. The radio links will allow interconnecting the LAN networks of each of the branches with the main office in the city of Ambato.

Subsequently, using virtual machines, the IP telephony exchange was configured using Elastix 4.0 to enable the required extensions in each of the agencies, the outgoing routes and the incoming routes; and, for the configuration of quality of service, the operating system of MikroTik was installed through Winbox to access the tools that allow the marking and prioritization of Elastix server packages.

As a final part of this project, an estimate of reference costs is made, using existing suppliers in the Ecuadorian market, and then concluding with the conclusions and recommendations, where the results obtained from the design of the convergent network and the benefits it would provide when implemented, when the institution considers it so.

**Key words:** Telecommunications, Wireless Communications, Wireless Technologies, WiFi, 802.11 Standard, Roaming, Network Design, Scalability, QoS Models.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto consiste en desarrollar el diseño de una red convergente para una institución financiera establecida en la ciudad de Ambato y sus sucursales en 4 ciudades distintas, a través de radioenlaces y con calidad de servicio.

En la actualidad la institución financiera no cuenta con una red centralizada, tiene redes LAN en cada una de sus sucursales, en total 5 redes aisladas que no tienen ningún tipo de tráfico de datos entre ellas, y que requiere solucionar la necesidad de compartir su sistema financiero, la transmisión de video vigilancia, y tener su propio servidor de telefonía IP.

Para ello se requiere un análisis de los diferentes factores que intervienen en el diseño de un enlace inalámbrico entre cinco puntos geográficamente separados. El lugar para el despliegue de dicha red son las ciudades de Ambato, Riobamba, Latacunga, Pillaro y Salcedo, donde se sitúan la matriz y las sucursales de la Institución Financiera. Como todo proyecto de Telecomunicaciones, se realiza un estudio previo de los principales factores que intervienen en el enlace para establecer la factibilidad del mismo.

Se consideró la opción de transmitir los paquetes de video vigilancia, desde los DVR's instalados en cada sucursal, pues actualmente la transmisión se realiza accediendo a través de una dirección IP pública para el monitoreo y seguridad de las agencias de la institución financiera.

Además el presente proyecto se complementa con el diseño de una central telefónica de telefonía IP con calidad de servicio, permitiendo de esta manera agrupar todos los servicios en una sola red de datos que posibilitará a la entidad financiera compartir su servidor financiero, monitorear y almacenar video vigilancia, y adicionalmente tener su propio servidor de telefonía IP.

## DESARROLLO

### Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones tratan de los medios para emitir o receptar mensajes de cualquier naturaleza, desde dos o más puntos geográficamente distantes a través de ondas electromagnéticas, cables, o fibra óptica (ONU). El concepto de las telecomunicaciones evoluciona a medida de la convergencia de tecnologías y servicios que posibilitan la comunicación entre dispositivos electrónicos y las personas (Blyth J., Mary M., 1985). Es sinónimo de transmisión de datos, telefonía por internet, el presente y futuro de la radiodifusión (Excelsior, 1994).

Las telecomunicaciones de la actualidad se conforman básicamente por tres grandes medios de transmisión: guiados, no guiados y satélites. Las transmisiones guiadas se refieren a la conducción de señales eléctricas a través de distintos tipos de líneas por ejemplo fibra óptica, cable de cobre. Para las transmisiones no guiadas se utilizan señales eléctrico magnéticas por aire o espacio en bandas de frecuencia. Las comunicaciones por satélites utilizan los satélites artificiales ubicados en la órbita de la Tierra para proveer comunicaciones a puntos estratégicamente ubicados en suelo terrestre.

### Comunicaciones Inalámbricas

La energía electromagnética está siendo actualmente uno de los métodos más utilizados en el ámbito de las comunicaciones, teniendo como ejemplo claro la radio difusión, la telefonía celular, los radio enlaces entre distintas oficinas situadas geográficamente separadas.

Las ondas de radiofrecuencia y las microondas son generadas por el movimiento de cargas eléctricas en algún material conductor, o bien en una antena, logrando penetrar las nubes, la niebla y el concreto en la mayoría de los casos.

Para transmitir la información se emite ondas que se propagan a través de la atmósfera, el agua, etc. Las ondas permiten transmitir información como voz, datos y video, constituyéndose este medio como la base de las comunicaciones de radio, televisión y la telefonía actual.

Un sistema de radioenlace está constituido, en general, por los siguientes elementos:

**Emisor.** El emisor codifica la información que será transmitida y es llevada por varios procesos como modulación y la amplificación para luego ser enviada.

**Antena emisora.-** Transmite la señal modulada en forma de ondas electromagnéticas y la difunde a través del aire para llegar a su destino.

**Estaciones terrestres de distribución de señal.-** De acuerdo a varios parámetros como son la potencia de transmisión, la distancia, frecuencia de transmisión inclusive el clima, la intensidad de la señal se va perdiendo, por este motivo, se requiere acoplar varias estaciones llamadas repetidoras, las cuales reciben la señal y se encargan de adaptarla y amplificarla para que la información pueda llegar a su destino.

**Antena receptora.-** Reciben las señales electromagnéticas enviadas por el transmisor, convirtiéndolas en señales eléctricas para ser enviadas al receptor.

**Receptor de radiofrecuencia.-** El receptor reconstruye la información transmitida.

### **Tecnologías Inalámbricas**

Las conexiones inalámbricas establecidas entre los usuarios remotos y una red, proporcionan a las empresas flexibilidad y prestaciones significativas con relación a los que no las tienen.

En la actualidad se tiene a disposición varias tecnologías inalámbricas para la transmisión de datos como son WIFI, ZigBee, Bluetooth, 2G, 3G, 4G, etc.

Para identificar cuál tecnología es la mejor alternativa para una determinada red, se considera factores como la velocidad de transferencia, movilidad, seguridad, alcance, potencia etc. A continuación se enunciará algunos parámetros de la tecnología WIFI, descartando las tecnologías móviles, debido a que no están involucradas con el presente proyecto, y las tecnologías como ZigBee o Bluetooth que están dirigidas a redes WPAN de corto alcance.

### **WIFI**

En la actualidad existe una extensa infraestructura instalada en la mayoría de los hogares y oficinas, basado en el estándar 802.11a,b,g,n,ac, ofrece un rendimiento significativo en un rango de cientos de megabits por segundo, indicado para la transferencia de archivos.

Actualmente WIFI maneja el estándar IEEE 802.11ac, que opera en la banda de 5 GHz, habilitada recientemente, además las otras tecnologías manejan la banda de 2.4 GHz, permitiendo que exista muy pocas interferencias.

En cuanto a la seguridad que proporciona esta tecnología se puede mencionar algunos algoritmos de encriptación que utilizan como WEP, WPA, WPA2, encargados de codificar la información transmitida para proteger la confidencialidad.

Se puede considerar varias ventajas de las redes WIFI como la comodidad que ofrecen al conectarse desde distintos puntos dentro de un espacio amplio como la casa u oficina, además que permiten acceder a varios ordenadores sin problemas. WIFI es sinónimo de compatibilidad entre dispositivos que manejan este protocolo, manteniéndose como indispensable hoy en día para navegar en el internet desde cualquier parte del mundo.

Una de las desventajas es que al ser inalámbrico, se maneja a una velocidad menor en comparación a una red cableada, debido a pérdidas de señal o interferencias. Otra desventaja es que no es compatible con otro tipo de conexiones como Bluetooth, UMTS, etc. Los agentes físicos como paredes, cerros, árboles, afectan la potencia de la conexión con otros dispositivos.

### **Estándar 802.11**

El estándar 802.11 incluye algunas enmiendas. La calidad de servicio, frecuencia y la técnica de modulación es lo principalmente contemplado por las enmiendas. El estándar 802.11 cubre las primeras dos capas del modelo OSI, la capa física y la capa de enlace (Jara P., Nazar P.).

El Conjunto Básico de Servicio (*BSS*) refiere en al menos dos nodos inalámbricos que se identifican una a la otra y permiten enviar información entre ellos. Un *BSS* puede intercambiar información de dos modos, el primero es llamado *IBSS* o *Ad-Hoc*, el cual permite que se

comuniquen los nodos de forma directa sin coordinación alguna. El segundo involucra un elemento llamado Punto de Acceso (AP), quien es el encargado de coordinar las comunicaciones a través de los nodos. Gracias al AP se puede vincular redes inalámbricas con redes cableadas.

### **Itinerancia (*roaming*)**

La itinerancia es cuando un dispositivo inalámbrico cambia de punto de acceso sin perder la conexión de la red. Este proceso es invisible para el usuario. El estándar define los bloques constructivos como el escaneado activo y pasivo y la re asociación.

### **Frecuencias de transmisión y tipos de modulación**

Spread Spectrum que significa Espectro Ensanchado se basa en el ensanchamiento del espectro del ancho de banda que disminuye la densidad espectral de potencia y la potencia pico, haciendo que la señal sea más inmune al ruido o interferencia sin aumentar la potencia de transmisión.

Spread Spectrum tiene dos variantes:

- a) **Salto de frecuencia (*FHSS*).**- Consiste en un conjunto de saltos de frecuencia uniformes o aleatorios dentro de una banda de frecuencia conocidos en ambos extremos de la comunicación, consiguiendo una alta inmunidad al ruido o interferencias. La desventaja es que en el desarrollo de esta tecnología no se alcanzó velocidades altas.
- b) **Secuencia Directa (*DSSS*).**- Para esta técnica se inserta en la información transmitida un código conocido por el emisor y el receptor con la finalidad de codificar la señal digital. El código es ejecutado en una frecuencia más alta que la de la señal. La señal recibida en el receptor, es decodificada por el mismo código usado en el emisor. Comportándose como un filtro de interferencias y ruido y permitiendo decodificar la señal transmitida.

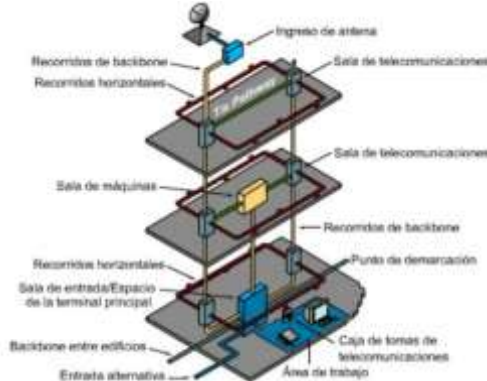
### **Diseño de Redes (Cisco, 2003)**

#### **Sistemas de cableado estructurado**

En la figura 1 se muestra los sistemas de cableado estructurado siendo los siguientes:

- Punto de demarcación.
- Sala de equipamiento.
- Sala de telecomunicaciones.
- Backbone
- Cableado de distribución.
- Área de trabajo.
- Administración.

