

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIONES**



TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**MAGÍSTER EN REDES DE COMUNICACIONES**

TEMA:

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

**AUTOR:** Ing. Diego Roberto Quesada Revelo

**DIRECTOR:** Ing. M.Sc. María Soledad Jiménez Jiménez

Quito, Mayo, 2017

## RESUMEN

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.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	II
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	III
INDICE DE FIGURAS.....	V
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.2 ANTECEDENTES .....	3
1.3 OBJETIVO GENERAL:.....	3
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	3
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1 TELECOMUNICACIONES .....	5
2.2 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS .....	5
2.2.1 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	6
2.2.1.2 FRECUENCIAS DE TRANSMISIÓN Y TIPOS DE MODULACIÓN.....	8
2.3 DISEÑO DE REDES .....	9
2.3.1 SISTEMAS DE CABLEADO ESTRUCTURADO .....	9
2.3.2 ESCALABILIDAD .....	10
2.3.5 DISEÑO JERÁRQUICO DE REDES.....	11
2.4 RADIO ENLACES.....	12
2.4.1 PROPAGACIÓN DE ONDAS.....	13
2.4.2 ZONAS DE FRESNEL .....	14
2.4.3 ATENUACIONES .....	15
2.5 CALIDAD DE SERVICIO (QOS).....	17
2.5.1 MODELOS DE QOS .....	18
2.5.2 CLASIFICACIÓN Y MARCADO DE TRÁFICO .....	20
2.5.2.1 MARCADO DE LA CAPA 2.....	21
2.5.3 MECANISMOS DE QOS PARA ADMINISTRAR Y EVITAR LA CONGESTIÓN DE LA RED .....	23
2.5.3.1 ENCOLAMIENTO POR PRIORIDAD ( <i>PQ- PRIORITY QUEUEING</i> ).....	24
2.5.3.2 ENCOLAMIENTO POR ESPERA EQUITATIVA PONDERADA ( <i>WFQ - WEIGHTED FAIR QUEUEING</i> ) .....	24
2.5.3.3 ENCOLAMIENTO POR ESPERA EQUITATIVA PONDERADA BASADO EN CLASES ( <i>CBWFQ –CLASS BASED WEIGHTED FAIR QUEUEING</i> ) .....	25
2.5.3.4 ENCOLAMIENTO DE BAJA LATENCIA ( <i>LLQ – LOW LATENCY QUEUEING</i> ) .....	26
2.6 TELEFONÍA IP .....	26
2.6.1 ARQUITECTURA DE LA TELEFONÍA IP.....	28
2.6.2 PROTOCOLO SIP. ....	29
2.6.2.1 ARQUITECTURA SIP.....	29
2.6.3 SEGURIDAD SIP, TLS, SRTP.....	30
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED DISPONIBLE EN LA INSTITUCIÓN FINANCIERA.....	32

3.1	Infraestructura de Red .....	33
3.2	Servicios disponibles al acceder a la red .....	35
3.3	Nombres de Dominio y direcciones IP .....	36
3.4	Equipos terminales .....	37
3.5	Administración de red .....	40
3.6	Análisis de tráfico de datos .....	41
3.7	Identificación de requerimientos de la red .....	43
CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA RED CONVERGENTE .....		44
4.1	ANCHO DE BANDA .....	46
4.2	DIMENSIONAMIENTO DE LOS ENLACES .....	53
4.3	SIMULACIÓN DE LOS ENLACES .....	58
4.4	EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO .....	61
4.5	SELECCIÓN DE EQUIPOS .....	63
4.6	DISEÑO DE LA TELEFONÍA IP .....	70
4.7	CONFIGURACIÓN DEL ROUTER PARA CALIDAD DE SERVICIO QOS.....	74
4.8	ESQUEMA DE LOS RADIO ENLACES .....	78
4.9	PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO .....	81
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		83
5.1	CONCLUSIONES .....	83
5.2	RECOMENDACIONES .....	84
BIBLIOGRAFÍA .....		85
ANEXOS .....		86
ANEXO 1: ESPECIFICACIONES ROCKET M5 .....		87
ANEXO 2: ESPECIFICACIONES CAMBIUM NETWORKS .....		91

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 : SUBSISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO .....	10
FIGURA 2 : DISEÑO JERÁRQUICO DE REDES .....	11
FIGURA 3: ZONAS DE FRESNEL .....	14
FIGURA 4: ATENUACIÓN ESPECÍFICA PARA DISTINTAS INTENSIDADES DE LLUVIA.....	16
FIGURA 5: INTSERV .....	19
FIGURA 6: CABECERA DSCP .....	20
FIGURA 7: ELEMENTOS DE TELEFONÍA IP .....	27
FIGURA 8: DIAGRAMA ARQUITECTÓNICO DE LOS PROTOCOLOS PARA TELEFONÍA IP .....	28
FIGURA 9: INFRAESTRUCTURA DE RED DE DATOS INSTITUCIÓN FINANCIERA .....	33
FIGURA 10: DIAGRAMA GENERAL DE RED AGENCIAS .....	34
FIGURA 11: SISTEMA FINANCIERO .....	35
FIGURA 12: DISTRIBUCIÓN DE PANTALLAS DE MONITOREO. ....	38
FIGURA 13: DISTRIBUCIÓN DE CÁMARAS DE VIGILANCIA EN EL EXTERIOR .....	38
FIGURA 14: DISTRIBUCIÓN DE CÁMARAS DE VIGILANCIA EN EL INTERIOR	39
FIGURA 15: TORCH COMO HERRAMIENTA DE MONITOREO.....	41
FIGURA 16: MEDICIÓN DEL TRÁFICO DE DATOS POR DÍA .....	42
FIGURA 17: MEDICIÓN DEL TRÁFICO DE DATOS POR SEMANA .....	42
FIGURA 18: CRECIMIENTO DEL PERSONAL DE LA INSTITUCIÓN.....	44
FIGURA 19: PROYECCIÓN DEL CRECIMIENTO DEL PERSONAL A 5 AÑOS.....	45
FIGURA 20: ANCHO DE BANDA DE DVR 16 CANALES FLUJO SECUNDARIO ..	47
FIGURA 21: ANCHO DE BANDA DE DVR 16 CANALES FLUJO PRIMARIO .....	47
FIGURA 22: ANCHO DE BANDA DE DVR 16 CANALES FLUJO PRIMARIO Y SECUNDARIO .....	48
FIGURA 23: ANCHO DE BANDA ENTRE TELÉFONO IP Y COMPUTADOR.....	51
FIGURA 24: PROPIEDADES DE LA ESTACIÓN EN AMBATO. ....	54
FIGURA 25: PROPIEDADES DE LA ESTACIÓN EN LATACUNGA.....	55
FIGURA 26: PROPIEDADES DE LA ESTACIÓN EN SALCEDO. ....	55
FIGURA 27: PROPIEDADES DE LA ESTACIÓN EN PILLARO.....	56
FIGURA 28: PROPIEDADES DE LA ESTACIÓN EN RIOBAMBA. ....	56
FIGURA 29: PROPIEDADES DE LA ESTACIÓN EN EL CERRO LLANTANTOMA. ....	57
FIGURA 30: PROPIEDADES DE LA ESTACIÓN EN EL CERRO CHIPSA. ....	57

FIGURA 31: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES. ....	58
FIGURA 32: LÍNEA DE VISTA, ZONA DE FRESNEL, ENLACE LLANTANTOMA - LATACUNGA.....	58
FIGURA 33: LÍNEA DE VISTA, ZONA DE FRESNEL, ENLACE LLANTANTOMA - SALCEDO.....	59
FIGURA 34: LÍNEA DE VISTA, ZONA DE FRESNEL, ENLACE LLANTANTOMA - PILLARO.....	59
FIGURA 35: LÍNEA DE VISTA, ZONA DE FRESNEL, ENLACE LLANTANTOMA - AMBATO.....	60
FIGURA 36: LÍNEA DE VISTA, ZONA DE FRESNEL, ENLACE LLANTANTOMA - CHIPSA.....	60
FIGURA 37: LÍNEA DE VISTA, ZONA DE FRESNEL, ENLACE CHIPSA - RIOBAMBA.....	61
FIGURA 38: ROCKET M5.....	62
FIGURA 39 : SIMULACIÓN AIRLINK LLANTANTOMA-AMBATO CON SISTEMA ROCKET.....	66
FIGURA 40: SIMULACIÓN AIRLINK LLANTANTOMA-LATACUNGA CON SISTEMA ROCKET.....	67
FIGURA 41: SIMULACIÓN AIRLINK LLANTANTOMA-PILLARO CON SISTEMA ROCKET.....	68
FIGURA 42: SIMULACIÓN AIRLINK LLANTANTOMA-SALCEDO CON SISTEMA ROCKET.....	69
FIGURA 43: AÑADIENDO EXTENSIONES EN EL SERVIDOR ELASTIX.....	73
FIGURA 44: CONFIGURACIÓN DE RUTAS SALIENTES.....	74
FIGURA 45: VENTANA DE WINBOX.....	75
FIGURA 46: CREACIÓN REGLA IP DESTINO.....	75
FIGURA 47: ACCIÓN: MARCADO DE CONEXIÓN COMO ELASTIX_C.....	76
FIGURA 48: CREACIÓN DE SIMPLE QUEUE TRÁFICO ELASTIX.....	76
FIGURA 49: CONFIGURANDO PRIORIDAD DE FLUJO DE PAQUETES ELASTIX_F.....	77
FIGURA 50: CREACIÓN DE SIMPLE QUEUE TRÁFICO RESTANTE.....	77
FIGURA 51: MANTENIENDO LA PRIORIDAD PARA TRÁFICO RESTANTE.....	78
FIGURA 52: SISTEMA DE RADIO ENLACES.....	79
FIGURA 53: DIAGRAMA FÍSICO Y LÓGICO DE LA RED CONVERGENTE.....	80

## **CAPÍTULO 1: 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, Píllaro 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.

## **1.1 Justificación**

En la actualidad la comunicación y la necesidad de las empresas de intercambiar información entre sus diferentes sucursales dentro del país, hacen que se implementen nuevas tecnologías donde la comunicación inalámbrica es la opción óptima tomando en cuenta la relación costo/ beneficio.

La comunicación que mantiene actualmente la institución financiera es mediante llamadas telefónicas, incluso para actualizar su sistema financiero, se lo realiza por este medio. Esto implica una base de datos desactualizada, provocando que las transacciones sean más demoradas de lo que deberían ser.

La institución financiera al no poseer un medio físico o lógico para la transmisión de datos y compartir servicios, tiene la necesidad de buscar alternativas de sistemas de telecomunicaciones para formar una red administrable, escalable, robusta para brindar un mejor servicio y aprovechar las ventajas que tendría si se realizara la implementación de una red convergente, como establecer su propio servidor de telefonía IP y monitorear todas sus sucursales en tiempo real a través de la transmisión de video vigilancia.

Al poseer cableado estructurado en todas sus sucursales con conexión a internet, se está subutilizando los recursos de la red, teniendo la opción de mejorar el rendimiento y adicionar más servicios como servidores web, email corporativo o servicios financieros virtuales.

Es por estos motivos que el diseño de una red convergente es un factor muy importante para considerar una futura implementación y permitir el crecimiento y fortalecimiento de la institución financiera en lo que respecta a servicios y a las telecomunicaciones.

## **1.2 Antecedentes**

Las Telecomunicaciones son consideradas causa y consecuencia del crecimiento económico, por eso existe un sinnúmero de proyectos orientados a ese estudio. Las Telecomunicaciones brindan una mayor calidad de vida y entretenimiento como lo son las comunicaciones móviles, la televisión digital y el Internet, además que incrementan la eficiencia de las operaciones en el mercado como por ejemplo aumentan las oportunidades arbitrarias en el mercado financiero.

Actualmente la entidad financiera cuenta con redes LAN aisladas en cada una de las sucursales, pero no tiene implementada una red convergente que permita integrar varios servicios simultáneamente entre ellas.

Existe estudios realizados en varias universidades y escuelas politécnicas que describen la factibilidad de las comunicaciones inalámbricas, y en específico en la Universidad Técnica de Ambato, proyectos que describen varias alternativas para la integración de servicios de telecomunicaciones, por ejemplo el “Diseño de una red Inalámbrica punto-punto para las ciudades de Baños, Píllaro, Latacunga y Riobamba para la empresa Speedy.”, elaborado por Karen Viña en el año 2009.

Otro proyecto realizado en la Universidad Técnica de Ambato orientado a calidad de servicio es “Implementación de calidad de servicio QoS en las redes inalámbricas de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “San Alfonso LTDA.”

## **1.3 Objetivo General:**

Diseñar una red convergente a través de un enlace inalámbrico entre las sucursales de una Institución Financiera, para la transmisión de voz, datos y video vigilancia con QoS.

## **1.4 Objetivos Específicos:**

1. Realizar el levantamiento de la información de la infraestructura de red actual de la entidad financiera y determinar sus requerimientos.
2. Estudiar los servicios y tráfico a cursar por la red y su proyección a 5 años.
3. Determinar el dimensionamiento de los enlaces.

4. Identificar los requerimientos técnicos mínimos de los equipos que conformarán la red.
5. Seleccionar los equipos de comunicación que mejor se adapten a los requerimientos de la Entidad Financiera, entre al menos dos alternativas de fabricante.
6. Estimar los costos referenciales del proyecto.

## CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones trata de los medios para emitir o receptor mensajes de cualquier naturaleza, desde dos o más puntos geográficamente distantes a través de ondas electromagnéticas, cables, o fibra óptica.<sup>1</sup> 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.<sup>2</sup> Es sinónimo de transmisión de datos, telefonía por internet, el presente y futuro de la radiodifusión.<sup>3</sup>

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.

### 2.2 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.

---

<sup>1</sup> Una definición muy precisa se ofrece en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT que rige para los 180 países miembros de este organismo de Naciones Unidas (ONU).

<sup>2</sup> Cfr. W. John Blyth and Mary M. Blyth. **Telecommunications: concepts, development and managment**. Indiana, TheBobbs-Merril Co., 1985 y Federico Kulhmann, Antonio Alonso y Alfredo Mateos. **Comunicaciones: pasado y futuros**. México, FCE, 1989.

<sup>3</sup> **Excélsior**, México, D.F., abril 11, 1994.

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.

### **2.2.1 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.

#### **2.2.1.1 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.

### **2.2.1.2 Estándar 802.11<sup>4</sup>**

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.

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.

#### **2.2.1.2.1 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.

#### **2.2.1.2.2 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.

---

<sup>4</sup> 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)

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 un frecuencia más alta que 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.

## 2.3 Diseño de Redes <sup>5</sup>

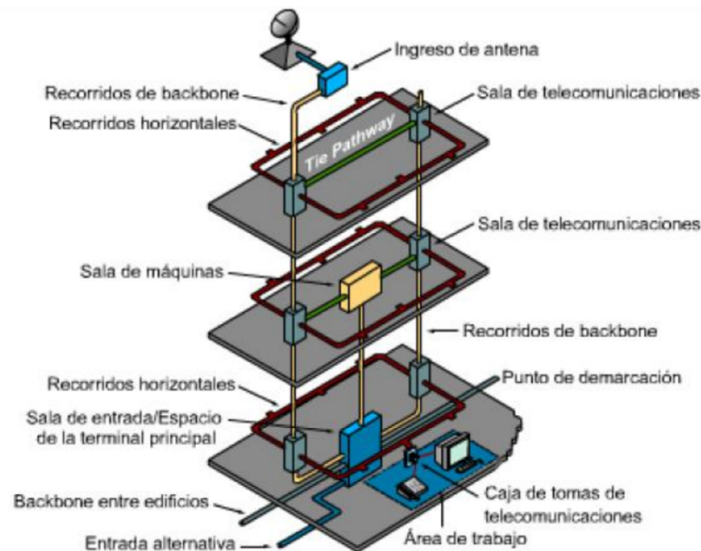
### 2.3.1 Sistemas de cableado estructurado

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.