**Figura N° 1**  
**Subsistema de cableado estructurado**



**Fuente:** <http://www.utim.edu.mx/~svalero/docs/Antologia%20Redes%20Convergentes.pdf>

Con estos subsistemas el cableado estructurado es ampliamente administrable desde los PC hasta los routers de una manera tangible, permitiendo a su vez que sea escalable a futuras actualizaciones.

### **Escalabilidad**

La escalabilidad no es más que la capacidad que tiene una infraestructura de red a adaptarse a un crecimiento posterior. Es importante considerar que las redes están en constante crecimiento y por ende se debe planear con anterioridad los tendidos de cable y los puntos de red suficientes para el área de trabajo. De esta forma se podrá satisfacer las necesidades del futuro de incrementar nuevos servicios y dispositivos.

### **Punto de demarcación**

Representa un límite entre el tendido de cable del proveedor de servicios a nivel externo y el cableado backbone situado dentro del edificio. Todo lo que ocurra desde el punto de demarcación hacia fuera es responsabilidad del proveedor, y desde el punto de demarcación hacia el interior del edificio es responsabilidad del cliente. De acuerdo al tamaño o espacio del edificio, es el tamaño del punto de demarcación.

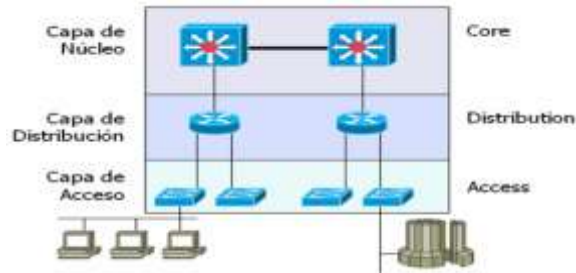
### **Sala de equipamiento**

Es en pocas palabras el lugar en donde se colocan los servidores, routers, switches, equipos de internet, reguladores de voltaje, etc. Puede albergar el equipo del sistema de cableado estructurado, para ello es necesario mantener una buena organización para identificar claramente el tendido y la distribución de los cables.

### **Diseño Jerárquico de redes**

Como se muestra en la figura 2, un diseño jerárquico tradicional para una red de área local consta de la capa de acceso, capa de distribución y capa de núcleo. Una ventaja de separar en capas una red es la de diseñar, implementar, escalar con mayor facilidad.

**Figura N°2**  
**Diseño jerárquico de redes**



**Fuente:** <http://www.utim.edu.mx/~svalero/docs/Antologia%20Redes%20Convergentes.pdf>

- **Capa de Núcleo:** Se refiere al backbone de la red, las características de esta capa son: transporte rápido, confiabilidad, redundancia, tolerancia a fallos, su función es conmutar paquetes lo más rápido posible.
- **Capa de distribución:** Provee ruteo, acceso a la red WAN y determina que paquetes deben llegar al core. Todo lo referente a las políticas de red como dominios de broadcast y multicast, VLANs, firewalls se implementan en esta capa.
- **Capa de acceso:** Proporciona el acceso a los segmentos locales de la red, en esta capa se realiza la segmentación Ethernet, DDR y ruteo estático. Los switches de esta capa controlan el acceso a los puertos y limitan la transferencia de tramas mediante listas de acceso.

#### **Radio Enlaces (Teare D., 2007).**

Para sistemas de comunicación inalámbrica se utiliza la radio frecuencia (RF) para la transmisión de datos a través del aire. Los datos a transmitirse debe ser modulados en una señal portadora y después enviados; los receptores demodulan la señal y procesan los datos.

Existen diferentes tipos de tecnologías inalámbricas, cada una cubre un área geográfica distinta:

- Redes PAN: Cubre un espacio pequeño de trabajo.
- Redes WLAN: Son redes de área local inalámbrica, diseñadas para una oficina o un piso.
- Redes MAN: Son redes más amplias con una cobertura grande, es decir un pueblo o ciudad.
- Redes WAN: Son redes que pueden abarcar ciudades completas, inclusive áreas rurales.

El objetivo de una red WLAN es proporcionar el acceso instantáneo a la red, desde cualquier lugar dentro de una empresa o lugar específico. Para acceder a la red la WLAN usa un SSID (*Service set identifier*) para controlar quien quiere ingresar a la red. La capa de control de acceso al medio (MAC) de la IEEE 802.11 implementa el método de acceso CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance*). De esta forma se evita colisiones, identificando que dispositivo está transmitiendo. Si nadie transmite en medio está disponible, pero si alguien está transmitiendo, la estación un conteo regresivo para volver a transmitir luego de cierto tiempo.

#### **Propagación de Ondas (Bonastre J.)**



La propagación de ondas o también llamada propagación por espacio libre, se refiere a la propagación de ondas electromagnéticas en la atmósfera o en el espacio libre. La principal diferencia es que la atmósfera de la tierra introduce pérdidas de la señal que no se encuentran en el vacío.

## Espectro Electromagnético

Según Jordi Bonastre Muñoz, se denomina espectro electromagnético “al conjunto de rangos de frecuencias posibles de las ondas electromagnéticas”.

El espectro electromagnético puede ser dividido en función de la frecuencia  $f$  o de la longitud de onda  $\lambda$ .

En la tabla N° 1, se muestra los diferentes tipos de ondas electromagnéticas y los rangos de frecuencias o longitudes de onda, a las que corresponden.

**Tabla N°1**  
**Espectro Electromagnético**

Región del espectro		Rango de longitudes de onda ( $\lambda$ )	Rango de frecuencias ( $f$ )	Aplicaciones más habituales	Observaciones
Radio	Onda larga	$> 10 \text{ m}$	$< 30 \text{ MHz}$	Señales de radio (AM) Comunicación submarina	Se reflejan en la ionosfera y, por tanto, pueden viajar largas distancias. Por ello se utilizan para comunicar dos puntos lejanos de la Tierra.
	Onda corta	$10 \text{ cm} - 10 \text{ m}$	$30 \text{ MHz} - 3 \text{ GHz}$	Señales de radio (FM) Señales de TV	No se reflejan en la ionosfera y, por tanto, solo se pueden utilizar para distancias cortas.
	Microondas	$1 \text{ mm} - 10 \text{ cm}$	$3 - 300 \text{ GHz}$	Radar Redes sin hilos (WiFi) Hornos de microondas	Presentan mucha atenuación en la atmósfera y, por tanto, sólo se pueden utilizar para distancias muy cortas.
Infrarrojos		$700 \text{ nm} - 1 \text{ mm}$	$3 \cdot 10^{11} - 4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	Termografías Visión nocturna Controles remotos	Emisión térmica.
Luz visible		$400 - 700 \text{ nm}$	$4 \cdot 10^{14} - 7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	Instrumentos ópticos	Radiación visible por el ojo humano y el de la mayoría de los seres vivos.
Ultravioletas		$10 - 400 \text{ nm}$	$7 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$	Medicina Espectrofotometría	La materia los absorbe muy fácilmente.
Rayos X		$0,01 - 10 \text{ nm}$	$3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$	Radiografía diagnóstica Cristalografía	Generados por radiación de ionización, su longitud de onda está dentro de la escala de los átomos y los cristales atómicos.
Rayos $\gamma$		$< 10^{-11} \text{ m}$	$> 3 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$	Esterilización Radioterapia	Generados por interacciones subatómicas.

**Fuente:** [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Fisica/Fisica\\_II\\_ES/Fisica\\_II\\_ES\\_\(Modulo\\_5\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Fisica/Fisica_II_ES/Fisica_II_ES_(Modulo_5).pdf)

## Velocidad de Propagación

La velocidad de propagación de una onda electromagnética en un medio es un parámetro muy importante en el estudio de su comportamiento. La velocidad de propagación de una onda por un medio es varias veces inferior que la que tendría en el vacío. Aquí entra en juego el concepto de índice de refracción de un medio.

## Índice de refracción

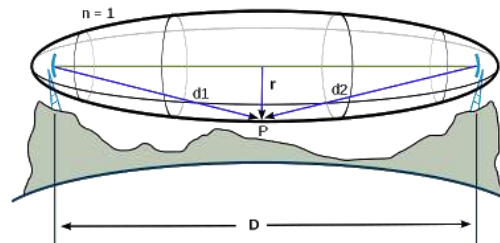
El índice de refracción de un medio es una medida de la velocidad relativa de una onda electromagnética respecto a la que tendría en el vacío:  $n = \frac{c}{v}$ , donde  $v$  es la velocidad de propagación de la onda en el medio en cuestión y  $c$  es la velocidad de la misma onda en el vacío, que siempre es  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . El índice de refracción es adimensional.

**Zonas de Fresnel** (mundotelecomunicaciones1, s.f.)

Para que un enlace inalámbrico sea confiable, entre el transmisor y el receptor no debe existir obstáculos. Esta afirmación sugiere el cálculo de la zona de Fresnel que determinará parámetros idóneos para que la comunicación pueda darse.

Las coronas circulares concéntricas delimitadas por los rayos difractados que se suman en fase y en contrafase en forma alternada se denominan zonas de Fresnel. La obstrucción máxima permisible es el 40% de la primera zona de Fresnel. Sin embargo se recomienda un 20%.

**Figura N°3**  
**Zonas de Fresnel**



**Fuente:** <http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.com/2014/10/zona-de-fresnel.html>

La zona de Fresnel es determinada de acuerdo a la línea recta llamada línea de vista, que une las antenas de transmisión y recepción.

La fórmula para determinar el radio despejado requerido es:  $r = 17,32 \sqrt{\frac{d}{4f}}$ , donde d es la distancia en Km de los puntos de enlace, f es la frecuencia que se va a transmitir en MHz y 17,32 y 4 son valores constantes.

## Atenuaciones

### Atenuación en el espacio libre

Para enlaces punto a punto se denomina también pérdida básica de transmisión en el espacio libre ((itu, s.f.).

Es conveniente calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isotrópicas.

$$A_0 = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \text{ dB} \quad (1)^9$$

donde:

A: Atenuación en el espacio libre.

d: distancia.

$\lambda$ : longitud de onda.

### Atenuación específica por lluvia

Para enlaces que utilizan frecuencias de transmisión menores a los 5 GHz, la atenuación causada por la lluvia puede ser despreciada (radioenlaces, s.f.).

La atenuación específica está relacionada estrictamente con la intensidad de lluvia representado por R, de acuerdo a la siguiente ecuación:  $\gamma = kR^\alpha$ , donde k y  $\alpha$  son constantes que dependen de la polarización de la onda y su frecuencia.

En la tabla 2 se muestra los valores de  $k$  y  $\alpha$  para varios valores de frecuencias de acuerdo al tipo de polarización.

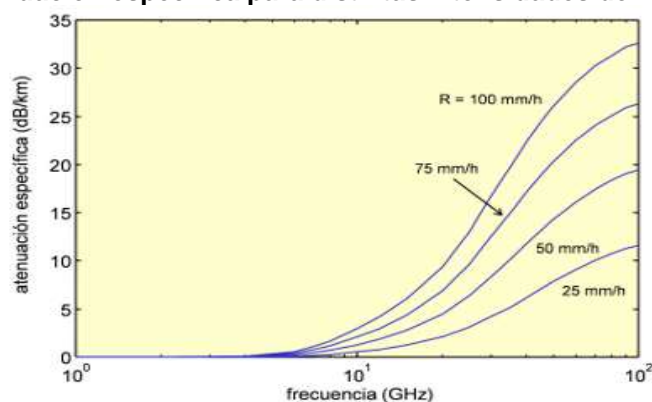
**Tabla N° 2**  
Coeficientes de regresión para estimar el valor de la atenuación específica.

Frecuencia (GHz)	Polarización horizontal		Polarización vertical	
	$k$	$\alpha$	$k$	$\alpha$
6	0,00175	1,308	0,000155	1,265
8	0,00454	1,327	0,00395	1,310
10	0,1001	1,376	0,00887	1,264
20	0,0751	1,099	0,0691	1,065
30	0,187	1,021	0,167	1,000
40	0,350	0,939	0,310	0,929
60	0,707	0,826	0,642	0,824
100	1,12	0,743	1,06	0,744

**Fuente:** <http://www.radioenlaces.es/articulos/calculo-de-la-atenuacion-por-lluvia-en-un-radioenlace/>

En la figura 4 se muestra la relación entre la frecuencia y la atenuación existente para ciertos valores de precipitación. Cuando la frecuencia es mayor a 10 GHz la atenuación crece rápidamente.

**Figura N° 4**  
Atenuación específica para distintas intensidades de lluvia



**Fuente:** <http://www.radioenlaces.es/articulos/calculo-de-la-atenuacion-por-lluvia-en-un-radioenlace/>

**Calidad de Servicio (QoS) (Svalero, s.f.)**

El protocolo IP se diseñó para que proporcione un servicio *best-effort*, un servicio que realizará el mejor esfuerzo a la entrega. En este mecanismo de *best-effort*, tanto una intranet privada como el internet, tratan por igual a todos los paquetes de datos.

De acuerdo al crecimiento de las redes, el tráfico de datos y la entrega de paquetes se vuelven lentos. Si se empeora la congestión, varios paquetes son descartados con el fin de mejorar dicha congestión, pero la red no distingue la importancia de dichos paquetes descartados, sino que trata de igual manera a todo el tráfico. Con el incremento del volumen de tráfico y con la introducción de nuevas aplicaciones en tiempo real se encuentra la necesidad de identificar el tipo de tráfico y proporcionar una prioridad a cada paquete de datos.

En la actualidad, las redes de datos, de telefonía y de video convergen en una red IP. Teniendo este panorama, es necesario controlar los recursos de la red destinados a cada uno de los servicios. Una alternativa es que los enrutadores se comporten en forma distinta en función del tipo de dato que ingrese.

QoS permite que las diferentes aplicaciones de la red puedan funcionar de manera eficiente, sin consumir el ancho de banda de la otra. Por lo tanto calidad de servicio QoS está destinado a asegurar un nivel de servicio adecuado en la red de datos.

Como ventajas principales de una red compatible con QoS, se puede resumir como:

- Permite la priorización de tráfico, considerando los flujos de mayor importancia.
- Permite el control de ancho de banda entre aplicaciones, proporcionando mayor fiabilidad a la red.

## **Modelos de QoS (utim, s.f.)**

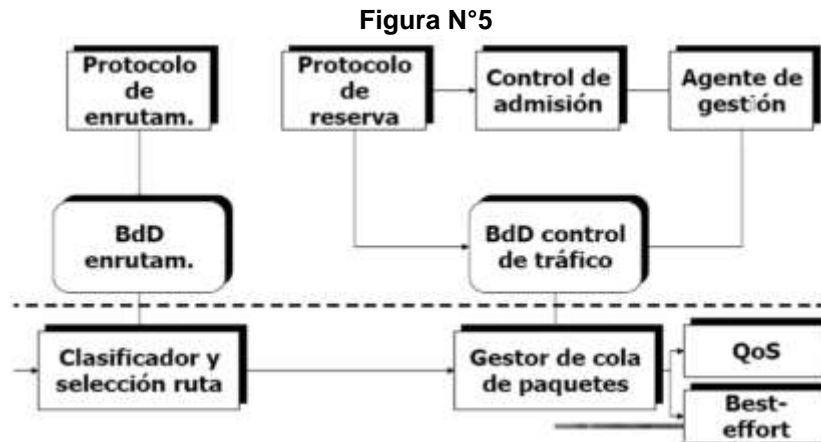
### ***Best-Effort***

Es el modelo más simple, las aplicaciones envían datos a la red sin previo aviso, sin permiso y en cualquier cantidad. Es decir, no existe calidad de servicio, utiliza el modelo de encolamiento "Primero en Entrar Primero en Salir" FIFO. Cuando una red garantiza parámetros de calidad, se puede señalar que dicha red funciona bajo calidad de servicio, estos parámetros son muy necesarios para varias aplicaciones como la videoconferencia o VoIP que no pueden trabajar en redes con mucho tráfico con best effort.

### **IntServ**

El modelo IntServ reserva los recursos de la red. Para una cadena de paquetes entrante, reserva cierto ancho de banda, retardo, etc., desde un computador origen hasta su destino. En los routers involucrados desde el origen hasta el destino, la reserva de los recursos deben establecerse, y cada nodo indicará si es posible reservar por flujo mediante una tabla con el estado. Los flujos determinan un patrón de tráfico TSpec y QoS deseada RSpec, donde los routers reciben estos patrones por medio de un protocolo de señalización RSVP. El router verifica si tiene los recursos, y reserva en caso de que los tenga, caso contrario rechaza la sesión (Constantinos D).

Para proporcionar transporte y gestionar la congestión con calidad de servicio, se emplea las siguientes funciones mostradas en la figura 5.



**Fuente:** [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208062/Contenidos/3.2\\_Documento\\_Calidad\\_de\\_servicio\\_qos\\_.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208062/Contenidos/3.2_Documento_Calidad_de_servicio_qos_.pdf)

#### **DiffServ** (referaat, S.f.)

DiffServ por otro lado, utiliza un enfoque totalmente diferente para los servicios de QoS. En lugar de hacer una reserva para un cierto flujo de paquetes, marca los paquetes que entran en la red con una determinada clase. Cada clase obtiene un diferente Behaviour Aggregate (BA). Un BA es una colección de paquetes con el mismo DSCP que cruza un nodo en una dirección particular. Mientras que los paquetes están dentro del dominio DiffServ, se envían de acuerdo al Per-Hop-behaviour (PHB) asociado con el DSCP.

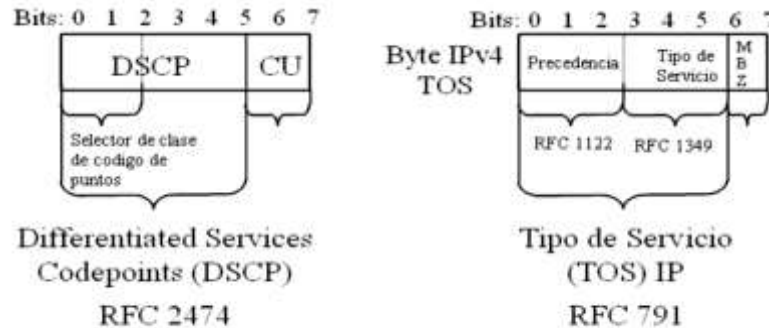
Cuando se utiliza DiffServ, la información de estado dentro de la red está limitada por el número de clases en lugar del número de secuencias (como con IntServ). Esto asegura la escalabilidad de DiffServ.

El dominio DiffServ consiste en nodos frontera (borde) y nodos interiores con capacidad DiffServ. Todos los nodos, tanto del interior como de borde, deben ser capaces de aplicar el PHB apropiado a los paquetes, basado en el DSCP del paquete. Los nodos de borde pueden requerir el uso de funciones QoS complejas, incluyendo funciones de clasificación de tráfico, marcado y acondicionamiento, evitando congestiones dentro del domonio DiffServ.

Los enrutadores de red de núcleo deben enviar paquetes mucho más rápido que los enrutadores de límite, por lo que si sólo los enrutadores de límite necesitan complejas funciones de QoS y la red interna sólo puede enviar paquetes según su DSCP, la red interna puede responder mucho más rápido. Que los nodos fronterizas no son tan rápidos no es un problema, los enlaces de límite

son las mayoría de las veces mucho más lentos que los nodos internos, dándoles suficiente tiempo para condicionar el tráfico entrante.