---

<sup>5</sup> Recogido de <http://www.utim.edu.mx/~svalero/docs/Antologia%20Redes%20Convergentes.pdf>  
Cisco systems. (2003). Suplemento sobre cableado estructurado, Programa de la academia de Cisco CCNA1: Conceptos básicos sobre networking v3.1



**Figura 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.

### 2.3.2 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.

### 2.3.3 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

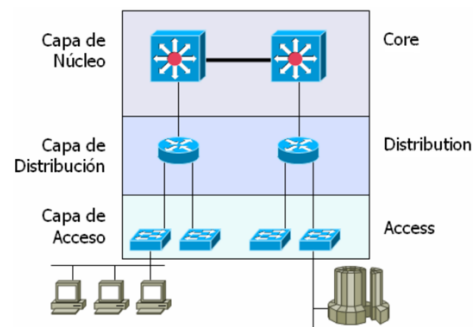
responsabilidad del cliente. De acuerdo al tamaño o espacio del edificio, es el tamaño del punto de demarcación.

### 2.3.4 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.

### 2.3.5 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 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.

## 2.4 Radio Enlaces<sup>6</sup>

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 usa un conteo regresivo para volver a transmitir luego de cierto tiempo.

---

<sup>6</sup> Recuperado de:  
<http://www.utim.edu.mx/~svalero/docs/Antologia%20Redes%20Convergentes.pdf>  
 Teare D. (2007). *Designing for Cisco Internetwork Solution*. 2 nd Ed. Pearson Education.  
 Bruno A. (2007). *CCDA Official Exam Certification Guide*. 3 rd Ed. Pearson Education.

## 2.4.1 Propagación de Ondas<sup>7</sup>

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.

### 2.4.1.1 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.

Región del espectro	Rango de longitudes de onda ( $\lambda$ )	Rango de frecuencias ( $f$ )	Aplicaciones más habituales	Observaciones	
Radio	Onda larga	> 10 m	< 30 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 cm - 10 m	30 MHz - 3 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 mm - 10 cm	3 - 300 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 nm - 1 mm	$3 \cdot 10^{11}$ - $4 \cdot 10^{14}$ Hz	Termografías Visión nocturna Controles remotos	Emisión térmica.	
Luz visible	400 - 700 nm	$4 \cdot 10^{14}$ - $7 \cdot 10^{14}$ Hz	Instrumentos ópticos	Radiación visible por el ojo humano y el de la mayoría de los seres vivos.	
Ultravioletas	10 - 400 nm	$7 \cdot 10^{14}$ - $3 \cdot 10^{16}$ Hz	Medicina Espectrofotometría	La materia los absorbe muy fácilmente.	
Rayos X	0,01 - 10 nm	$3 \cdot 10^{16}$ - $3 \cdot 10^{19}$ 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 $\gamma$	< $10^{-11}$ m	> $3 \cdot 10^{19}$ Hz	Esterilización Radioterapia	Generados por interacciones subatómicas.	

**Tabla 1: Espectro Electromagnético.**

[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)

<sup>7</sup> Propagación de Ondas electromagnéticas, Bonastre Muñoz Jordi, link:

[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)

### 2.4.1.2 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.

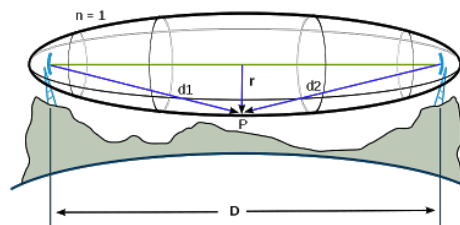
### 2.4.1.3 Índice de refracción

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  $c = 3 \times 10^8$  m/s. El índice de refracción es adimensional.

### 2.4.2 Zonas de Fresnel<sup>8</sup>

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 denomina zonas de Fresnel. La obstrucción máxima permisible es el 40% de la primera zona de Fresnel. Sin embargo se recomienda un 20%.



**Figura 3: Zonas de fresnel**

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

---

<sup>8</sup> Recogido de: <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.

### 2.4.3 Atenuaciones

#### 2.4.3.1 Atenuación en el espacio libre<sup>9</sup>

Para enlaces punto a punto se denomina también pérdida básica de transmisión en el espacio libre.

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.

#### 2.4.3.2 Atenuación específica por lluvia<sup>10</sup>

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

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.

---

<sup>9</sup> Recuperado de: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-2-199408-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-2-199408-I!!PDF-S.pdf)

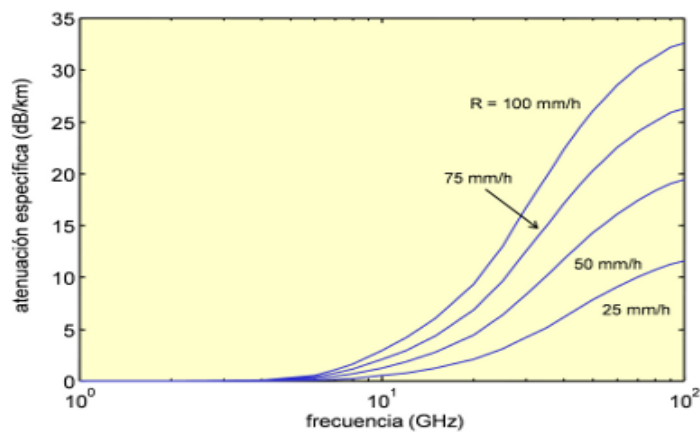
<sup>10</sup> Recuperado de: <http://www.radioenlaces.es/articulos/calculo-de-la-atenuacion-por-lluvia-en-un-radioenlace>

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

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

Fuente: <http://www.radioenlaces.es/articulos/calculo-de-la-atenuacion-por-lluvia-en-un-radioenlace/><sup>11</sup>

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 4: Atenuación específica para distintas intensidades de lluvia**

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

<sup>11</sup> Rec. UIT-R 838: “Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción”.  
 Rec. UIT-R PN.837: “Características de la precipitación para establecer modelos de propagación”.  
 Rec. UIT-R P.530: “Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa”.

## 2.5 Calidad de Servicio (QoS)<sup>12</sup>

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 vuelve lento. 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.

---

<sup>12</sup> Recuperado de:  
<http://www.utim.edu.mx/~svalero/docs/Antologia%20Redes%20Convergentes.pdf>

- Permite el control de ancho de banda entre aplicaciones, proporcionando mayor fiabilidad a la red.

## 2.5.1 Modelos de QoS<sup>13</sup>

### 2.5.1.1 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.

### 2.5.1.2 IntServ<sup>14</sup>

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.

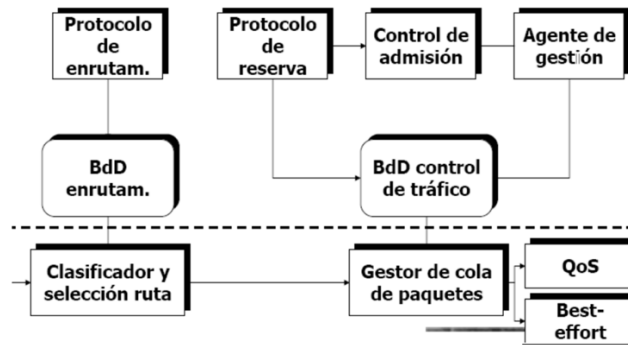
Para proporcionar transporte y gestionar la congestión con calidad de servicio, se emplea las siguientes funciones mostradas en la figura 5.

---

<sup>13</sup> Recuperado de:

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

<sup>14</sup> Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan; “A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model”; Universidad de Wisconsin-Madison; pdf



**Figura 5: IntServ**

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)

### 2.5.1.3 DiffServ <sup>15</sup>

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 a el Per-Hop-behaviour (PHB) asociado con el DSCP.

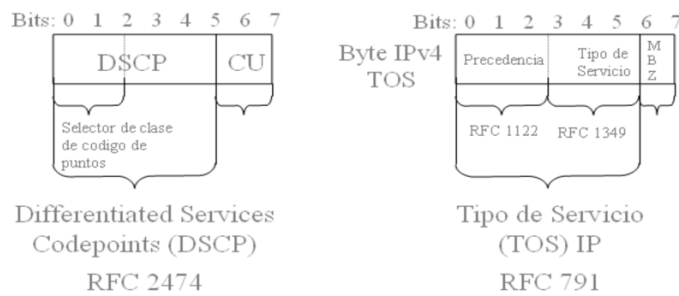
Cuando se utiliza DiffServ, la información de estado dentro de la red está limitada por el número de clases en lugar del número de secuencias (como con IntServ). Esto asegura la escalabilidad de DiffServ.

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 dominio DiffServ.

---

<sup>15</sup> Recogido de: <http://referaat.cs.utwente.nl/conference/6/paper/6836/qos-support-using-diffserv.pdf>

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 fronterizos no son tan rápidos no es un problema, los enlaces de límite son la mayoría de las veces mucho más lentos que los nodos internos, dándoles suficiente tiempo para condicionar el tráfico entrante.



**Figura 6: Cabecera DSCP**

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

### 2.5.2 Clasificación y marcado de tráfico <sup>17</sup>

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)

<sup>17</sup> Recuperado de: Recogido de: [http://www.routeralley.com/guides/qos\\_classification.pdf](http://www.routeralley.com/guides/qos_classification.pdf)

- 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.

### 2.5.2.1 Marcado de la capa 2<sup>18</sup>

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

---

<sup>18</sup> Recuperado de: [http://www.routeralley.com/guides/qos\\_classification.pdf](http://www.routeralley.com/guides/qos_classification.pdf)

el etiquetado de trama VLAN 802.1Q. El campo CoS proporciona 8 valores de prioridad:

Type	Decimal	Binary	General Application
<b>Routine</b>	0	000	<i>Best effort</i> forwarding
<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

**Tabla 2: Valores de prioridad del campo CoS.**

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.

### 2.5.2.2 Marcado de la capa 3<sup>19</sup>

La marcación de capa 3 se realiza mediante el campo ToS de 8 bits, parte del encabezado IP. Una marca en este campo permanecerá sin cambios a

---

<sup>19</sup> Recuperado de: [http://www.routeralley.com/guides/qos\\_classification.pdf](http://www.routeralley.com/guides/qos_classification.pdf)

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.

### **2.5.3 Mecanismos de QoS para administrar y evitar la congestión de la red<sup>20</sup>**

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

---

<sup>20</sup> Recuperado de: [http://www.routeralley.com/guides/qos\\_queuing.pdf](http://www.routeralley.com/guides/qos_queuing.pdf)

de congestión. Esto se conoce como detección temprana aleatoria ponderada WRED.

### 2.5.3.1 Encolamiento por prioridad (*PQ- Priority Queuing*)<sup>21</sup>

*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.

### 2.5.3.2 Encolamiento por espera equitativa ponderada (*WFQ - Weighted Fair Queuing*)<sup>22</sup>

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:

---

<sup>21</sup> Recuperado de: [http://www.routeralley.com/guides/qos\\_queuing.pdf](http://www.routeralley.com/guides/qos_queuing.pdf)

<sup>22</sup> Recuperado de: [http://www.routeralley.com/guides/qos\\_queuing.pdf](http://www.routeralley.com/guides/qos_queuing.pdf)

- 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.

### **2.5.3.3 Encolamiento por espera equitativa ponderada basado en clases (CBWFQ –Class Based Weighted Fair Queuing)<sup>23</sup>**

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

---

<sup>23</sup> Recuperado de: [http://www.routeralley.com/guides/qos\\_queuing.pdf](http://www.routeralley.com/guides/qos_queuing.pdf)

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.

#### **2.5.3.4 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.

## **2.6 Telefonía IP <sup>24</sup>**

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

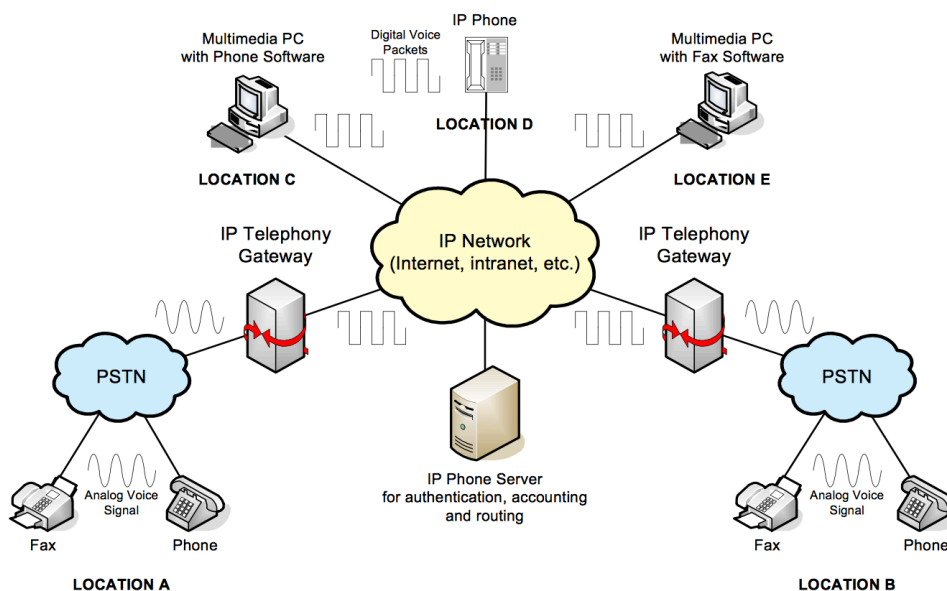
---

<sup>24</sup> Recuperado de: <http://iep-sa.org/wp-content/uploads/2015/11/IP-Telephony-An-Introduction.pdf>

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 7: Elementos de telefonía IP**

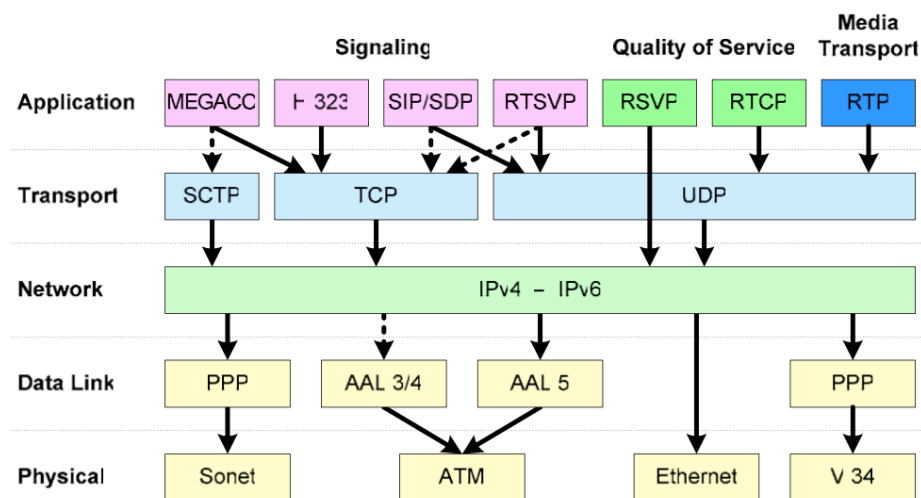
Fuente: <http://iep-sa.org/wp-content/uploads/2015/11/IP-Telephony-An-Introduction.pdf>

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.