**Figura N° 6**  
**Cabecera DSCP**



**Fuente:** Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan; "A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model"; Universidad de Wisconsin-Madison; pdf

### **Clasificación y marcado de tráfico**

DiffServ se basa en la clasificación del tráfico, para proporcionar niveles diferenciados de servicio en una base por salto. El tráfico puede ser clasificado en base a una amplia variedad de criterios llamados descriptores de tráfico, los cuales incluyen:

- Tipo de aplicación
- Dirección IP de origen o de destino
- Interfaz de entrada
- Valor de clase de servicio (CoS) en un encabezado Ethernet
- Tipo de servicio (ToS) en un encabezado IP (IP Precedence o DSCP)
- Valor MPLS EXP en un encabezado MPLS

Las listas de acceso se pueden utilizar para identificar el tráfico para la clasificación, basado en la dirección o el puerto. Sin embargo, una solución más robusta es NBAR, que reconocerá de forma dinámica las aplicaciones estándar o personalizadas, y puede clasificar en función de la carga útil.

Una vez que se ha producido la clasificación, el tráfico debe estar marcado, para indicar el nivel requerido de servicio QoS para ese tráfico. La marca puede ocurrir dentro de la cabecera de la capa 2 o la cabecera de la capa 3.

El punto de la red en la que se clasifica y marca el tráfico se conoce como límite de confianza. Las marcas de QoS que se originan fuera de este límite deben considerarse no confiables y eliminarse o cambiarse. Como regla general, el tráfico debe estar marcado lo más cerca posible de la fuente. En los entornos de VoIP, esto se logra a menudo en el propio teléfono VoIP. La clasificación del tráfico no debe ocurrir en el núcleo de la red.

La configuración de QoS, requiere tres pasos:

- Clasificar el tráfico utilizando un mapa de clases.
- Definir una política QoS utilizando un mapa de políticas.
- Aplicar la directiva a una interfaz.

## **Marcado de la capa 2**

La marcación de capa 2 se puede realizar para una variedad de tipos de bastidores:

- Ethernet.- Utilizando el campo CoS 802.1p
- Frame Relay.- Usando el bit Discard Eligible (DE)
- ATM.- Utilizando el bit CLP (Cell Loss Priority)
- MPLS.- Utilizando el campo EXP.

La marcación de tramas Ethernet se logra utilizando el campo CoS de 3 bits 802.1p. El campo CoS es parte del campo de 802.1Q de 4 bytes en un encabezado Ethernet y, por lo tanto, sólo está disponible cuando se emplea el etiquetado de trama VLAN 802.1Q. El campo CoS proporciona 8 valores de prioridad:

**Tabla N°2**  
**Valores de prioridad del campo CoS.**

Type	Decimal	Binary	General Application
<b>Routine</b>	0	000	<i>Best effort forwarding</i>
<b>Priority</b>	1	001	Medium priority forwarding
<b>Immediate</b>	2	010	High priority forwarding
<b>Flash</b>	3	011	VoIP call signaling forwarding
<b>Flash-Override</b>	4	100	Video conferencing forwarding
<b>Critical</b>	5	101	VoIP forwarding
<b>Internet</b>	6	110	Inter-network control
<b>Network Control</b>	7	111	Network control

**Fuente:** [http://www.routeralley.com/guides/qos\\_classification.pdf](http://www.routeralley.com/guides/qos_classification.pdf)

Frame Relay y frames ATM proporcionan un mecanismo de marcado menos robusto, en comparación con el campo Ethernet CoS. Tanto Frame Relay como los frames ATM reservan un campo de 1 bit, para priorizar qué tráfico debe caer durante los períodos de congestión.

Frame Relay identifica a este bit como el campo Discard Eligible (DE), mientras que ATM se refiere a este bit como el campo CLP(Cell Loss Priority). Un valor de 0 indica una probabilidad más baja de caer, mientras que un valor de 1 indica una mayor probabilidad de que se caiga.

MPLS emplea un campo EXP de 3 bits (Experimental) dentro de la cabecera MPLS de 4 bytes. El campo EXP proporciona funcionalidad de QoS similar al campo Ethernet CoS.

### **Marcado de la capa 3**

La marcación de capa 3 se realiza mediante el campo ToS de 8 bits, parte del encabezado IP (routeralley , S.f.). Una marca en este campo permanecerá sin cambios a medida que viaja de hop-to-hop, a menos que un dispositivo de capa 3 esté configurado explícitamente para sobrescribir este campo. Hay dos métodos de marcado que utilizan el campo ToS:

- IP Precedence: Utiliza los tres primeros bits del campo ToS.
- Differentiated Service Code Point (DSCP): Utiliza los primeros seis bits del campo ToS. Cuando se utiliza DSCP, el campo ToS se denomina a menudo como campo Servicios Diferenciados (DS).

Estos valores determinan el comportamiento por salto PHB recibido por cada clasificación de tráfico.



## **Mecanismos de QoS para administrar y evitar la congestión de la red (routeralley , S.f.)**

Las colas de conmutadores y routers son susceptibles a la congestión. La congestión se produce cuando la tasa de tráfico de entrada es mayor a la que se puede procesar y serializar correctamente en una interfaz de salida. Las causas de la congestión son:

- La velocidad de una interfaz de entrada es mayor que la de salida.
- El tráfico combinado de múltiples interfaces de entrada excede la capacidad de una sola interfaz de salida.
- La CPU del conmutador / enrutador es insuficiente para manejar la tabla de reenvío.

De forma predeterminada, si el búfer de la cola de una interfaz se llena, los nuevos paquetes se eliminan. Este proceso se conoce como caída de cola, y opera sobre la base del primero en entrar, primero en salir. Si una cola estándar se llena, los paquetes nuevos se descartan indiscriminadamente, independiente de la clasificación o marcado del paquete.

QoS proporciona a routers y switches con un mecanismo para poner en cola y dar servicio al tráfico de mayor prioridad antes que el tráfico de menor prioridad. También proporciona un mecanismo para eliminar el tráfico de menor prioridad antes del tráfico de mayor prioridad, durante los períodos de congestión. Esto se conoce como detección temprana aleatoria ponderada WRED.

## **Encolamiento por prioridad (PQ- *Priority Queuing*) (routeralley , S.f.)**

*Priority Queuing* (PQ) emplea cuatro colas separadas:

- Alto
- Mediano
- Normal (por defecto)
- Bajo

El tráfico debe ser asignado a estas colas, usualmente usando listas de acceso. Los paquetes de la cola Alta siempre se procesan antes de los paquetes de la cola Media. Del mismo modo, los paquetes de la cola Media siempre se procesan antes de paquetes en la cola Normal, etc. Recuerde que el tráfico dentro de una cola se procesa usando FIFO.

Siempre que haya paquetes en la cola Alta, no se procesan paquetes de ninguna otra cola. Una vez que la cola Alta está vacía, los paquetes de la cola Media se procesan, pero sólo si no aparecen nuevos paquetes en la cola Alta. Esto se conoce como una forma estricta de hacer cola.

La ventaja obvia de PQ es que el tráfico de mayor prioridad siempre se procesa primero. La desagradable desventaja de PQ es que las colas de menor prioridad a menudo no reciben servicio alguno. Un flujo constante de tráfico de alta prioridad puede privar a las colas de menor prioridad.

## **Encolamiento por espera equitativa ponderada (WFQ - *Weighted Fair Queuing*)**

Crea dinámicamente colas basadas en los flujos de tráfico. Los flujos de tráfico se identifican con un valor de hash generado a partir de los siguientes campos de encabezado:

- Dirección IP de origen y destino.
- Puerto de origen y destino TCP o UDP.

- Número del Protocolo IP
- Tipo de valor de servicio (IP Precedence o DSCP)

El tráfico del mismo flujo se colocan en la misma cola de flujo. De forma predeterminada, puede haber un máximo de 256 colas, aunque esto puede aumentarse a 4096. Si la prioridad (basada en el campo ToS) de todos los paquetes es la misma, el ancho de banda se divide por igual entre todas las colas. Esto resulta en flujos de bajo tráfico que implican una cantidad mínima de retraso, mientras que los flujos de alto tráfico pueden experimentar latencia.

Los paquetes con una prioridad más alta se programan antes de los paquetes de menor prioridad aunque lleguen al mismo tiempo. Esto se logra asignando un número de secuencia a cada paquete que llega, que se calcula partir del último número de secuencia multiplicado por un peso inverso (basado en el campo ToS). En otras palabras, un valor ToS más alto da como resultado un número de secuencia inferior y el paquete de prioridad más alta se reparará primero.

### **Encolamiento por espera equitativa ponderada basado en clases (CBWFQ –Class Based Weighted Fair Queuing)** (routeralley , S.f.)

WFQ sufre varias desventajas como:

- El tráfico no se puede poner en cola según las clases definidas por el usuario.
- No proporciona garantías de ancho de banda específica a un flujo de tráfico.
- WFQ sólo se admite en enlaces más lentos (2048 Mbps o menos).

Estas limitaciones fueron corregidas con CBWFQ, el cual proporciona hasta 64 colas definidas por el usuario. El tráfico dentro de cada cola se procesa usando FIFO. Cada cola está provista de una garantía de ancho de banda mínimo configurable, la cual puede ser representada de tres maneras:

- Como cantidad fija.
- Como porcentaje del ancho de banda total de la interfaz.
- Como porcentaje del ancho de banda restante no asignado.

Las colas CBWFQ sólo se mantienen a su mínimo de garantía de ancho de banda durante los períodos de congestión, y pueden superar este mínimo cuando el ancho de banda está disponible. Por defecto sólo el 75% del ancho de banda total de una interfaz puede ser reservado. Una desventaja con CBWFQ es que no existe un mecanismo para proporcionar una cola de prioridad estricta para el tráfico en tiempo real, como VoIP, para aliviar la latencia. La cola de espera de baja latencia LLQ soluciona esta desventaja.

### **Encolamiento de baja latencia (LLQ – Low Latency Queueing)**

La cola de baja latencia LLQ es una versión mejorada de CBWFQ que incluye una o más colas de prioridad estricta, para aliviar los problemas de latencia de las aplicaciones en tiempo real. Las colas de prioridad estricta siempre son atendidas antes de las colas estándar basadas en clases.

La diferencia entre LLQ y PQ (que también tiene una cola de prioridad estricta), es que la cola de LLQ de prioridad estricta no hará demorar a todas las demás colas. La cola LLQ de prioridad estricta se controla, ya sea por ancho de banda o un porcentaje del ancho de banda.

### **Telefonía IP (iep-sa, s.f.)**

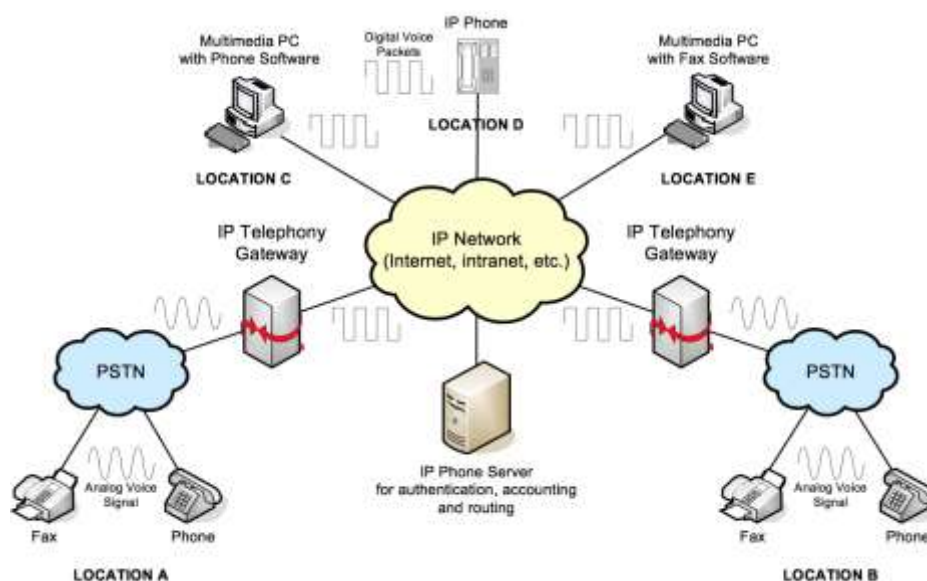
La telefonía IP es el transporte de llamadas de voz a través de redes de datos basadas en IP con conmutación de paquetes, independientemente de si los dispositivos de telefonía tradicionales, PC multimedia o terminales dedicados participan en las llamadas y las llamadas transmiten total o parcialmente a través de la red IP

Esta tecnología permite a los paquetes de datos estándar transmitir información multimedia como voz, fax o video a través de Internet o una intranet corporativa con calidad de servicio QoS adecuada y una relación costo/beneficio muy superior. Se basa en estándares abiertos y recomendaciones generadas por grupos internacionales como el IETF y la UIT.

Cuando se utiliza sólo a través de una red IP, como Intranet o red de área local, se conoce como Voz sobre IP (VoIP). Cuando la llamada se origina y/o termina en la red telefónica pública conmutada se denomina "telefonía IP".

La tecnología de telefonía IP utiliza la conmutación de paquetes para minimizar la cantidad de recursos utilizados en una conexión telefónica. La aplicación de telefonía digitaliza y comprime las señales de voz analógicas. Estos datos se transmiten entonces como un flujo de paquetes a través de una red IP.

**Figura N°7**  
**Elementos de telefonía IP**



**Fuente:** <http://iep-sa.org/wp-content/uploads/2015/11/IP-Telephony-An-Introduction.pdf>

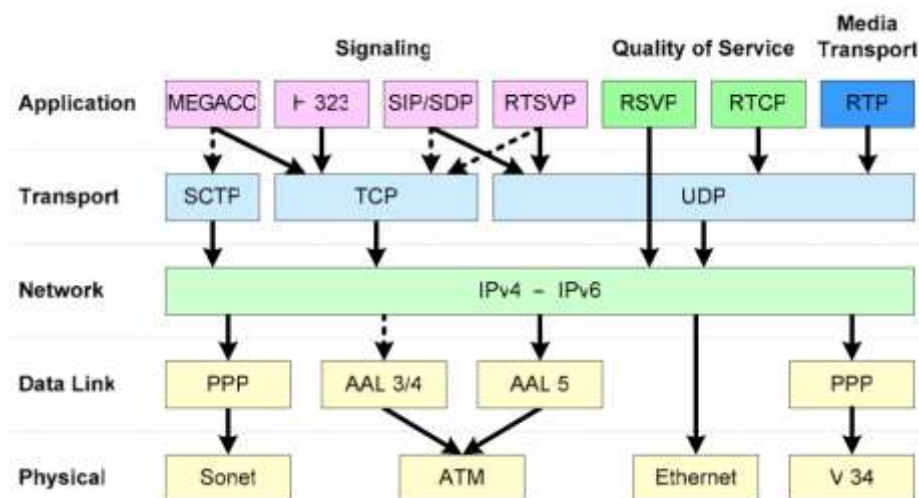
La red IP permite que cada paquete encuentre de forma independiente la ruta más eficiente hacia el destino deseado, mejorando así los recursos de la red en un instante dado.

En el destino, los paquetes se vuelven a montar en su orden original. La aplicación de telefonía IP del destinatario luego descomprime los paquetes y los convierte de nuevo en la señal de voz analógica. La aplicación asegura la reconstrucción adecuada de las señales de voz, compensando los ecos, el jitter y los paquetes caídos.

## Arquitectura de la telefonía IP

Como cualquier conversación entre dos dispositivos de computación, la telefonía IP requiere un conjunto de reglas llamado “protocolo”. La figura 8 muestra un diagrama arquitectónico de los protocolos que se utilizan para las llamadas IP. Estos protocolos siguen una jerarquía en capas que puede compararse con el modelo de referencia OSI (iep-sa, s.f.)

**Figura N°8**  
**Diagrama arquitectónico de los protocolos para telefonía IP**



**Fuente:** <http://iep-sa.org/wp-content/uploads/2015/11/IP-Telephony-An-Introduction.pdf>

Los protocolos físicos y de enlace de datos proporcionan los medios para que el sistema suministre datos a los otros dispositivos en una red conectada directamente. A diferencia de los protocolos de capa superior, estos protocolos deben conocer los detalles de la red subyacente para formatear correctamente los datos que se transmiten para cumplir con las restricciones de red. El protocolo de capa física es en su mayor parte irrelevante para IP y no tiene que ser el mismo para el primer enlace y el enlace final de una llamada VoIP.

## PROTOCOLO SIP.

SIP es un protocolo mucho más ágil y potente que H.323, desarrollado específicamente para la telefonía IP. Aprovecha los protocolos existentes para manejar ciertas partes del proceso de comunicación. Por ejemplo el protocolo de control de puerta de enlace de medios (MGCP) es utilizado por SIP para establecer una puerta de enlace que se conecta al sistema PSTN (iep-sa, s.f.)

SIP es independiente de la capa de transporte. Se puede ejecutar sobre cualquier datagrama o protocolo de flujo como UDP, TCP, ATM, etc. Utiliza el protocolo SDP para especificar los parámetros de sesión. Los flujos de datos de audio o video se transportarán utilizando RTP a través de UDP.

## ARQUITECTURA SIP

SIP define una serie de componentes que se requieren para desarrollar una red basada en SIP. En muchas implementaciones, algunos de estos componentes se combinan en los mismos módulos de software.

- a) **Agentes de usuario (UA):** Es un programa que se ejecuta en un dispositivo SIP, como teléfonos IP y pasarelas. Contiene una función de cliente y una función de servidor. El cliente de agente de usuario (UAC) inicia solicitudes SIP, como iniciar una llamada. Es la única entidad en una red basada en SIP que está autorizada a crear una solicitud original. Un servidor de agente de usuario (UAS) es uno de muchos tipos de servidor que recibe peticiones SIP, como una llamada entrante y envía respuestas de retorno a esas solicitudes.
  
- b) **Servidores SIP:** Se distinguen por el papel que desempeñan los host centralizados en una red distribuida. Existen cuatro tipos de servidores SIP que se pueden implementar en un agente de usuario.
  - **Servidor Proxy:** Es un programa intermediario que actúa como un servidor y un cliente con el propósito de hacer peticiones en nombre de otros clientes. Las solicitudes son atendidas internamente por un servidor proxy o transferidos a otros.
  - **Servidor Registrador:** Es un servidor que acepta solicitudes REGISTRAR. Un cliente utiliza la solicitud REGISTRAR para permitir que un servidor proxy o de redireccionamiento conozca la ubicación donde se puede acceder al cliente. Proporciona un medio por el cual los usuarios pueden registrar sus ubicaciones con un servidor SIP dinámicamente.
  - **Servidor de redireccionamiento:** Es un servidor que acepta una solicitud SIP, asigna la dirección a cero o más direcciones nuevas y devuelve estas direcciones al cliente. A diferencia de un proxy, no puede aceptar llamadas, pero puede generar respuestas SIP que instruyan al UAC para que se ponga en contacto con otra entidad SIP.
  - **Servidor de ubicación:** Se utiliza para obtener información sobre la posible ubicación de aparte llamada. Una ubicación es la dirección IP del dominio donde se encuentra un usuario. Para localizar un usuario, el nombre del usuario se envía al servidor de ubicación y el servidor de ubicación devuelve cero o varias ubicaciones en las que puede encontrarse una parte llamada.

## Seguridad SIP, TLS, SRTP

Primero hay que diferenciar entre la señalización y el transporte de medios. La señalización utiliza SIP, el uso de transporte de medios al menos para audio y vídeo utiliza RTP. Para ambos protocolos existen mecanismos para cifrar la carga útil (open-voip, s.f.).

Si se desea cifrar SIP, se puede utilizar SIP sobre TLS, por lo tanto, la señalización SIP está encriptada.

Si desea cifrar el transporte de medios, entonces se utiliza SRTP. Con SRTP sólo se cifra la carga útil del medio.

Existen algunas diferencias entre el cifrado SIP y RTP. Cuando se utiliza SIP sobre TLS toda la señalización SIP está cifrada, pero sólo entre los saltos que utilizan TLS como transporte. Por ejemplo, si un cliente (llamante) envía el mensaje SIP con UDP al proxy y el proxy reenvía el mensaje SIP a otro cliente (llamado) sobre TLS, sólo se cifra la parte entre proxy y el receptor.

Cuando se utiliza SRTP, no todo el mensaje, pero sólo la carga útil del medio se cifra. Los encabezados RTP siguen siendo enviados en texto claro. Por lo general, el cifrado es de extremo a extremo entre el llamante y el receptor.

SIP y RTP son bastante independientes. Se puede utilizar SIP sobre TLS y RTP, se puede utilizar SIP sobre UDP y SRTP, o se puede utilizar SIP sobre TLS y SRTP. Por lo tanto, desde un punto de vista técnico puede cifrar señalización, medios o ambos. Para SRTP, ambas partes necesitan saber un secreto compartido: la clave de cifrado.