### 2.6.1 Arquitectura de la telefonía IP<sup>25</sup>

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.



**Figura 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

<sup>25</sup> Recuperado de: <http://iep-sa.org/wp-content/uploads/2015/11/IP-Telephony-An-Introduction.pdf>

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.

### 2.6.2 PROTOCOLO SIP.<sup>26</sup>

SIP es un protocolo 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.

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.

#### 2.6.2.1 ARQUITECTURA SIP<sup>27</sup>

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.

---

<sup>26</sup> Recuperado de: <http://iep-sa.org/wp-content/uploads/2015/11/IP-Telephony-An-Introduction.pdf>

<sup>27</sup> Link: <http://elastixtech.com/protocolo-sip>

- **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 a parte 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.

### 2.6.3 Seguridad SIP, TLS, SRTP<sup>29</sup>

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.

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.

---

<sup>29</sup> Recogido de [http://www.open-voip.org/index.php?title=SIP\\_Security\\_TLS\\_%26\\_SRTP](http://www.open-voip.org/index.php?title=SIP_Security_TLS_%26_SRTP)

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 SDES, la clave de cifrado se intercambia en la descripción de la sesión (SDP), similar a la negociación del códec. Al usar SDES, algunos clientes SIP le dan la opción de configuración para utilizar SRTP (con SDES) 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: URI, 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).

### **CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED DISPONIBLE EN LA INSTITUCIÓN FINANCIERA**

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.

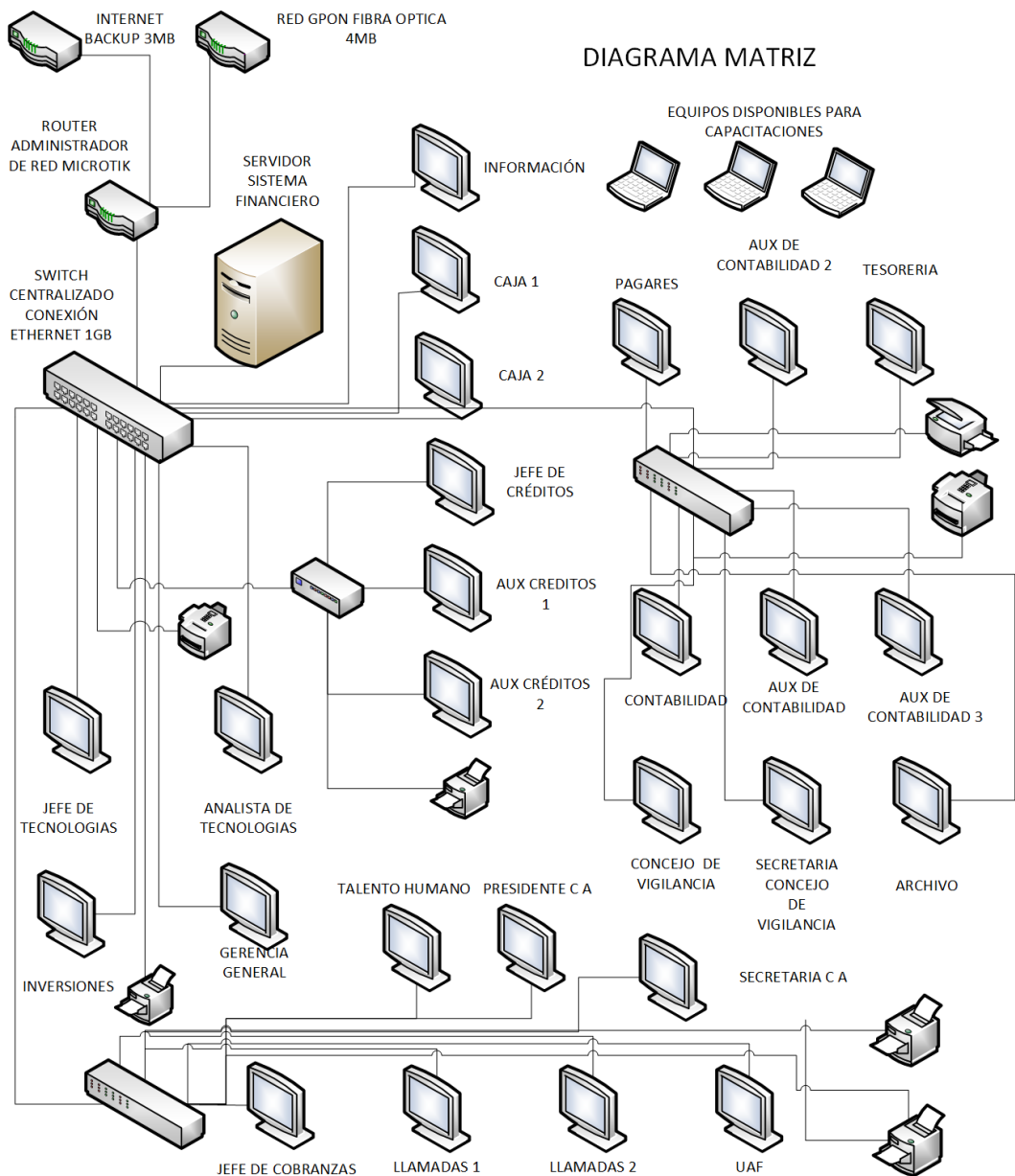
Cada sucursal tiene un promedio de 6 trabajadores que desempeñan diversas funciones en los siguientes cargos como cobranzas, préstamos, inversiones, talento humano, contabilidad y cajas. De esta manera el total de trabajadores en la institución financiera es de 54.

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 recomiende 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.

### 3.1 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.

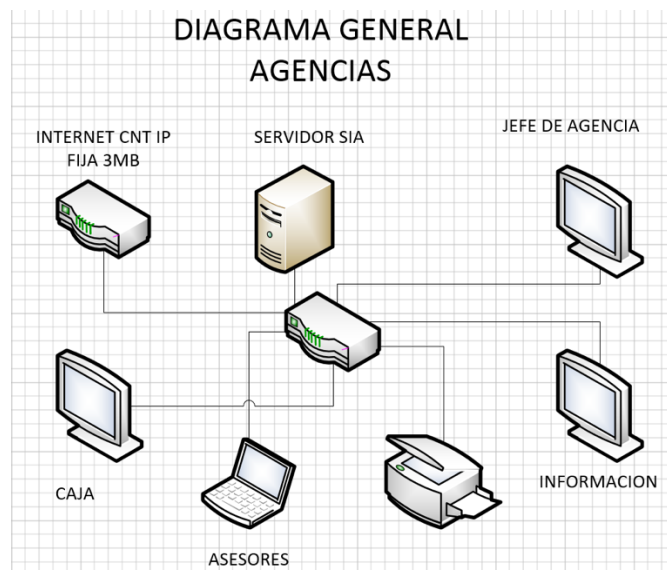


**Figura 9: Infraestructura de red de datos Institución Financiera**  
Fuente: Administrador de redes de la Institución Financiera

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 10: Diagrama general de red Agencias**

*Fuente: Administrador de redes de la Institución Financiera*

### 3.2 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 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:

### 3.3 Nombres de Dominio y direcciones IP

La red actual de la institución financiera tiene mediante DHCP las siguientes 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
JEFECREDITOS	ETHERNET	192.168.0.24
AUXCREDITOS	ETHERNET	192.168.0.25
AUXCREDITOS2	ETHERNET	192.168.0.26
SECRETARIA GERENCIA	ETHERNET	192.168.0.27
INVERSIONES	ETHERNET	192.168.0.28
GERENCIA	ETHERNET	192.168.0.29
SISTEMAS	WIFI	192.168.0.30
CONTABILIDAD	WIFI	192.168.0.35
AUXCONTABLE1	ETHERNET	192.168.0.36
AUXCONTABLE2	ETHERNET	192.168.0.37
AUXCONTABLE3	WIFI	192.168.0.38
ARCHIVO	ETHERNET	192.168.0.39
TESORERIA	WIFI	192.168.0.40
AUDITORIA INTERNA	WIFI	192.168.0.41
CONSEJO DE VIGILANCIA	WIFI	192.168.0.42
SECRE CONSEJO VIGI	WIFI	192.168.0.43
MAC ALCIDES	WIFI	192.168.0.44
TALENTO HUMANO	WIFI	192.168.0.51
CONSEJO DE ADMIN	WIFI	192.168.0.52
SECRE CONSEJO ADMIN	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	

*Tabla N° 3 Asignación actual de direcciones IP.  
Realizado por: El investigador*

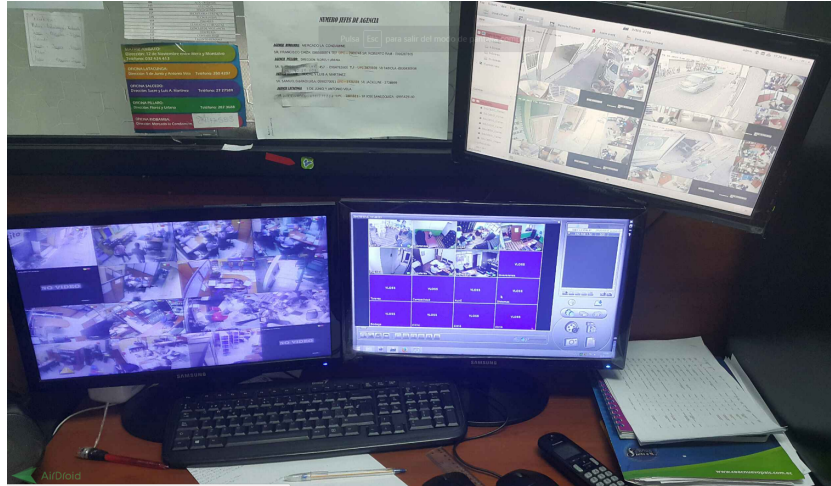
### **3.4 Equipos terminales**

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 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 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 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:

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

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

*Realizado por: El investigador*

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

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

*Tabla N° 5 Equipos de la red de datos Agencias  
Realizado por: El investigador*

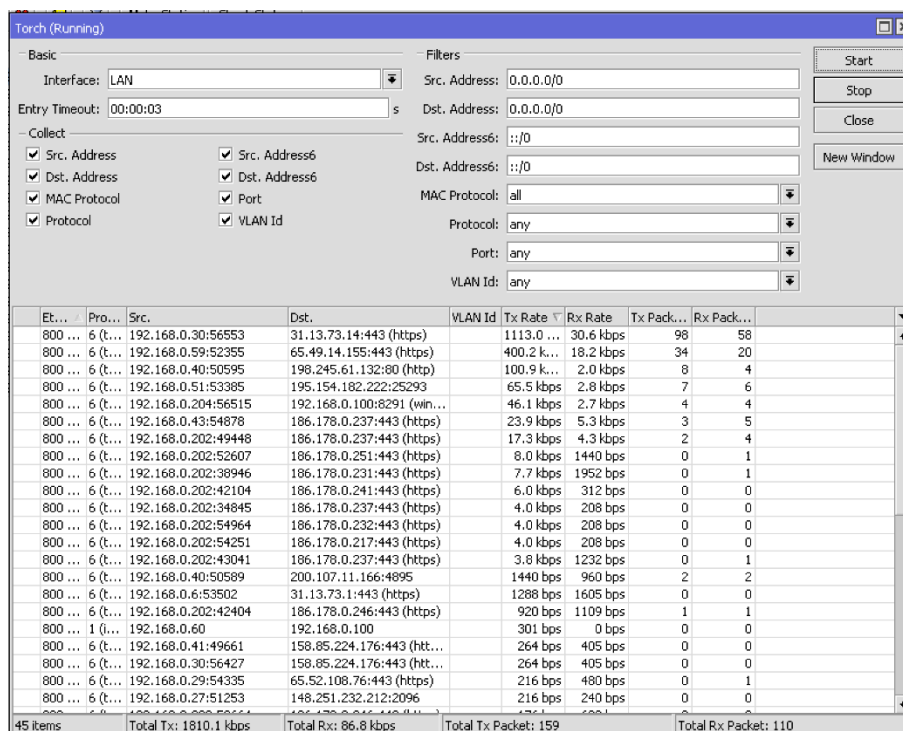
### 3.5 Administración de red

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 15: Torch como herramienta de monitoreo**  
Realizado por: El investigador

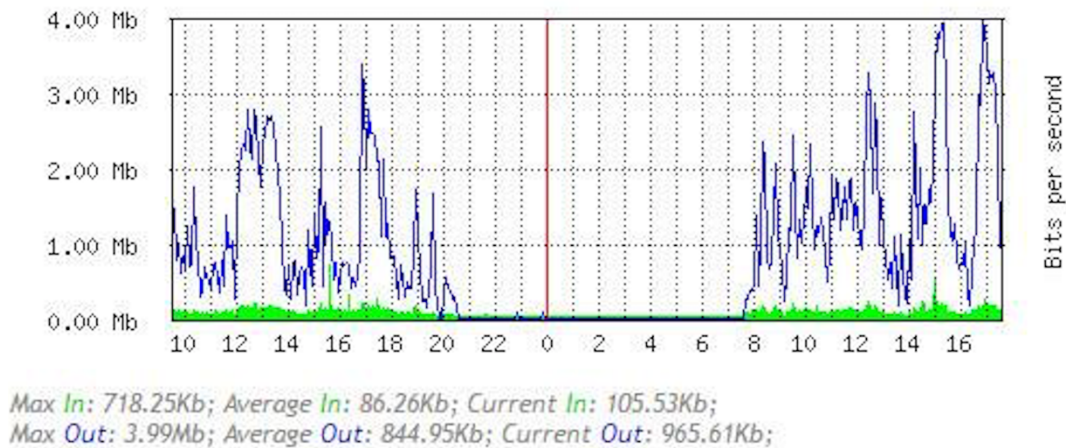
### 3.6 Análisis de tráfico de datos

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 herramientas 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.

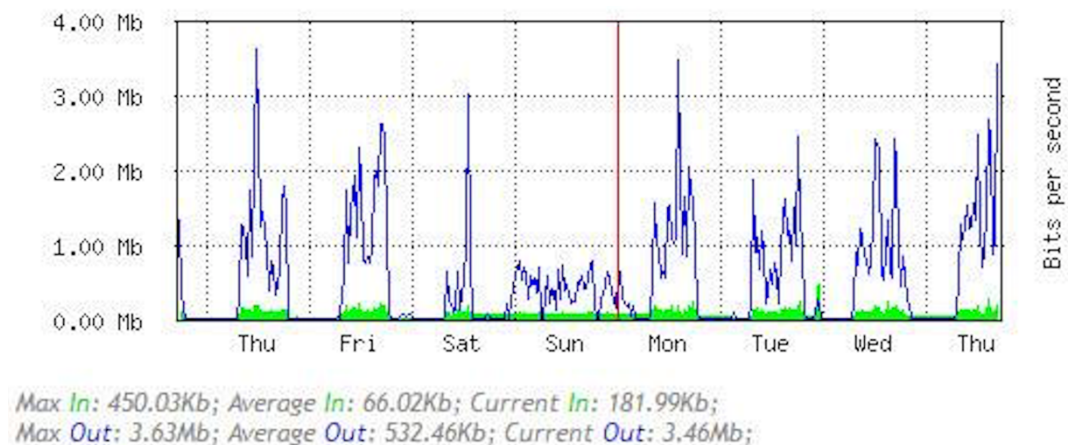


**Figura 16: Medición del tráfico de datos por día**

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 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<sup>30</sup>, 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.

### **3.7 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.

---

<sup>30</sup> Red Telefónica Pública Conmutada (Red Telefónica de CNT)

## CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA RED CONVERGENTE

La institución financiera tiene por objetivo consolidarse en sus objetivos de crecimiento y fortalecimiento económico, para brindar y extender sus servicios financieros con mayor calidad, solvencia y rapidez.