Actualmente, el intercambio de claves SRTP más utilizado es "SDES" (RFC 4568). Con SDDES, la clave de cifrado se intercambia en la descripción de la sesión (SDP), similar a la negociación del códec. Al usar SDDES, algunos clientes SIP le dan la opción de configuración para utilizar SRTP (con SDDES) sólo si la señalización SIP se envía a través de transporte cifrado (TLS).

La diferencia entre TLS y SIPS: TLS se puede utilizar como transporte (al igual que UDP o TCP) entre cualquier saltos. Cuando se direcciona un objetivo con un SIP: URI, los nodos SIP pueden utilizar cualquiera de estos protocolos para enviar el mensaje SIP. Cuando se direcciona un objetivo con un sipas: URL, el estándar requiere que el mensaje se envíe desde el emisor al receptor a través de un transporte cifrado. Como un resultado práctico: Un mensaje a un sorbo: URI puede utilizar cualquier transporte (UDP, TCP, TLS), mientras que un mensaje a un sorbo: URI debe utilizar el transporte cifrado en cada salto (TLS).

## **RESULTADOS**

La entidad financiera es de carácter público, su matriz está en la ciudad de Ambato y actualmente sus sucursales están ubicadas en las ciudades de Latacunga, Salcedo Píllaro y Riobamba.

Su misión es proporcionar servicios financieros alineados al Plan Nacional del Buen vivir, sirviendo a la zona central del país.

En la Av. 12 de noviembre entre las calles Mera y Montalvo, se encuentra el edificio matriz de la entidad financiera, que consta en la actualidad de 30 trabajadores, distribuidos en distintas áreas.

Cada sucursal tiene un promedio de 6 trabajadores que desempeñan diversas funciones en los siguientes cargos como cobranzas, préstamos, inversiones, talento humano, contabilidad y cajas. De esta manera el total de trabajadores en la institución financiera es de 54.

La recopilación de la información de la red actual de la institución financiera, se realizó mediante la observación directa con la colaboración del Analista de Tecnologías de la Información, de esta manera se apreció las necesidades que tiene el personal en lo que respecta a las aplicaciones y servicios que proporciona la red, así como también la infraestructura de red que se requeriría de acuerdo al diseño que se recomienda para que proporcione los servicios necesitados más los que en este proyecto se pretende añadir.

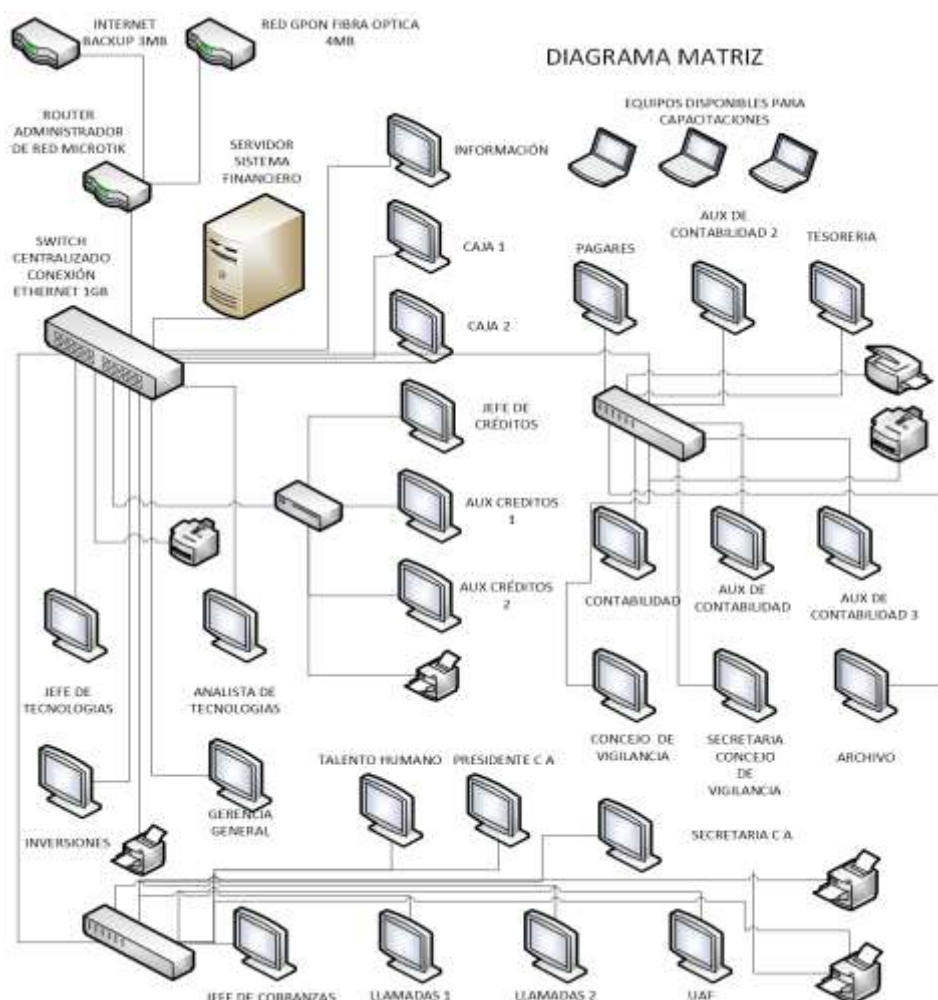
En los siguientes sub capítulos se analizará los datos recolectados referentes a la infraestructura de red, los servicios que proporciona la red, la administración de red, los equipos terminales, y el tráfico de datos que actualmente cursa por la red de la institución financiera.

### **Infraestructura de Red**

La figura 9 muestra la infraestructura de red de la matriz, la cual está compuesta 28 computadores conectados a 3 switches de 24 puertos. Los switches son de capa 2 y están conectados a un router MikroTik que administra la red.

Se tiene dos proveedores de internet, el primero como enlace principal de fibra óptica de 4 Mbps; y, el segundo como back up de 3 Mbps mediante ADSL, que actualmente es utilizado para monitoreo de las cámaras de las sucursales.

**Figura N°9**  
**Infraestructura de red de datos Institución Financiera**



**Fuente:** Administrador de redes de la Institución Financiera

En la ciudad de Latacunga y Riobamba se tiene 7 computadores en cada una, y en las ciudades de Salcedo y Pillaro se tiene 6 computadores en cada una. En cada una de las ciudades donde se encuentran las sucursales tienen un proveedor de internet por ADSL de 3 Mbps.

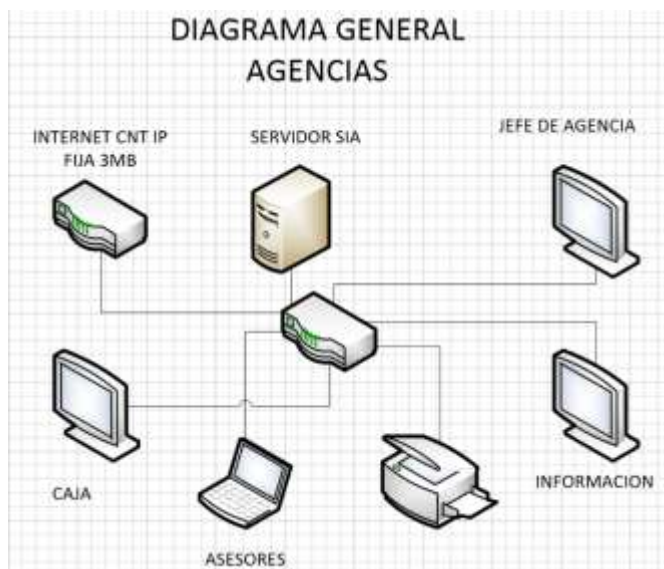
Actualmente todas las oficinas tienen servidores por separado, almacenando los datos, recaudaciones y otros, esto debido a la inexistencia de una red convergente de comunicación entre todas las sucursales. En el presente proyecto se desarrolla el diseño de una red convergente, la

cual centralizará todos los servicios en la matriz, lo que permitirá un mejor manejo de la información, almacenamiento y actualización de estados de cuenta, así como también transmisión de video vigilancia desde las sucursales hacia la matriz, y como en toda red convergente la implementación de telefonía IP. El diseño se realizará para ofrecer calidad de servicio QoS a fin de garantizar el rendimiento óptimo de las tecnologías de información.

El diagrama de red de las sucursales establecidas en las distintas ciudades se aprecia en la siguiente figura.

**Figura N°10**

**Diagrama general de red Agencias**



**Fuente:** Administrador de redes de la Institución Financiera

### **Servicios disponibles al acceder a la red**

Los servicios de red que se encuentran disponibles son:

- DHCP.- Permite asegurar que todos los equipos en la red tengan una dirección IP válida.
- Active Directory.- Permite organizar, controlar y administrar centralizadamente el acceso a los recursos de red.
- Archivos Compartidos.
- Impresoras Compartidas.

Las aplicaciones que utilizan a través de la red son:

- DropBox.- Para almacenar actas, normativas, manuales de funcionamiento, modelos de informes, fotos e información de los socios.



- TeamViewer.- Sirve para acceso remoto cuando el analista requiere realizar configuraciones en un computador en especial.
- Sistema Financiero.- Se encuentra instalado en el servidor HP ProLiant Microserver, mediante Windows Server 2012. El sistema financiero se llama SYSTECOOP, en la figura 11 se muestra la ventana de inicio del sistema.

**Figura N°11**  
**Sistema Financiero**



**Fuente:** Administrador de redes de la Institución Financiera

- Virtualización de sistemas operativos.- Sirve para levantar varios sistemas operativos que permitan abrir varios programas que se requieren para la institución financiera, este proceso es necesario debido a que no todas las aplicaciones son compatibles con un solo sistema operativo. Los sistemas virtualizados son:

#### **Nombres de Dominio y direcciones IP**

La red actual de la institución financiera tiene mediante DHCP las siguientes direcciones IP.