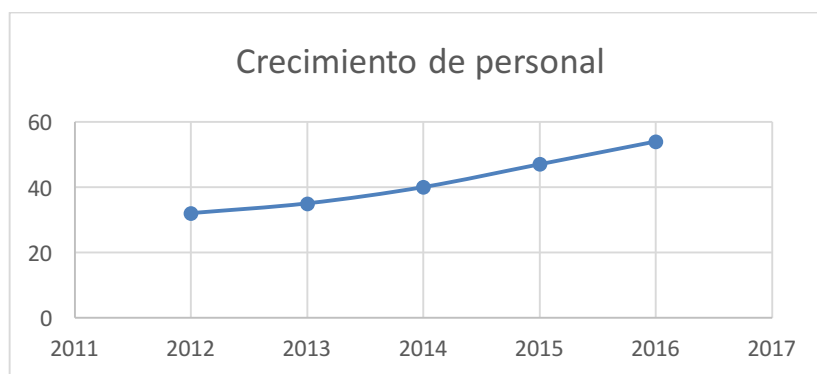
Actualmente no ofrece servicios de cajero automático o transferencias bancarias directamente. Es por este motivo que requiere de una red convergente que pueda extender sus servicios y mejorar su control sobre la información que debe ser transferida entre sus sucursales y entidades financieras externas considerando su proyección de crecimiento a 5 años.

En la tabla 6, se puede observar datos históricos respecto del número de personas por año trabajando en la institución financiera considerando todas las agencias y la matriz.

Año	Personal	Incremento RRHH
2012	32	-
2013	35	3
2014	40	5
2015	47	7
2016	54	7

*Tabla N° 6 Número de personal de los últimos 5 años  
Realizado por: El investigador*

Graficando los datos de la tabla, da como resultado la figura 18.



*Figura 18: Crecimiento del personal de la institución*

*Fuente: Talento Humano Institución Financiera*

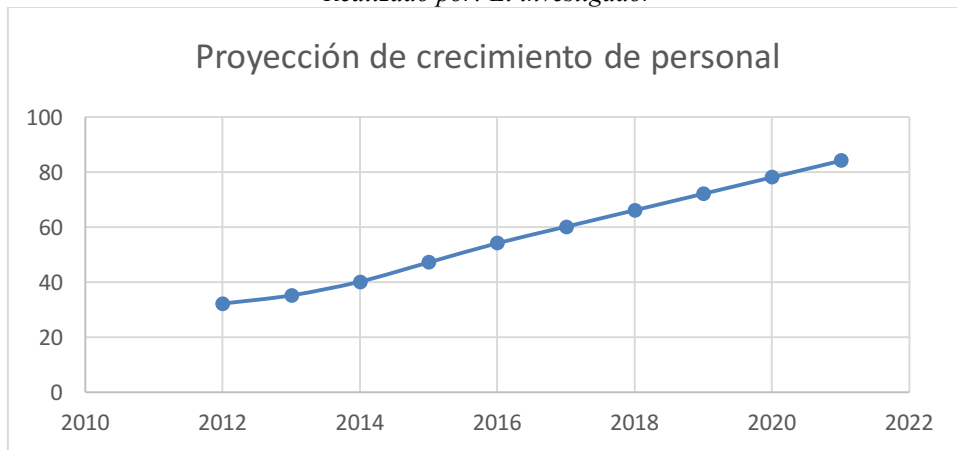
Como conclusión de los datos consultados de la institución financiera, se tiene un incremento promedio de 6 personas por año.

Proyectando el incremento de personal para los próximos 5 años se tiene la siguiente tabla:

Año	Personal
2013	35
2014	40
2015	47
2016	54
2017	60
2018	66
2019	72
2020	78
2021	84

**Tabla 7: Proyección del crecimiento del personal a 5 años.**

*Realizado por: El investigador*



**Figura 19: Proyección del crecimiento del personal a 5 años.**

*Realizado por: El investigador*

Según los datos analizados se tiene un porcentaje global de incremento de personal para los próximos 5 años de un 55% de las 54 personas trabajando actualmente, siendo este porcentaje un factor importante para el dimensionamiento de la red.

A continuación se realizará un estudio del ancho de banda requerido para que todo el tráfico pueda cursar por la red y no exista ningún tipo de problemas como congestión, latencia o jitter, problemas muy comunes que afectan especialmente en telefonía IP, debido a que utilizan protocolos como RTP (protocolo en tiempo real), es por este motivo que se debe reservar cierto ancho de banda para la transmisión de voz.

#### **4.1 Ancho de Banda**

##### **4.1.1. Cálculo de ancho de banda para las cámaras IP**

Para este cálculo se consideran cámaras de alta definición y DVR's, marca EPCOM, de 1 MP/720P (1280x720) actualmente ya instaladas en cada una de las sedes de la cooperativa.

En la actualidad existen 8 cámaras conectadas a un DVR en cada sucursal, y, considerando el factor de incremento anteriormente determinado, daría como resultado  $8 \times 0,55 = 4.4$ , significa que en los próximos 5 años se tendría las 8 cámaras actuales más 4 cámaras de incremento por sucursal. El análisis anterior implica que para proyectar el tráfico a 5 años, se definirá un DVR de 16 canales y 12 cámaras para cada sucursal.

El ancho de banda de un DVR puede variar dependiendo de varios factores como son la tasa de bit, resolución, tipo de codificador, etc. Para que sea más sencillo este análisis se considerarán dos tipos de flujos, flujo principal (*Main Stream*) y flujo secundario (*Sub Stream*). La función de main stream y sub stream permiten configurar 2 grupos de parámetros de transmisión de video independientes. La función main stream permite aprovechar al máximo la capacidad de grabación de la DVR utilizando una buena resolución para grabación, y la función sub stream utiliza parámetros más ligeros para transmisión remota. El DVR procesa ambos flujos simultáneamente.

En la figura 20 se presenta la medición actual de ancho de banda igual a 2.8 Mbps del DVR de 16 canales, seleccionando la transmisión como sub stream.



**Figura 20: Ancho de banda de DVR 16 canales flujo secundario**

Fuente: Administrador de red

En la figura 21 se presenta la medición actual de ancho de banda igual a 17 Mbps del DVR de 16 canales, seleccionando la transmisión como *main stream*.



**Figura 21: Ancho de banda de DVR 16 canales flujo primario**

Obtenido en: Plataforma web para acceso de las cámaras

En la figura 22 se presenta la medición actual de ancho de banda igual a 8.1 Mbps del DRV de 16 canales, seleccionando la transmisión de las cámaras principales como *main stream* y de las cámaras internas de la oficina como *sub stream*.



**Figura 22: Ancho de banda de DVR 16 canales flujo primario y secundario**

*Obtenido en : Plataforma web para acceso de las cámaras*

Como se indicó anteriormente, para la transmisión de video vigilancia remota se utiliza el flujo secundario (*sub stream*), por el bajo ancho de banda que utiliza para la transmisión.

Por lo tanto, de acuerdo a la medición del ancho de banda de la figura 20, que utiliza el flujo secundario (*sub stream*) sería de 2.8 Mbps por cada DVR de cada agencia de la institución financiera.

El servicio de video vigilancia tiene 2 objetivos, el primero es para la seguridad de la institución financiera y el segundo es para el control de desempeño de los trabajadores, Por este motivo es que el gerente solicitó en su oficina que en el presente proyecto se contemple el monitoreo constante de las cámaras de las agencias. Lo que conlleva a un tráfico de entrada de 11.2 Mbps para video vigilancia de todas las agencias hacia la matriz.

Si bien la medición de ancho de banda se hizo para el caso de 16 cámaras, y, en la proyección resultó 12 cámaras, es procedente utilizar esta medición con el fin de manejar valores muy justos de ancho de banda.

#### 4.1.2. Cálculo de ancho de banda para la telefonía IP

Para el cálculo del ancho de banda para la telefonía IP, se debe tomar las siguientes consideraciones:

- Códex de voz.- Los códec son los encargados de convertir la voz en información digital, adaptando la señal para ser transmitida por la red. Existen múltiples formas de transformar la voz para ser transmitida, y es por eso que existen distintos códec. En la siguiente tabla se presenta los distintos códec con su respectivo ancho de banda.

Información de códec				Cálculos de ancho de banda					
Velocidad de bits y códec (kbps)	Ejemplo de tamaño del códec (bytes)	Ejemplo de intervalo del códec (ms)	Mean Opinion Score (MOS)	Tamaño de la carga útil de voz (bytes)	Tamaño de la carga útil de voz (ms)	Paquetes por segundo (PPS)	Ancho de banda MP o FRF.12 (kbps)	Ancho de banda c/cRTP MP o FRF.12 (kbps)	Ancho de banda Ethernet (kbps)
G.711 (64 kbps)	80 bytes	10 ms	4,1	160 bytes	20 ms	50	82,8 kbps	67,6 kbps	87,2 kbps
G.729 (8 kbps)	10 bytes	10 ms	3,92	20 bytes	20 ms	50	26,8 kbps	11,6 kbps	31,2 kbps
G.723.1 (6.3 kbps)	24 bytes	30 ms	3,9	24 bytes	30 ms	34	18,9 kbps	8,8 kbps	21,9 kbps
G.723.1 (5.3 kbps)	20 bytes	30 ms	3,8	20 bytes	30 ms	34	17,9 kbps	7,7 kbps	20,8 kbps
G.726 (32 kbps)	20 bytes	5 ms	3,85	80 bytes	20 ms	50	50,8 kbps	35,6 kbps	55,2 kbps
G.726 (24 kbps)	15 bytes	5 ms		60 bytes	20 ms	50	42,8 kbps	27,6 kbps	47,2 kbps
G.728 (16 kbps)	10 bytes	5 ms	3,61	60 bytes	30 ms	34	28,5 kbps	18,4 kbps	31,5 kbps

**Tabla 8: Códec para telefonía IP.**

Obtenido en: [http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295\\_bwidth\\_consume.html](http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295_bwidth_consume.html)

De todas las alternativas mostradas en la tabla, los códec con mejor calidad de voz son G.711 y G.729 de acuerdo a la columna MOS (*Mean Opinion Score*), el cual es

un sistema que clasifica la calidad de la voz de las conexiones telefónicas. No es más que una calificación de la calidad de voz, tomando en cuenta que 5 es excelente y 1 es muy mala.

Si se considera entre las dos alternativas con mejor calidad de voz, de debe analizar también cual consume menos ancho de banda, en este aspecto el códec G729 consume 31.2 Kbps con relación al códec G.711 que consume 87.2 kbps. Para el diseño de este proyecto se escogerá el códec G.729<sup>31</sup>, debido a que es optimizado estrictamente para servicio de Voz sobre IP manteniendo una alta calidad de audio con relación a su ancho de banda.

- Protocolo de capa 2.- Ethernet será el protocolo de comunicación a nivel capa 2 porque la conexión de los teléfonos IP se lo realiza por esta interface.

Cálculo:

- Para el G.729 una trama de voz dura 10 ms <sup>32</sup>, además éste códec genera una velocidad de transmisión de 8 kbps para enviar una llamada de voz. Por lo tanto:

$$8 \text{ kbps} \times 10 \text{ ms} = 80 \text{ bits por trama}$$

- De acuerdo a la tabla, el tamaño de la carga útil de voz es 20 bytes.
- Número de paquetes por segundo para sostener el flujo de bits generados por el códec.
  - Cada paquete transportará 160 bits de voz
  - $8000 \text{ bps} / (160 \text{ bits/paquete}) = 50 \text{ paquetes por segundo}$ .

Ethernet tiene en total 18 bytes, IP 20 bytes, UDP 8 bytes, RTP 12 bytes, voz 20 bytes, quedando de la siguiente manera.

Ethernet	+	IP	+	UDP	+	RTP	+	voz
18 bytes		20 bytes		8 bytes		12 bytes		+ 20 bytes

---

<sup>31</sup> Recommendation G.729: “Coding of speech at 8 kbits using Conjugate- Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction (CS-ACELP)”, ITU-T, Jan 2007

<sup>32</sup> De acuerdo a tabla de Información de Códec del siguiente link:  
[http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295\\_bwidth\\_consume.html](http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295_bwidth_consume.html)

Sumando los valores anteriores da como resultado 78 bytes por paquete.

Considerando el cálculo de paquetes por segundo se obtendría:

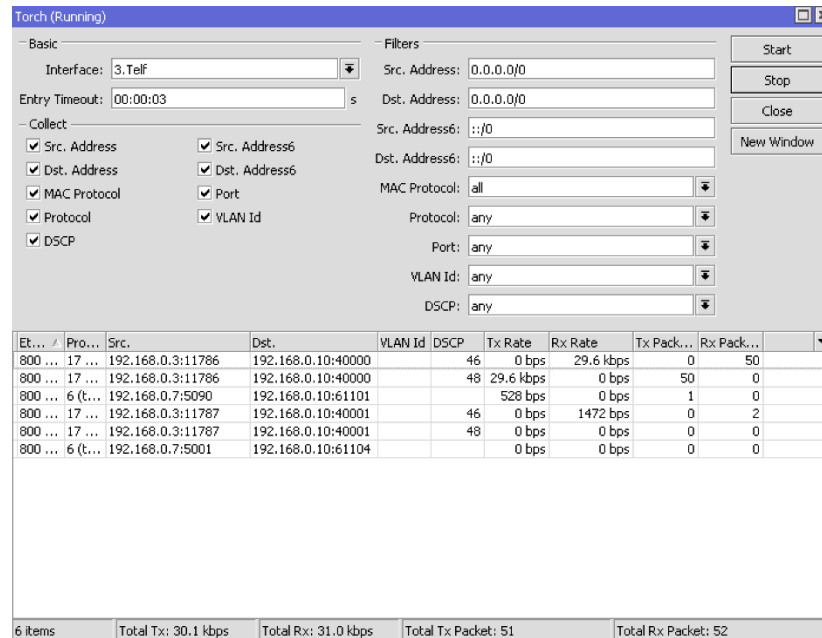
$$50 \text{ paquetes por segundo} \times 78 \text{ bytes/paquete} = 3900 \text{ bytes por segundo}$$

$$3900 \text{ bytes/s} = 3900 \times 8 \text{ bits/s} = 31200 \text{ bps}$$

Ancho de banda de la llamada unidireccional es de 31.2 kbps

Por lo tanto, para una llamada completa  $31.2 \text{ kbps} \times 2 = 62.4 \text{ kbps}$ .

En la figura 23, se presenta la captura de pantalla de una llamada entre un teléfono IP y el computador para demostrar los cálculos realizados anteriormente. En la barra inferior se aprecia que el total de información transmitida es igual a 30.1 kbps y el total información receptada es igual a 31.0 kbps.



**Figura 23: Ancho de banda entre teléfono IP y computador.**

Obtenido en : Winbox Mikrotik

Se ha considerado para el presente proyecto un total de 4 extensiones por sucursal de acuerdo a los requerimientos del personal operativo actual, y proyectándose a 5 años se considera el factor de incremento calculado en la introducción del capítulo cuatro, dando como resultado  $4 \times 0,55 = 2,2$  extensiones adicionales. Por lo tanto se dimensionará para 6 extensiones por agencia. Si se

considera una estimación aproximada de 70% de llamadas simultáneas, esto da como resultado 4 llamadas simultáneas por sucursal. Es decir  $4 \times 62.4 \text{ kbps} = 249.6 \text{ kbps}$

Para el caso de la matriz (Ambato), en el diseño del proyecto se considerará 22 extensiones requeridas y el índice de crecimiento de  $0,55 \times 22 = 12,1$  extensiones adicionales; Por lo tanto se dimensionará para 34 extensiones.

El total de extensiones entre las agencias de la institución financiera y la matriz, da como resultado 58 extensiones.

Como una estimación se puede considerar al 70% del total de extensiones que realicen llamadas simultáneas, lo que da como resultado 40 llamadas simultáneas. El ancho de banda requerido para las llamadas simultáneas sería:  $40 \times 62.4 \text{ kbps} = 2496 \text{ kbps} = 2.496 \text{ Mbps}$ .

#### 4.1.3. Ancho de banda mínimo para transmisión de datos

Considerando las mediciones obtenidas en el capítulo 3, figura 23, se observó que en horas pico el tráfico de datos y demás servicios habilitados actualmente llega a los 3.63 Mbps. El tráfico proyectado a los 5 años resultaría:

$3.63 \text{ Mbps} \times 0,55 = 2 \text{ Mbps}$  adicional. Esto significa que 2 Mbps se adiciona al tráfico actual, dando como resultado  $3.63 \text{ Mbps} + 2 \text{ Mbps} = 5.63 \text{ Mbps}$

ANCHO DE BANDA (Mbps) por sucursal			
Cámaras IP	Telefonía IP	Datos	Total
2.8 Mbps	0.25 Mbps	5.63 Mbps	18.2 Mbps

**Tabla N°9: Ancho de Banda requerido por sucursal.**  
Realizado por: El investigador

Considerando una estimación de un índice de simultaneidad del 70% para el tráfico de datos, se obtendría  $5.63 \text{ Mbps} \times 0,7 = 3,94 \text{ Mbps}$ .

A continuación, se consolidará a todo el tráfico de las sucursales para identificar el requerimiento del enlace principal que correspondería hacia la matriz.

ANCHO DE BANDA (Mbps)				
Sucursal	Cámaras IP	Telefonía IP	Datos	Total
<b>Latacunga</b>	2.8 Mbps	0.25 Mbps	3.94 Mbps	7 Mbps
<b>Salcedo</b>	2.8 Mbps	0.25 Mbps	3.94 Mbps	7 Mbps
<b>Píllaro</b>	2.8 Mbps	0.25 Mbps	3.94 Mbps	7 Mbps
<b>Riobamba</b>	2.8 Mbps	0.25 Mbps	3.94 Mbps	7 Mbps
<b>Total</b>	11.2 Mbps	1,00 Mbps	15.76 Mbps	28 Mbps

*Tabla N° 10: Ancho de Banda requerido para el enlace principal.  
Realizado por: El investigador*

Como se puede apreciar de acuerdo a los cálculos realizados en las dos tablas anteriores, para satisfacer los requerimientos de la entidad financiera es necesario tener un radio enlace para cada sucursal de al menos 7 Mbps. Y el enlace principal debe ser de al menos 30 Mbps que proporcione robustamente la transferencia mínima de cada sucursal hacia la matriz y viceversa, solventando así la necesidad de crecimiento y escalabilidad para que la red no tenga ningún problema con su proyección a 5 años.

#### **4.2 Dimensionamiento de los enlaces**

Para la conectividad entre las distintas oficinas situadas en sus respectivas ciudades, se ha consultado los cerros y colinas existentes en los sectores de interés, sus coordenadas geográficas y sus alturas, de tal forma que se localizará un sector y una vivienda con las mejores características de ubicación y altura. También se utilizaron cartas topográficas y un equipo móvil con GPS para verificar la información obtenida.

Las coordenadas para las estaciones de las sucursales de la entidad financiera fueron determinadas desde Google Earth, según la dirección y mapas de Google Maps, además en base a inspecciones realizadas en las ciudades, las alturas de las antenas fueron establecidas con la ayuda del software Radio Mobile, teniendo en cuenta las limitaciones de los sitios de instalación de los nodos.

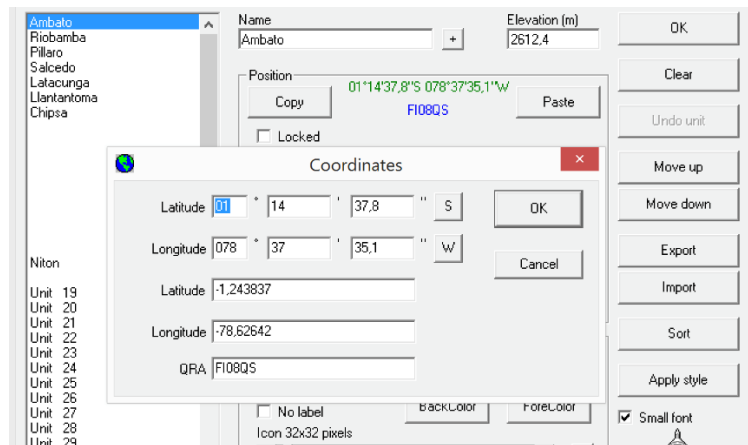
#### 4.2.1. Distribución de las Antenas y Radios

UBICACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Ins. Fin. Ambato	01°14'37,8'' S	78°37'35,1'' O	2612,4 m
Ins. Fin. Latacunga	00°55'57,2'' S	78°37'08,1'' O	2771,6 m
Ins. Fin Riobamba	01°40'26,6'' S	78°39'22,6'' O	2755,6 m
Ins. Fin. Salcedo	01°02'35,6'' S	78°35'11,6'' O	2654,4 m
Ins. Fin. Píllaro	01°10'25,5'' S	78°32'35,0'' O	2797,6 m
Cerro Llantantoma	01°09'17,2'' S	78°39'58,0'' O	4107,9 m
Cerro Chipsa	01°30'32,7'' S	78°35'05,2'' O	3848,9 m

*Tabla N° 11: Latitud, longitud y altitud de las estaciones para radio enlace.  
Realizado por: El investigador*

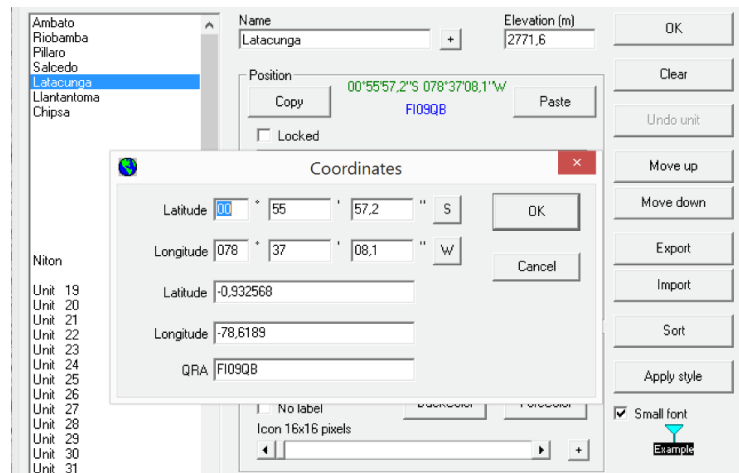
Los datos recolectados en la tabla anterior son ingresados en el software Radio Mobile.

- Propiedades y coordenadas de la Institución Financiera en la ciudad de Ambato.



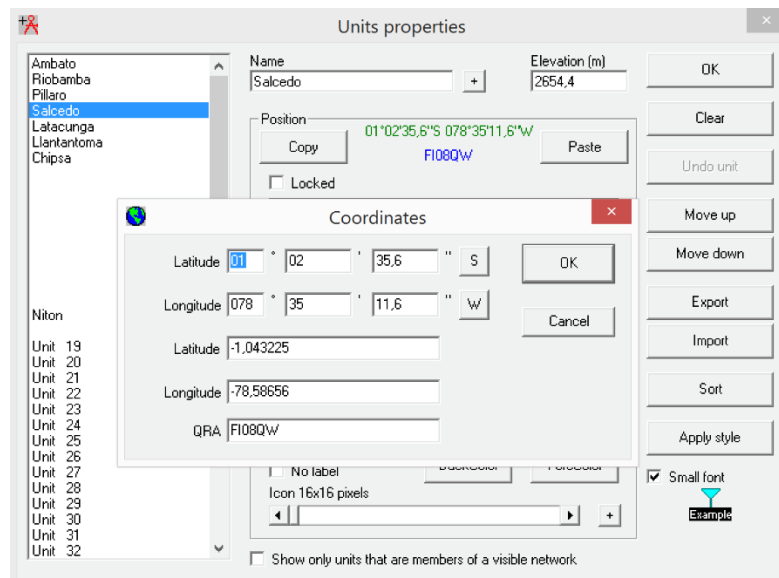
*Figura 24: Propiedades de la estación en Ambato.  
Obtenido: Simulador Radio Mobile*

- Propiedades y coordenadas de la Institución Finaciera en la ciudad de Latacunga.



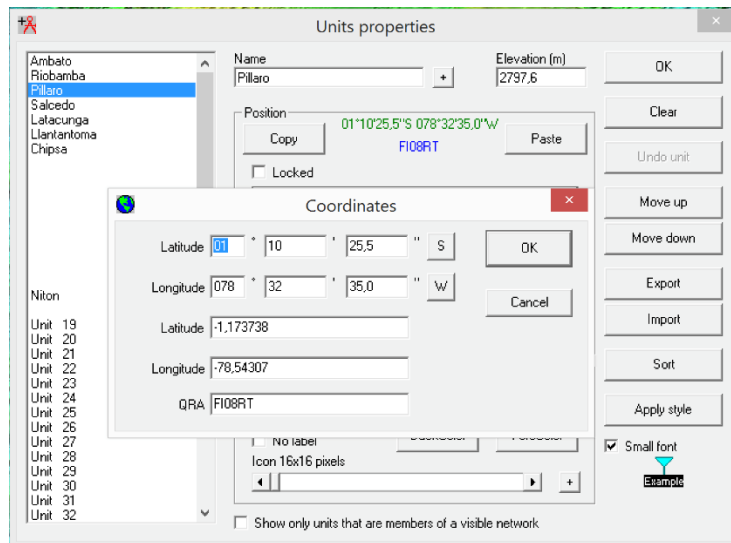
**Figura 25: Propiedades de la estación en Latacunga.**  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

- Propiedades y coordenadas de la Institución Finaciera en la ciudad de Salcedo.



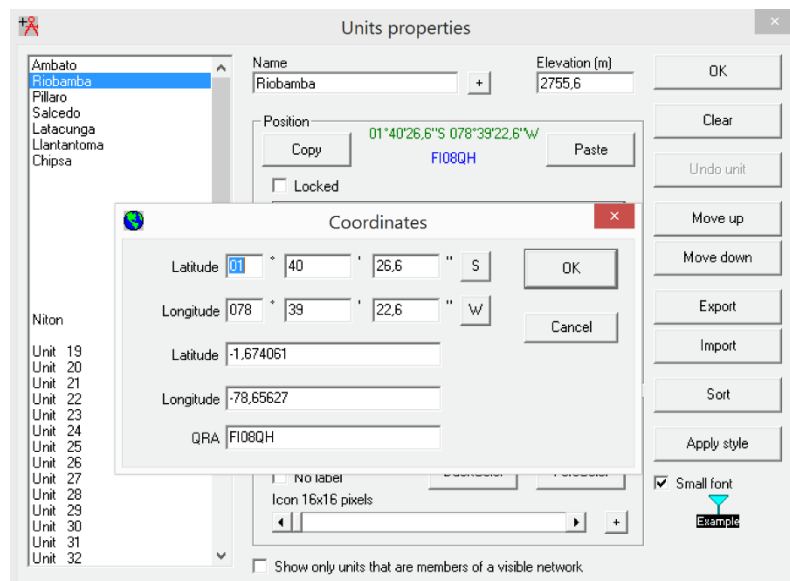
**Figura 26: Propiedades de la estación en Salcedo.**  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

- Propiedades y coordenadas de la Institución Finaciera en la ciudad de Pillaro.



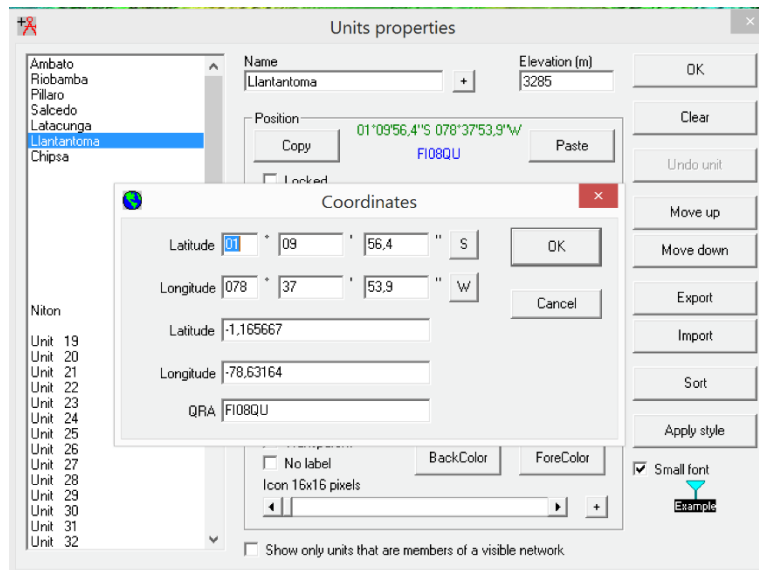
**Figura 27: Propiedades de la estación en Pillaro.**  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

- Propiedades y coordenadas de la Institución Finaciera en la ciudad de Riobamba.



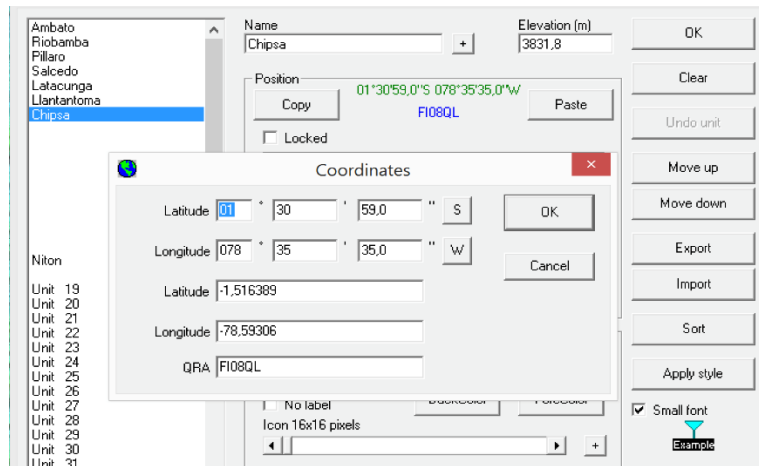
**Figura 28: Propiedades de la estación en Riobamba.**  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

- Propiedades y coordenadas del cerro Llantantoma.



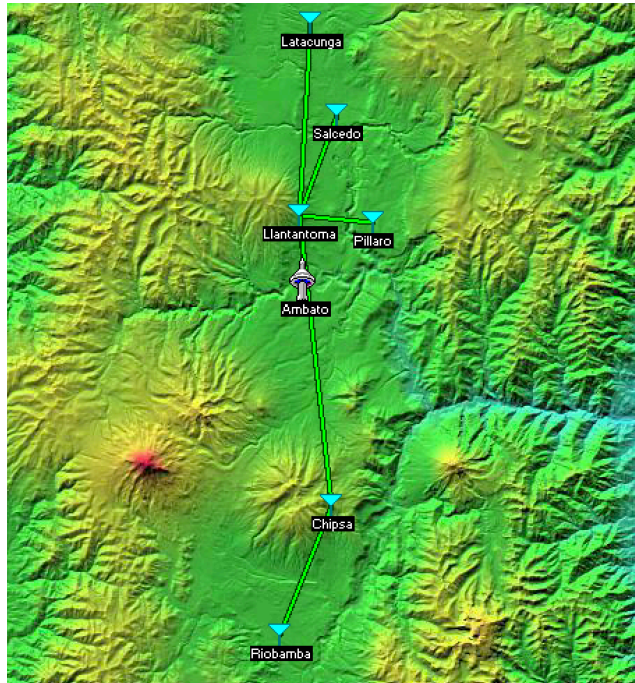
**Figura 29: Propiedades de la estación en el cerro Llantantoma.**  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

- Propiedades y coordenadas del cerro Chipsa.