**Tabla N° 3**  
**Asignación actual de direcciones IP.**

NOMBRE PC	CONEXIÓN	DIRECCIÓN IP
SIASERVER	ETHERNET	192.168.0.1
SIARESPALDOS	ETHERNET	192.168.0.2
FACTURACION	ETHERNET	192.168.0.3
HP PROLAINT	ETHERNET	192.168.0.4
HP PROLAINT	ETHERNET	192.168.0.5
HP ELITE	WIFI	192.168.0.6
SDOMINIOS	ETHERNET	192.168.0.10
INFORMACION	ETHERNET	192.168.0.21
CAJA1	ETHERNET	192.168.0.22
CAJA2	ETHERNET	192.168.0.23
JEFE CREDITOS	ETHERNET	192.168.0.24
AUX CREDITOS	ETHERNET	192.168.0.25
AUX CREDITOS2	ETHERNET	192.168.0.26
SECRETARIA GERENCIA	ETHERNET	192.168.0.27
INVERSIONES	ETHERNET	192.168.0.28
GERENCIA	ETHERNET	192.168.0.29

<b>SISTEMAS</b>	WIFI	192.168.0.30
<b>CONTABILIDAD</b>	WIFI	192.168.0.35
<b>AUXCONTABLE1</b>	ETHERNET	192.168.0.36
<b>AUXCONTABLE2</b>	ETHERNET	192.168.0.37
<b>AUXCONTABLE3</b>	WIFI	192.168.0.38
<b>ARCHIVO</b>	ETHERNET	192.168.0.39
<b>TESORERIA</b>	WIFI	192.168.0.40
<b>AUDITORIA INTERNA</b>	WIFI	192.168.0.41
<b>CONSEJO DE VIGILANCIA</b>	WIFI	192.168.0.42
<b>SECRE CONSEJO VIGI</b>	WIFI	192.168.0.43
<b>MAC ALCIDES</b>	WIFI	192.168.0.44
<b>TALENTO HUMANO</b>	WIFI	192.168.0.51
<b>CONSEJO DE ADMIN</b>	WIFI	192.168.0.52
<b>SECRE CONSEJO ADMIN</b>	WIFI	192.168.0.53
<b>UAF</b>	ETHERNET	192.168.0.54
<b>COBRANZAS</b>	ETHERNET	192.168.0.55
<b>AUX COBRA1</b>	ETHERNET	192.168.0.56
<b>AUX COBRA2</b>	ETHERNET	192.168.0.57
<b>CONSULTAS</b>	ETHERNET	

**Elaborado:** Autores

### Equipos terminales

La institución financiera tiene 54 computadores en total, 28 en la matriz, 7 computadores en la sucursal de Latacunga y 7 en Riobamba y 6 en cada una de las sucursales de Salcedo y Píllaro, al momento no tiene teléfonos IP.

Adicionalmente en Ambato se tiene dos DVR's (Grabador de video digital), el primero con 16 cámaras y el segundo con diez cámaras, todas encargadas para el monitoreo de la institución. En Latacunga, Salcedo, Píllaro y Riobamba se tiene un DVR con ocho cámaras en cada una para el monitoreo de las sucursales, que transmiten mediante streaming por una IP pública.

Los equipos instalados actualmente en el área de monitoreo son los siguientes:

- CPU, Intel Dual Core, 4Gb Ram, tarjeta de video dedicado NVIDIA 2GB, disco duro 500GB, 2 salidas activas de video.
- Matriz (DVR 16 canales EPCOM TURBO HD con conexión remota, DVR 16 canales AVTECH sencillo)
- Agencias (DVR 8 canales EPCOM TURBO HD)
- Software de monitoreo con conexión remota IVMS 4200 de licencia libre.
- En la figura 12 muestra las 3 pantallas para monitoreo de cámaras las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente forma.

**Figura N°12**  
**Distribución de pantallas de monitoreo**



**Fuente:** Administrador de redes de la Institución Financiera

En la figura 13 se muestra la distribución de las cámaras en la entrada de la institución financiera ubicada en la ciudad de Ambato.

**Figura N°13:**  
**Distribución de cámaras de vigilancia en el exterior**



**Fuente:** Administrador de redes de la Institución Financiera

La ubicación de las cámaras en el interior de la institución financiera está de la siguiente manera.

**Figura N°14**  
**Distribución de cámaras de vigilancia en el interior**



**Fuente:** Administrador de redes de la Institución Financiera

Los equipos de la red de datos ubicados en la ciudad de Ambato se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla N° 4**  
**Equipos de la red de datos Ambato.**

Ciudad	Equipo	Modelo
Ambato	Servidor SIA	HP ProLiant microserver 8 Gen.
	Servidor BackUp	HP ProLiant microserver 8 Gen.
	Router Administrador	MikroTik RB 751U-2HnnD
	Switch Centralizado	D-Link DGS1024D Gigabit ethernet
	Red GPON Fibra Óptica	FTTH Red GPON
	ADSL Internet backup	CNT Huawei HG530
	5 Impresoras de red	EPSON L330
	4 Copiadoras en red	RICOH 2550
	26 Computadores de escritorio	Varios modelos
	2 computadores Portátiles	Varios modelos

**Elaborado:** Autores

Los equipos correspondientes a las ciudades de Riobamba, Latacunga, Píllaro y Salcedo son los siguientes:

**Tabla N° 5**  
**Equipos de la red de datos Agencias**

Ciudad	Equipo	Modelo
Agencias	Servidor SIA	HP ProLiant microserver 8 Gen.
	Router Administrador	MikroTik RB CCR1016-12G
	Switch Centralizado	Gigabit ethernet
	ADSL Internet 3 Mbps	CNT Huawei HG530
	1 Impresora de red	EPSON L330
	1 Copiadora	RICOH 2550
	6-7 Computadores de escritorio	Varios modelos

**Elaborado:** Autores

### **Administración de red**

La red es administrable únicamente a nivel local, cuando existe problemas en cada una de los sucursales, el administrador de red debe viajar a la ciudad donde se encuentra el problema.

Para el monitoreo de la red se utiliza las herramientas que vienen incluidas en la plataforma del router MikroTik, desde allí el administrador puede revisar y supervisar el buen funcionamiento de la red.

La herramienta Torch es una de las alternativas para el monitoreo del consumo de ancho de banda por cada uno de los usuarios. En la figura 15 se puede apreciar la recolección de información sobre

el tráfico de la red como dirección origen, dirección destino, VLAN Id., protocolo, transmisión, recepción, etc.

De esta manera el administrador de la red puede identificar si los usuarios están haciendo buen uso de la red.

Si se desea realizar una búsqueda determinada con un filtro específico, también es posible, utilizando cualquiera de los ítems mencionados anteriormente.

**Figura N°15:**  
**Torch como herramienta de monitoreo**

Et...	Pro...	Src.	Dst.	VLAN Id	Tx Rate	Rx Rate	Tx Pack...	Rx Pack...
800 ...	6 (t...	192.168.0.30:56553	31.13.73.14:443 (https)	1113.0 ...	30.6 kbps	98	58	
800 ...	6 (t...	192.168.0.59:52395	65.49.14.155:443 (https)	400.2 k...	18.2 kbps	34	20	
800 ...	6 (t...	192.168.0.40:50595	198.245.61.132:80 (http)	100.9 k...	2.0 kbps	8	4	
800 ...	6 (t...	192.168.0.51:53365	195.154.182.222:25293	65.5 kbps	2.8 kbps	7	6	
800 ...	6 (t...	192.168.0.204:56515	192.168.0.100:8291 (win...	46.1 kbps	2.7 kbps	4	4	
800 ...	6 (t...	192.168.0.43:54878	186.178.0.237:443 (https)	23.9 kbps	5.3 kbps	3	5	
800 ...	6 (t...	192.168.0.202:49448	186.178.0.237:443 (https)	17.3 kbps	4.3 kbps	2	4	
800 ...	6 (t...	192.168.0.202:52607	186.178.0.251:443 (https)	6.0 kbps	1440 bps	0	1	
800 ...	6 (t...	192.168.0.202:36946	186.178.0.231:443 (https)	7.7 kbps	1952 bps	0	1	
800 ...	6 (t...	192.168.0.202:42104	186.178.0.241:443 (https)	6.0 kbps	312 bps	0	0	
800 ...	6 (t...	192.168.0.202:34845	186.178.0.237:443 (https)	4.0 kbps	208 bps	0	0	
800 ...	6 (t...	192.168.0.202:54964	186.178.0.232:443 (https)	4.0 kbps	208 bps	0	0	
800 ...	6 (t...	192.168.0.202:54251	186.178.0.217:443 (https)	4.0 kbps	208 bps	0	0	
800 ...	6 (t...	192.168.0.202:43041	186.178.0.237:443 (https)	3.8 kbps	1232 bps	0	1	
800 ...	6 (t...	192.168.0.40:50589	200.107.11.166:4895	1440 bps	960 bps	2	2	
800 ...	6 (t...	192.168.0.4:53502	31.13.73.1:443 (https)	1288 bps	1605 bps	0	0	
800 ...	6 (t...	192.168.0.202:42404	186.178.0.246:443 (https)	920 bps	1109 bps	1	1	
800 ...	1 (i...	192.168.0.60	192.168.0.100	301 bps	0 bps	0	0	
800 ...	6 (t...	192.168.0.41:49661	158.85.224.176:443 (htt...	264 bps	405 bps	0	0	
800 ...	6 (t...	192.168.0.30:56427	158.85.224.176:443 (htt...	264 bps	405 bps	0	0	
800 ...	6 (t...	192.168.0.29:54335	65.52.108.76:443 (https)	216 bps	480 bps	0	1	
800 ...	6 (t...	192.168.0.27:51253	148.251.232.212:2096	216 bps	240 bps	0	0	
45 items					Total Tx: 1810.1 kbps	Total Rx: 86.6 kbps	Total Tx Packet: 159	Total Rx Packet: 110

**Elaborado:** Autores

## **Análisis de tráfico de datos**

Para el análisis de tráfico se ha optado por utilizar una herramienta que facilite la medición del throughput en tiempo real, esta herramienta se llama Torch y es una herramienta del IOS del router MikroTik que permite:

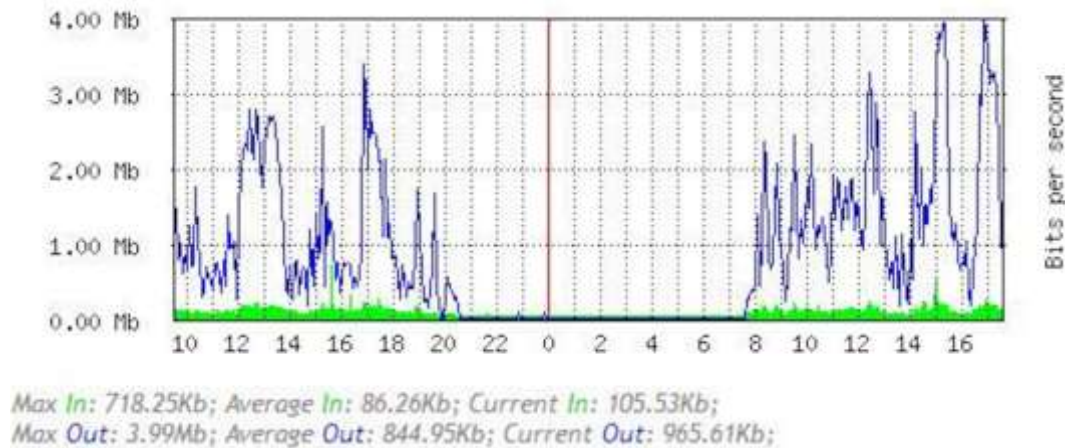
- Medición de ancho de banda.
- Dirección MAC e IP (origen y destino).