**Figura 30: Propiedades de la estación en el cerro Chipsa.**  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

Los radio enlaces están distribuidos geográficamente como presenta la siguiente figura, teniendo como enlace principal Llantantoma – Ambato y del cerro Llantantoma se distribuye la red hacia todas las sucursales. Para el caso de Riobamba, es necesario colocar una repetidora en el cerro Chipsa debido a la distancia y porque no existe línea de vista.

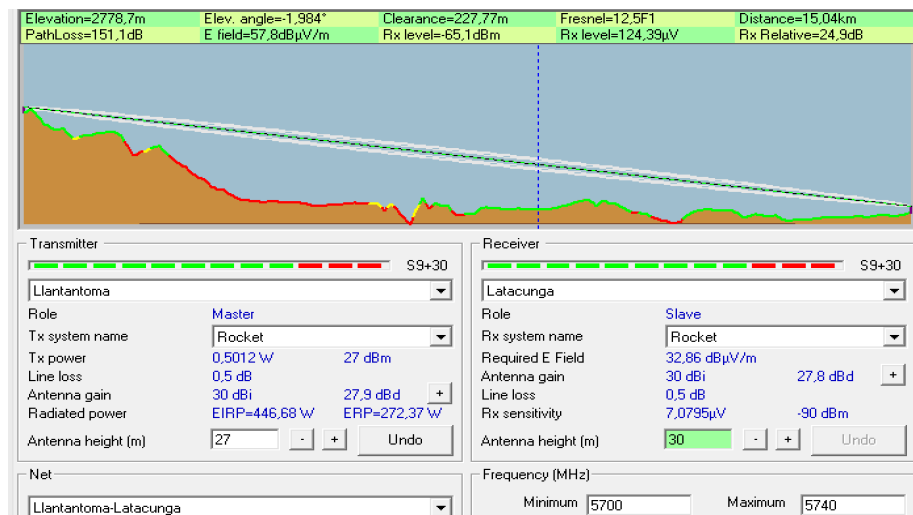


**Figura 31: Ubicación geográfica de las estaciones.**  
*Obtenido: Simulador Radio Mobile*

### 4.3 Simulación de los Enlaces

#### 4.3.1 Simulación radioenlace Cerro Llantantoma – Latacunga.

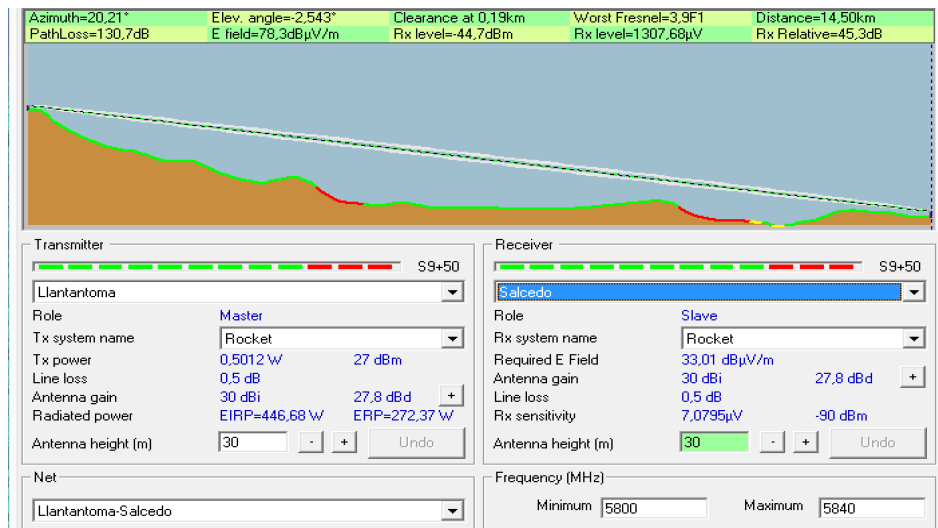
La figura 32 presenta la simulación del radioenlace desde el Cerro Llantantoma a Latacunga, con una distancia de 15 Km, y que tiene como resultado una muy buena recepción de la señal y con línea de vista sin obstáculos en la primera zona de Fresnel.



**Figura 32: Línea de vista, zona de Fresnel, enlace Llantantoma - Latacunga.**  
*Obtenido: Simulador Radio Mobile*

### 4.3.2 Simulación radioenlace Cerro Llantantoma – Salcedo.

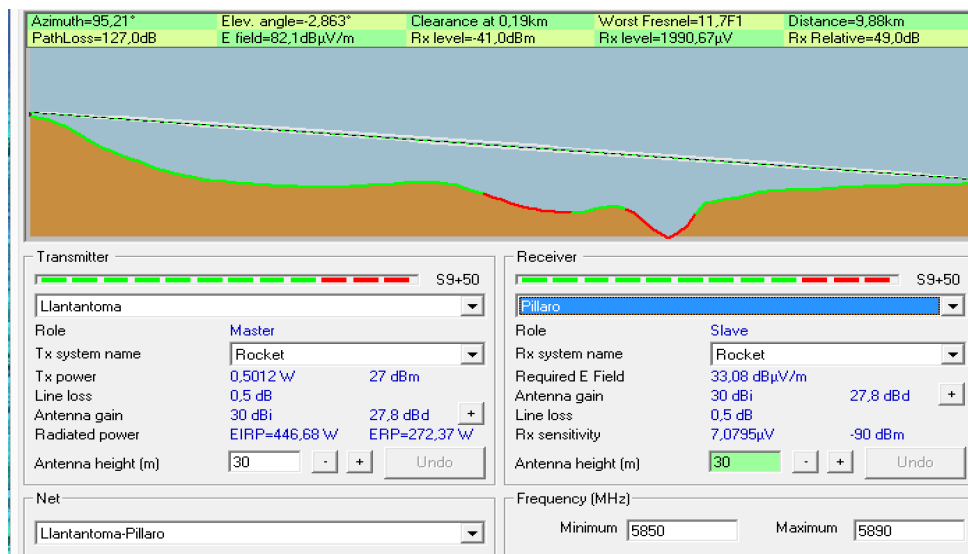
La figura 33 presenta la simulación del radioenlace desde el Cerro Llantantoma a Salcedo, con una distancia de 14,5 Km, y que tiene como resultado una muy buena recepción de la señal y con línea de vista sin obstáculos en la primera zona de Fresnel.



**Figura 33: Línea de vista, zona de fresnel, enlace Llantantoma - Salcedo.**  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

### 4.3.3 Simulación radioenlace Cerro Llantantoma – Pillaro

La figura 34 presenta la simulación del radioenlace desde el Cerro Llantantoma a Pillaro, con una distancia de 10 Km, y que tiene como resultado una muy buena recepción de la señal y con línea de vista sin obstáculos en la primera zona de Fresnel.



**Figura 34: Línea de vista, zona de fresnel, enlace Llantantoma - Pillaro.**  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

### 4.3.4 Simulación radioenlace Cerro Llantantoma – Ambato

La figura 35 presenta la simulación del radioenlace desde el Cerro Llantantoma a Ambato, con una distancia de 8,7 Km, y que tiene como resultado una muy buena recepción de la señal y con línea de vista sin obstáculos en la primera zona de Fresnel.

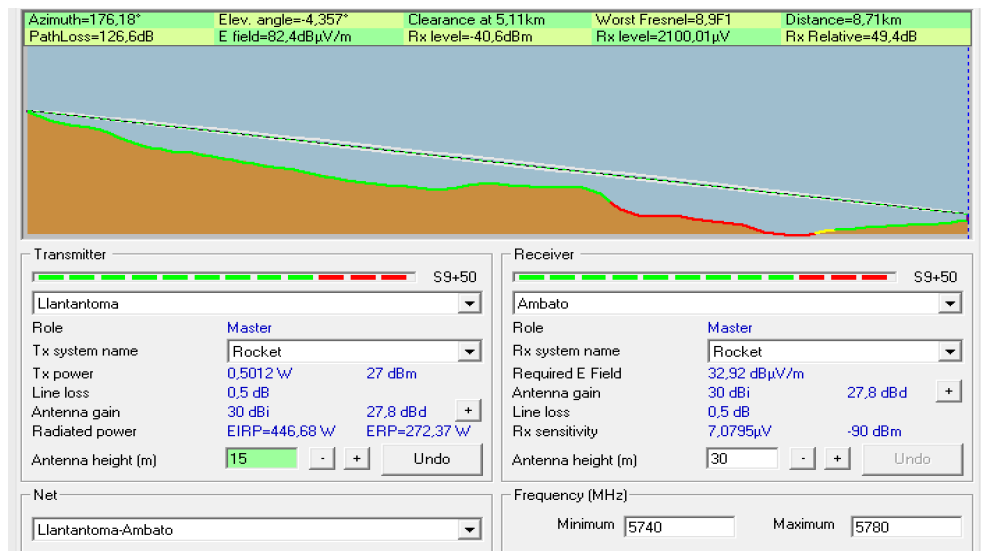


Figura 35: Línea de vista, zona de fresnel, enlace Llantantoma - Ambato.  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

### 4.3.5 Simulación radioenlace Cerro Llantantoma – Cerro Chipsa

La figura 36 presenta la simulación del radioenlace desde el Cerro Llantantoma al Cerro Chipsa, con una distancia de 39 Km, este enlace es necesario porque no existe línea de vista directa para la ciudad de Riobamba.

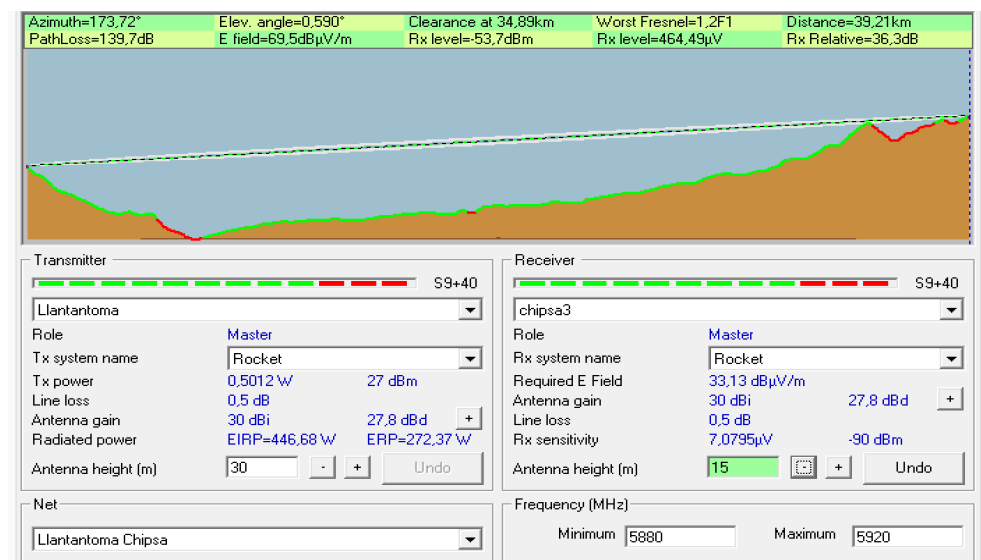
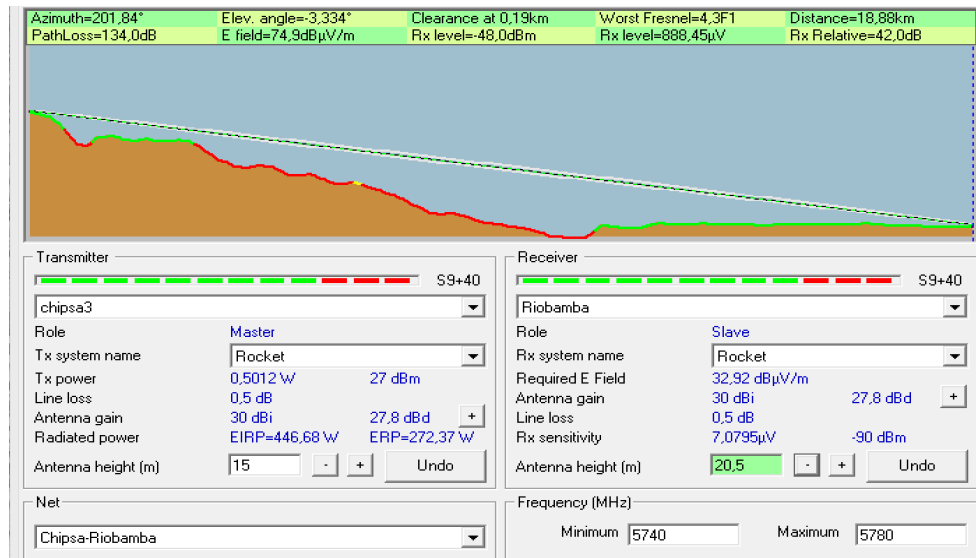


Figura 36: Línea de vista, zona de fresnel, enlace Llantantoma - Chipsa.  
Obtenido: Simulador Radio Mobile

### 4.3.6 Simulación radioenlace Cerro Chipsa – Riobamba

La figura 37 presenta la simulación del radioenlace desde el Cerro Chipsa hasta la ciudad de Riobamba, con una distancia de 18,8 Km, y que tiene como resultado una muy buena recepción de la señal y con línea de vista sin obstáculos en la primera zona de Fresnel.



*Figura 37: Línea de vista, zona de Fresnel, enlace Chipsa - Riobamba. Obtenido: Simulador Radio Mobile*

### 4.4 Equipos disponibles en el mercado

Para la selección de equipos se ha considerado al menos dos proveedores, Cambium Networks y Ubiquiti, debido a la disponibilidad en el mercado ecuatoriano y a la robustez que ofrecen.

Para realizar un análisis de los equipos de comunicación, es necesario primero ver los factores que intervienen para una previa clasificación, debido a que tenemos componentes especializados para cada tarea o trabajo, como por ejemplo: Usar una antena sectorial, o una direccional. Para nuestro caso, una antena sectorial no es una opción, sino que debemos buscar antenas direccionales y con una alta ganancia. A continuación es procedente revisar varios de los productos que serían aptos para el enlace de datos.

#### 4.4.1 UBIQUITI ROCKET M5



**Figura 38: Rocket M5**

Obtenido en: [https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM\\_DS.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM_DS.pdf)

Rocket es el radio base airMAX 2x2 MIMO<sup>33</sup>. Es resistente a los factores climáticos y cuenta con características de rendimiento de hasta 50 kilómetros con una velocidad de 150 Mbps reales. De acuerdo al fabricante su diseño tiene un buen funcionamiento tanto como radio base Multipunto, así como también punto a punto. Para el caso específico punto a punto es necesario acoplar la antena Rocket Dish que tiene una ganancia de 30 dBi.

**Especificaciones técnicas** (Para ver todas las especificaciones, revisar el anexo I):

Tipo procesador: Atheros MIPS 4KC, 400MHz

Memoria: 64MB SDRAM, 8MB Flash

Interfaz de red: 1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45)

Ganancia del transmisor: 27dBm máximo.

Sensibilidad del receptor: -96dBm máximo.

Antena: No tiene antena integrada.

Throughput: 150Mbps

Consumo máximo: 8W

Fuente alimentación: 24V, 1A (24 Watts).

---

<sup>33</sup> MIMO refiere el número de antenas de transmisión y recepción implicadas en el intercambio de señales wireless a través del canal de propagación o ruta wireless. Así, por ejemplo, 2x2 MIMO indica la disponibilidad de dos antenas emisoras y otras dos en el extremo receptor, el mínimo requerido por el draft 2.0 del estándar 802.11n.

Tipo de alimentación: POE (pairs 4,5+; 7,8 return)

Temperatura de trabajo: -30C to 75C

Peso: 0.5 kg

#### **4.4.2 CAMBIUM NETWORKS**

PTP 230 es un equipo diseñado para enlaces punto a punto que utiliza la banda de 5 GHz. Se lo puede gestionar por HTTP, Telnet, SNMP y Wireless Manager.

Es un equipo diseñado para comunicaciones con línea de vista y altas interferencias.

**Algunas especificaciones del PTP 230** *(Para ver todas las especificaciones ver anexo 2):*

- Banda de 5,4 GHz y 5,8 GHz
- Canales de 10 o 20 MHz. TDD.
- i-DFS
- Interface 10/100 BaseT (RJ-45)
- <7ms de latencia
- Modulación adaptativa QPSK y QAM
- Ganancia de la antena 10 dBi
- Sensibilidad hasta -89 dBm
- Encriptación 56-bit DES. FIPS197128-bitcifradoAES

Es una solución para las comunicaciones entre las agencias de una empresa a corta distancia.

#### **4.5 Selección de equipos**

A continuación se muestra un cuadro comparativo de los dos proveedores de soluciones de radioenlaces considerados para el presente proyecto.

CARACTERÍSTICA	CAMBIUM NETWORKS MODELO PTP 230	UBIQUITI MODELO ROCKET M5
Rango de operación	5.725(GHz) – 5.875 (GHz)	5470 (GHz) – 5825 (GHz)
Max. Throughput	50 Mbps LOS	150 Mbps LOS
Max. Alcance LOS	129 km	50 Km
Max. El consumo de energía	10 Watt	8 Watt
Seguridad	56-bit DES 128-bit AES	WPA2 AES Only
Supervivencia al Viento	190 Kph	200 Kph
Rangos de Temperatura	-40° ~ 131° F (-40° ~ 55° C)	-22 to 167° F (-30 to 75° C)
Humedad de Funcionamiento	75% Sin condensación	5 a 95% Sin condensación
Potencia de salida	30 dBm (1 W)	27dBm (500mW)
Protector contra descargas eth	Si	Protección ESD / EMP
Sensibilidad de RX	-86 dBm (max)	-96dBm (max)

*Tabla N°12: Comparación de equipos de radioenlaces hardware  
Realizado por: El Investigador*

La tabla 13 presenta una comparación de características de software.

<b>QoS configurable</b>	<b>Si; Servicios Diferenciados (DiffServ)</b>	Compatible con la clasificación de nivel de paquetes WMM y el nivel de cliente de usuario: Alto / Medio / Bajo
<b>Soporta redundancia</b>	Si	si
<b>Control automático de potencia de las estaciones</b>	Sí, ajustable	Sí, ajustable

<b>Servicios</b>	HTTP, Telnet, FTP, SNMPv2c; Wireless Manager, version 3.0 or higher	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet , Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing
<b>Software para estudios de Línea de Vista</b>	Sí, LinkPlanner 4.0.1	Si. airOS, airVlew, airControl
<b>Otros</b>	Acceso. Duplexación por división de tiempo (TDD) Vlan . 802.1ad (DVLAN Q-in-Q), 802.1Q con 802.1p Prioridad, puerto dinámico VID	Apoyo remoto de reinicio, software habilitado / deshabilitado, soporte de VLAN, 64QAM, Soporte de ancho de canal 5/8/10/20/30/40 MHz

**Tabla N°13: Comparación de equipos de radioenlaces software**  
Realizado por: El Investigador

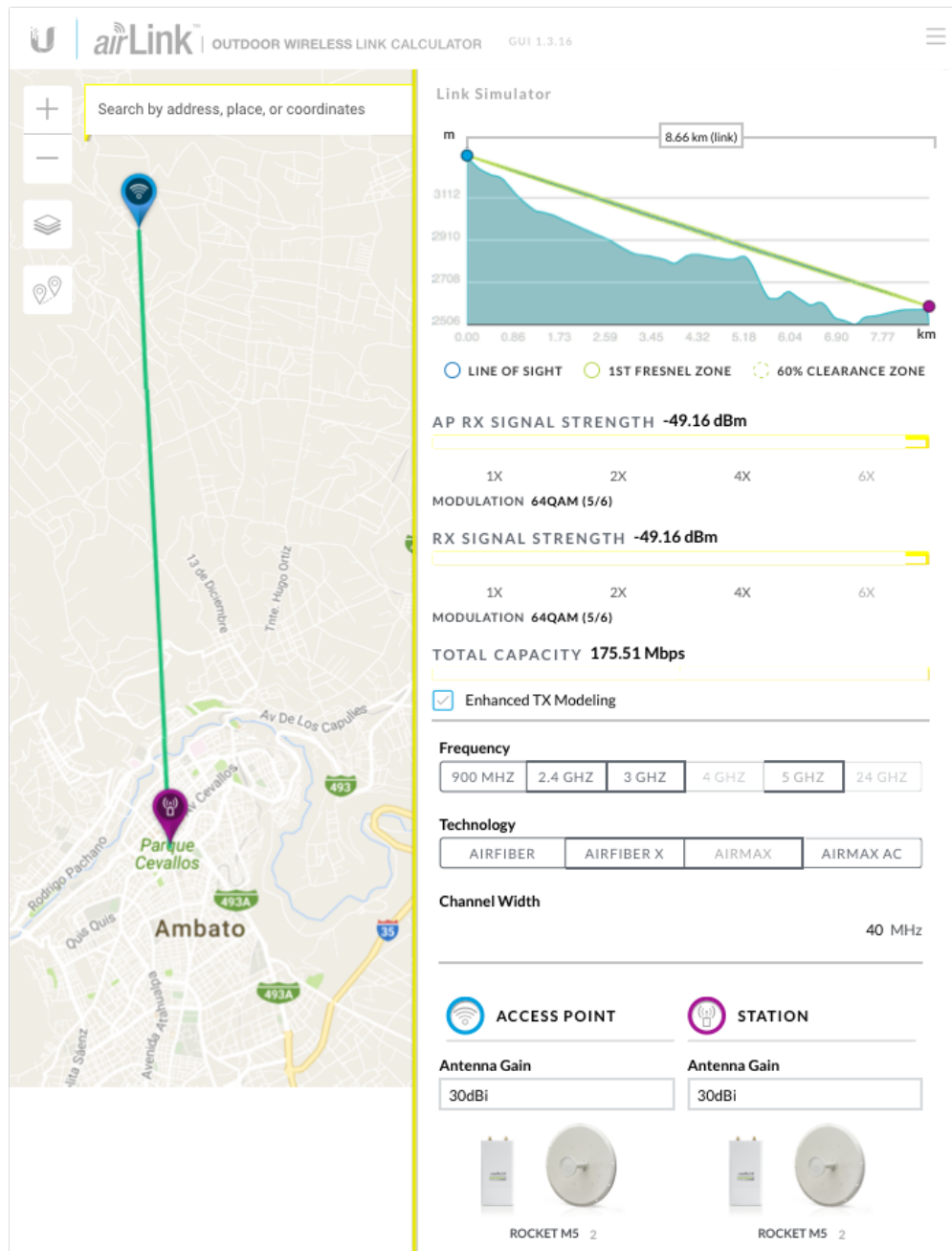
Para los radio enlaces se escogió los equipos Ubiquiti Rocket M5, por su robustez dentro de los 50 Km, además que utilizan la banda de frecuencias de 5.8 GHz y su antena Rocket Dish que tiene una ganancia de 30 dBi.

Ubiquiti tiene su propio simulador llamado AirLink, es una herramienta en línea que permite seleccionar los equipos de comunicación, inclusive el ancho de canal para la transmisión, proporcionando el ancho de banda permitido dependiendo si se trabaja en 10 MHz, 20 MHz o 40 MHz.

Para la simulación se ha establecido el ancho de canal dependiendo de la distancia a la que se encuentran las estaciones. Cuando la distancia es menor a 20 Km, es factible utilizar un ancho de canal de 40 MHz, proporcionando así una tasa de transmisión de hasta 170 Mbps. Cuando la distancia del enlace es mayor a los 20 Km, se utiliza un ancho de canal de 20 MHz, proporcionando una tasa de transferencia máxima de 84 Mbps.

En la figura 39 se muestra la simulación del radioenlace desde la herramienta AirLink, perteneciente a Ubiquiti, donde ingresamos los datos de las radios Rocket M5 y los puntos del cerro Llantantoma y la institución financiera en Ambato. De esta manera se verifica que existe línea de vista, y que está despejada la primera

zona de Fresnel, proporcionando además la capacidad total del sistema que es de 175,51 Mbps teóricos con un canal de 40 MHz.

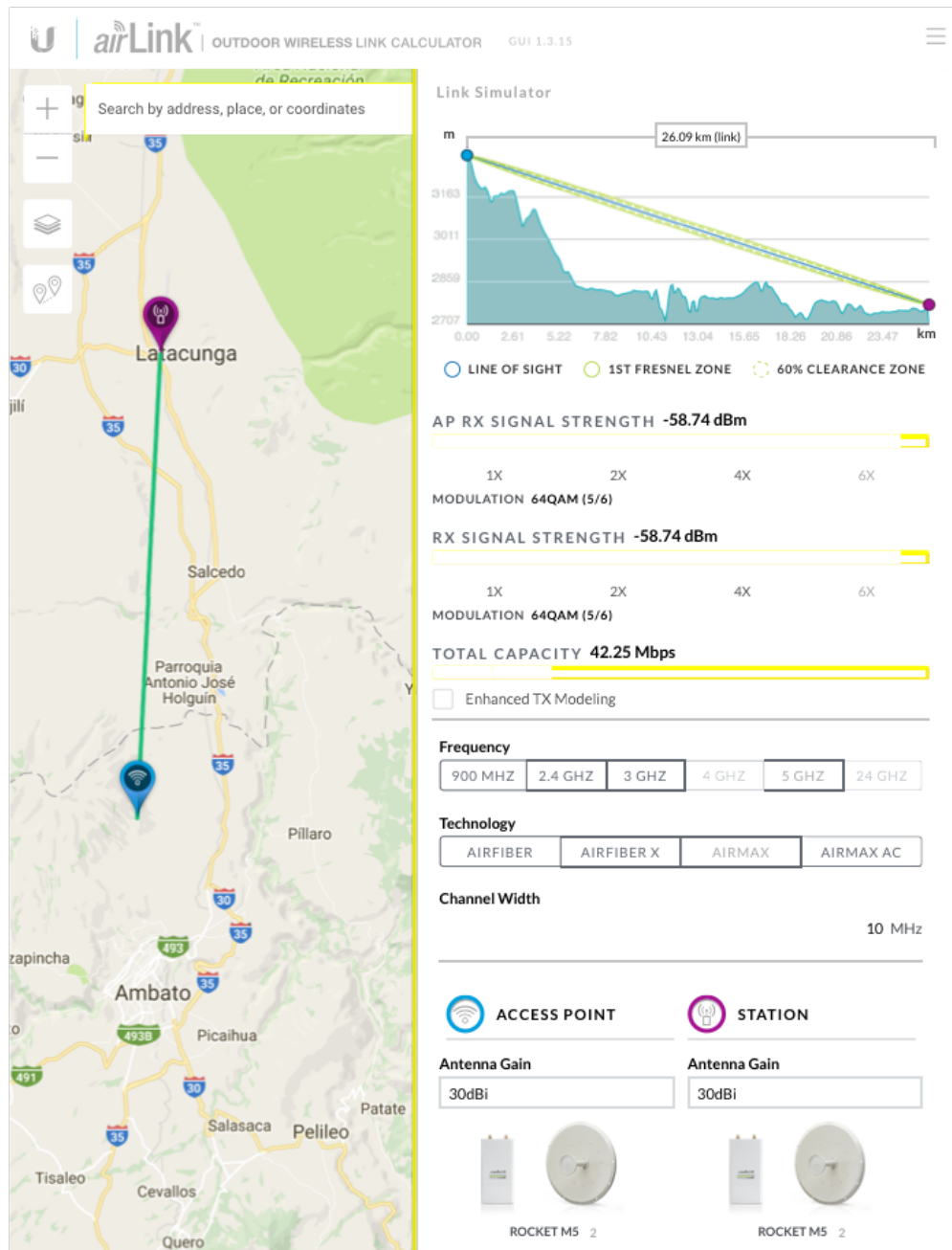


**Figura 39 : Simulación Airlink Llantantoma-Ambato con sistema Rocket**

*Realizado por: El Investigador*

La figura 40 presenta el enlace Llantantoma- Latacunga, con los datos de las radios y las coordenadas geográficas. Con un resultado favorable de 42.25 Mbps de velocidad con un canal de 10 MHz, sin embargo se puede ajustar esta configuración para aumentar la capacidad del sistema.

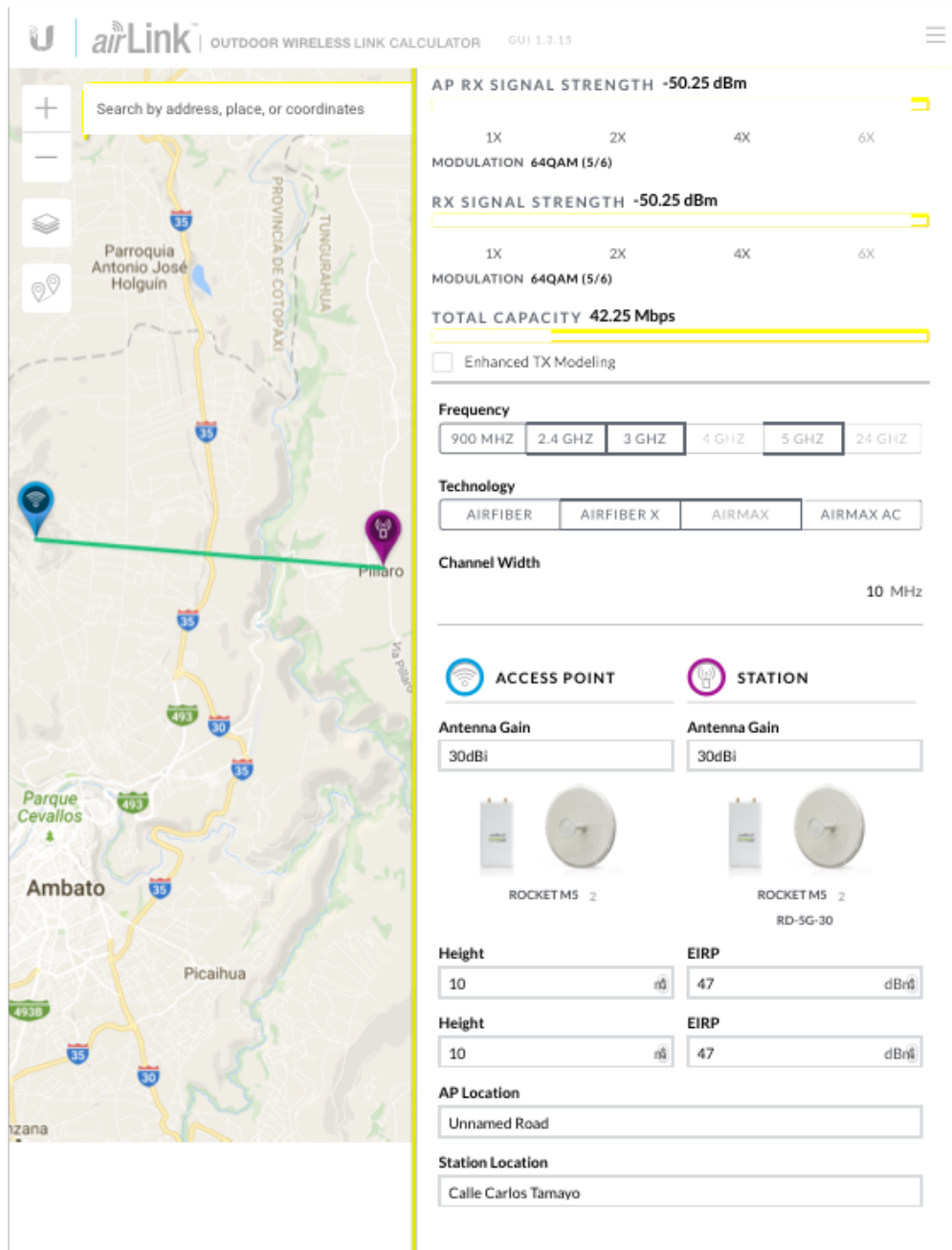
Se realizó la simulación con 10 MHz de ancho de canal para verificar que el radioenlace proporcione una capacidad mínima y sea suficiente para transmitir lo que se requiere.