- Aplicaciones y servicios utilizados en la red.
- Tasa de transmisión y recepción de servicios.

Para el análisis de tráfico se creó dos interfaces de medición: el tráfico cursado por la red LAN y el tráfico de internet.

El día crítico es Lunes, debido a que en Ambato se realiza las ferias de comercio, venta de automotores, agrícola, ganadero, etc. En la figura 22 se muestra el tráfico cursado por la red LAN de un día lunes.

**Figura N°16**  
**Medición del tráfico de datos por día**



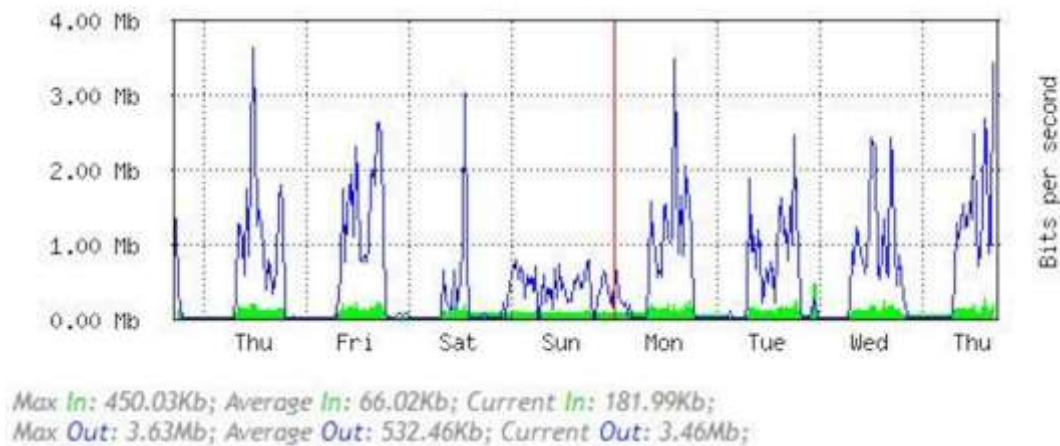
**Fuente:** Winbox, herramienta Torch

En el eje horizontal se tiene la hora y en el eje vertical se presenta los bits por segundo (bps). Las horas críticas son las horas de mayor tráfico de datos, que según el gráfico son entre las 14H00 y las 17H00. Se tiene una medición de aproximadamente 4 Mbps en horas pico, sin embargo en promedio se tiene una medición de aproximadamente 1 Mbps.

El análisis de tráfico de datos se realizó monitoreando la red por una semana, como se puede apreciar en la siguiente figura, obteniendo los siguientes datos.

**Figura N°17**  
**Medición del tráfico de datos por semana**





**Fuente:** Winbox, herramienta Torch

De acuerdo a la figura 17, el tráfico alcanza aproximadamente los 3.7 Mbps en los días lunes, jueves y viernes.

Actualmente la telefonía es a través de la PSTN (Red Telefónica de CNT), por lo tanto el tráfico de voz en la red actual no existe.

Las cámaras de seguridad guardan la información en cada uno de los DVR's correspondientes, el video en streaming se lo realiza por una dirección IP pública por medio del enlace ADSL de 3 Mbps, sin influir en el tráfico actual de datos.

### Identificación de requerimientos de la red

La institución requiere establecer una red de comunicación entre todas sus sucursales para optimizar sus servicios, especialmente el sistema financiero como punto de partida.

Para establecer una red de comunicación, se puede considerar varias posibilidades como por ejemplo, crear una red VPN, contratar el alquiler de fibra óptica, o diseñar e implementar radioenlaces privados con una frecuencia libre.

En el presente proyecto se desarrolla el diseño de la red convergente utilizando radioenlaces. No se consideró crear una red VPN porque el ancho de banda es relativamente pequeño en relación a lo requerido por los servicios que se levantarán, y tampoco se consideró contratar el alquiler de fibra óptica, especialmente porque el proyecto contempla un enlace por sucursal, por lo que resultaría sumamente oneroso.

Como segundo punto se considerará la optimización de los recursos de red para que proporcione servicios como la telefonía IP y la transmisión de video vigilancia.

Esto permitirá reducir los gastos por consumo de llamadas telefónicas y por contratación de internet de banda ancha ADSL, que es utilizada para la transmisión de video vigilancia actualmente.

### CONCLUSIONES



- De acuerdo al estudio de tráfico, se ha determinado que una implementación menos costosa como una red VPN, permitiría la transmisión de datos para los servicios financieros y de telefonía, mas no para el tráfico de video que está incluido en los requerimientos, por lo tanto la red convergente diseñada es una solución robusta para el tráfico establecido.
- Los radio enlaces son una de las soluciones más factibles, en cuestión de disponibilidad, seguridad y confiabilidad de los elementos que permiten las telecomunicaciones, y los factores que intervienen para que una comunicación se mantenga estable.
- Realizar un buen dimensionamiento de la red, permitirá que ésta sea escalable y pueda ampliar su capacidad de acuerdo a los requerimientos de la empresa.
- Los equipos de comunicación que intervienen en el presente proyecto, son el resultado de un análisis y búsqueda minuciosa, que permitirá a la red convergente trabajar de forma óptima. Las características más relevantes son: robustez, disponibilidad en el mercado y precio.
- La integración de los servicios y tráfico de datos a través de las redes convergentes, cada vez son más amigables y administrables para proporcionar las soluciones que la institución y otras empresas requieren.
- La red convergente diseñada, garantiza el tráfico y su proyección a 5 años de todos los servicios contemplados en el presente proyecto.
- La información recolectada permitió identificar los elementos requeridos para diseñar la red convergente, así como también los elementos que se reutilizarían para reducir costos.

## BIBLIOGRAFIA

- Secure Roaming in 802.11 Networks, Raymond Greenlaw, Paul Goransson.
- Pérez Vega Constantino, Universidad de Cantabria  
[http://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH11ST\\_Web.pdf](http://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH11ST_Web.pdf)
- Fundamentos de Redes Inalámbricas, Cisco Networking Academy Program, Cisco Systems, Cisco Press, 2006
- <http://www.utim.edu.mx/~svalero/docs/Antologia%20Redes%20Convergentes.pdf>
- [http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2373/1/Tesis\\_t723ec.pdf](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2373/1/Tesis_t723ec.pdf)
- [http://www3.uji.es/~redondo/redes/capitulo3\\_IS20.pdf](http://www3.uji.es/~redondo/redes/capitulo3_IS20.pdf)
- [http://www.ehas.org/wp-content/uploads/2012/01/RodrigoSalazar\\_PFC.pdf](http://www.ehas.org/wp-content/uploads/2012/01/RodrigoSalazar_PFC.pdf)
- [http://www.colorado.edu/engineering/alleman/print\\_files/soafrica\\_paper.pdf](http://www.colorado.edu/engineering/alleman/print_files/soafrica_paper.pdf)
- <http://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2004/tesisOscarGonzalo.pdf>
- [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150517/Exe\\_2150517/leccin\\_3\\_levantamiento\\_de\\_informacin\\_de\\_redes\\_existentes.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150517/Exe_2150517/leccin_3_levantamiento_de_informacin_de_redes_existentes.html)
- [http://www.edu.xunta.gal/centros/iesfelixmuriel/system/files/Tecno\\_comunicacion.pdf](http://www.edu.xunta.gal/centros/iesfelixmuriel/system/files/Tecno_comunicacion.pdf)
- <https://www.franciscamolina.cl/798/calculos-primera-zona-de-fresnel>
- <https://sites.google.com/site/redesconvergentessitioweb/unidad-ii-calidad-de-servicio-qos/1---introduccion-a-la-calidad-de-servicios-qos/2---modelos-de-qos-best-effort-intserv-diffserv/clasificacion-y-mercado-de-trafico>
- <http://www.leader-network.com>
- Universidad Tecnológica Nacional, Argentina: Estándar IEEE 802.11, Jara Pablo, Nazar Patricia. Link: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard\\_802\\_11.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard_802_11.pdf)
- [https://www.tlm.unavarra.es/file.php/80/publico/slides/3y4-Principios\\_PolicingShaping.pdf](https://www.tlm.unavarra.es/file.php/80/publico/slides/3y4-Principios_PolicingShaping.pdf)
- <http://www.dte.us.es/personal/mcromero/masredes/docs/SMARD.0910.qos.pdf>
- [http://www.adminso.es/images/c/ca/Presentacion\\_QOS.pdf](http://www.adminso.es/images/c/ca/Presentacion_QOS.pdf)
- <http://www.librospdf.net/calidad-de-servicio-qos/1/>
- <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0507t.pdf>
- [http://www.adminso.es/index.php/1.\\_Introducci%C3%B3n\\_a\\_QoS](http://www.adminso.es/index.php/1._Introducci%C3%B3n_a_QoS)
- <https://prezi.com/5eo1chrgmosc/trabajo-1-calidad-de-servicios-qos-en-redes/>