**Figura 40: Simulación Airlink Llantantoma-Latacunga con sistema Rocket**  
Realizado por: El Investigador

La figura 41 presenta el enlace Llantantoma- Píllaro, con los datos de las radios y las coordenadas geográficas. Con un resultado favorable de 42.25 Mbps de

velocidad con un canal de 10 MHz, sin embargo se puede ajustar esta configuración para aumentar la capacidad del sistema.



<https://airlink.ubnt.com/#/>

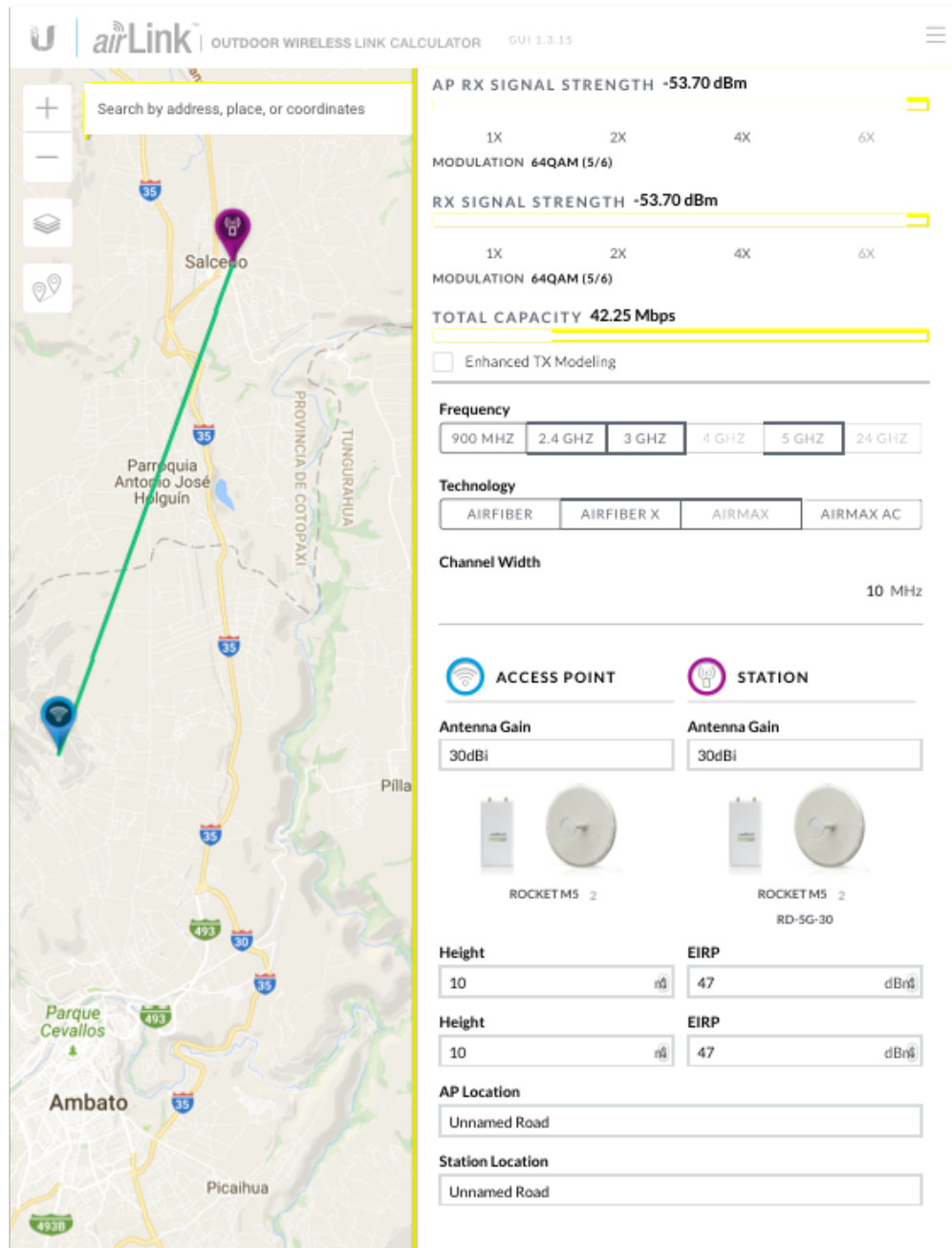
Página 1 de 1

**Figura 41: Simulación Airlink Llantantoma-Pillaro con sistema Rocket**

*Realizado por: El Investigador*

La figura 42 presenta el enlace Llantantoma- Salcedo, con los datos de las radios y las coordenadas geográficas. Con un resultado favorable de 42.25 Mbps de

velocidad con un canal de 10 MHz, sin embargo se puede ajustar esta configuración para aumentar la capacidad del sistema.



<https://airlink.ubnt.com/#/>

Página 1 de 1

**Figura 42: Simulación Airlink Llantantoma-Salcedo con sistema Rocket**  
Realizado por: El Investigador

#### **4.6 Normativa ARCOTEL para implementar redes privadas**

Las redes privadas están orientadas a conectar distintas instalaciones de una propiedad por personas naturales o jurídicas, con el objetivo de transmitir voz, datos, video.

El ARCOTEL es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones en Ecuador, el cual proporciona los requisitos, formularios e instructivos para solicitar los permisos correspondientes de transmisión de información a través de radio frecuencias u otros medios.

Para la realización de los formularios se utilizó el Aplicativo para Validación de Información ARCOTEL (AVIS), que permite realizar las solicitudes referentes al registro, concesión, renovación, modificación o eliminación de servicios de Modulación digital de Banda Ancha para redes privadas, portadores, y servicios de acceso a internet.

Los formularios que se requiere son los siguientes:

- Formulario de información legal – RC 1A (Anexo 3)
- Formulario de Estructuras – RC 2A (Anexo 4)
- Formulario de Antenas – RC 3A (Anexo 5)
- Formulario de Equipos – RC 4A (Anexo 6)
- Formulario de Enlaces P-P – RC 9A (Anexo 7)
- Formulario de Enlaces P-M – RC 9B (Anexo 8)
- Formulario RNI (Se genera automáticamente) (Anexo 9)

El sistema restringe el orden de elaboración de los formularios, se recomienda realizarlos ordenadamente ya que en los formularios RC-9A o RC-9B requieren de información completa de los formularios anteriores RC-2A, RC-3A y RC-4A.

Una vez que ha completado, guardado y validado los Formularios, se debe exportar el archivo en Excel el cual se subirá a la Interfaz web.

#### **4.7 Diseño de la Telefonía IP**

Al ser evaluado el nivel de actualización y obsolescencia del hardware de red previamente en el capítulo 3, el ancho de banda y la velocidad es determinante para que el sistema de voz IP brinde un servicio y rendimiento óptimo. El router

debe ser capaz de optimizar mediante QoS la transmisión de datos para conseguir una implementación satisfactoria.

Como segundo paso el diseño de la telefonía IP, se ha analizado las posibilidades de los equipos terminales, como son: teléfonos físicos, Softphones, Adaptadores ATA o mantener los mismos terminales analógicos y cambiar la central telefónica por una con capacidad IP.

- **Teléfonos físicos**

Para el caso de la recepcionista se utilizará un Hardphone VOIP, que tiene funcionalidades más avanzadas con capacidad de gestionar múltiples líneas, para agilizar y facilitar la administración de llamadas. Para el caso de los otros departamentos se manejará un Hardphone básico de escritorio, lo cual permite realizar y recibir llamadas, además de transferirlas.

- **Softphone**

Se trata de una aplicación que será instalada en los ordenadores, smartphones o tablets, de ser necesario se utilizará esta herramienta caso contrario se mantendrá solo los terminales físicos.

- **Adaptador ATA**

Este adaptador permitirá reducir el gasto en terminales, y utilizar los ya existentes, permitiendo utilizar los teléfonos analógicos para VoIP.

- **Terminales tradicionales conectados a una central telefónica con capacidad IP.**

La central sería la encargada de realizar todas las funciones IP.

A continuación se considera la centralita PBX IP, se trata de un servidor Elastix 4.0 configurado las extensiones, rutas entrantes y rutas salientes.

Para la implementación de la telefonía IP, se consideró el número de teléfonos actualmente utilizados como referencia para crear las extensiones requeridas por la cooperativa. A continuación se detalla las extensiones creadas en una máquina virtual Elastix 4.0 como prototipo de presentación del proyecto.

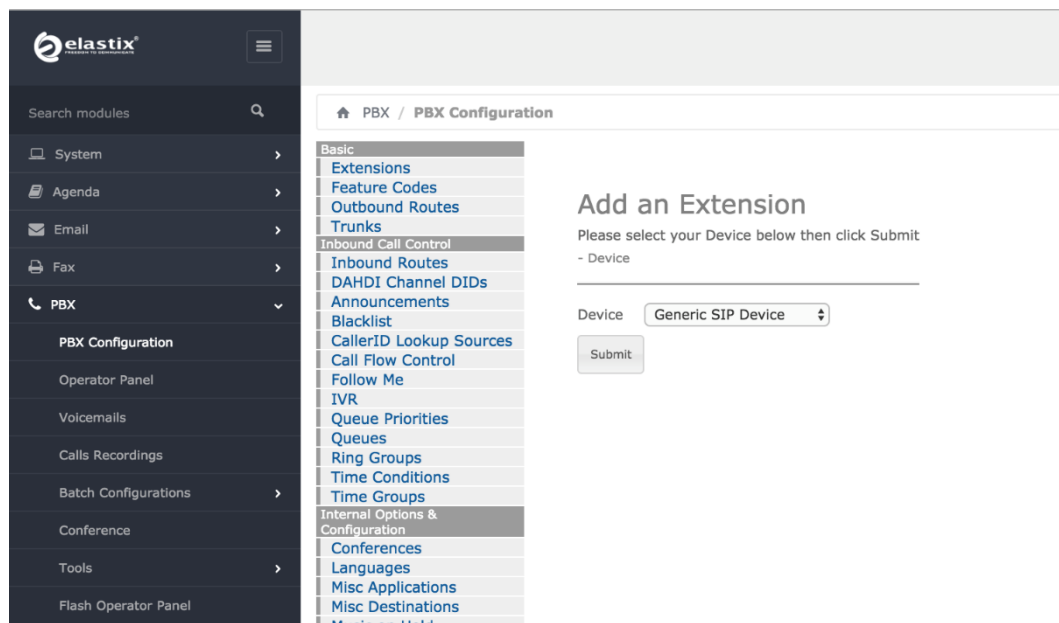
<b>EXTENSIÓN</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>CIUDAD</b>
100	PC	Ambato
101	Jefe de Tecnologías	Ambato
102	Analista de Tecnologías	Ambato
103	Inversiones	Ambato
104	Información	Ambato
105	Gerencia General	Ambato
106	Jefe de Créditos	Ambato
107	Auxiliar de Créditos 1	Ambato
108	Auxiliar de Créditos 2	Ambato
109	Talento Humano	Ambato
110	Presidente CA	Ambato
111	Pagarés	Ambato
112	Tesorería	Ambato
113	Contabilidad	Ambato
114	Auxiliar 1 de Contabilidad	Ambato
115	Auxiliar 2 de Contabilidad	Ambato
116	Auxiliar 3 de Contabilidad	Ambato
117	UAF	Ambato
118	Jefe de Cobranzas	Ambato
119	Concejo de Vigilancia	Ambato
120	Secretaría Concejo de Vigilancia	Ambato
121	Archivo	Ambato
122	Secretaría CA	Ambato
200	Asesor 1	Latacunga
201	Asesor 2	Latacunga
202	Información	Latacunga
203	Jefe de Agencia	Latacunga
300	Asesor 1	Salcedo
301	Asesor 2	Salcedo
302	Información	Salcedo
303	Jefe de Agencia	Salcedo
400	Asesor 1	Píllaro
401	Asesor 2	Píllaro
402	Información	Píllaro
403	Jefe de Agencia	Píllaro
500	Asesor 1	Riobamba
501	Asesor 2	Riobamba
502	Información	Riobamba
503	Jefe de Agencia	Riobamba

**Tabla N°14: Extensiones telefónicas VOZIP**  
*Realizado por: El Investigador*

Para la configuración del servidor Elastix 4.0 se estableció una dirección estática 192.168.100.118 con máscara de subred 255.255.255.0 y el gateway con la dirección del router 192.168.100.1.

La configuración de las extensiones se realiza en PBX, PBX Configuration, Device (para seleccionar el dispositivo y el protocolo, SIP o IAX2), y a continuación se

debe dar clic en el botón Submit para guardar los cambios. Este proceso se debe realizar repetidas veces de acuerdo al número de extensiones que se requiera.



*Figura 43: Añadiendo extensiones en el servidor Elastix  
Obtenido en: Servidor Elastix 4.0*

### **Ruta Saliente**

Para las rutas salientes se configuró los siguientes parámetros:

- Nombre de la Ruta: Nacional1.
- En el prefijo se añadió el 9 para salida de llamadas.

En la secuencia de troncales establecimos las trocales configuradas anteriormente, las cuales están asociadas a las líneas telefónicas de CNT, tres líneas de Ambato y una de Riobamba:

- GXW4104-1
- GXW4104-2
- GXW4104-3
- GXW4104-4

Editar ruta

Eliminar ruta Nacional1

Route Settings

---

Nombre de la ruta: Nacional1

Route CID:   Override Extension

Contraseña de la ruta:

Route Type:  Emergencia  Intra-Company

¿Música en espera? default

Time Group: ---Permanent Route---

Route Position: ---No Change---

Additional Settings

---

Grabación de llamadas: Allow

PIN Set: None

Dial Patterns that will use this Route

() + 9 | [] / []

(prepend) + prefix | [match pattern] / CallerID

+ Add More Dial Pattern Fields

Asistente de reglas de marcación: (seleccione uno)

Export Dialplans as CSV: Export

Trunk Sequence for Matched Routes

0 GXW4104-1

1 GXW4104-2

2 GXW4104-3

3 GXW4104-4

4

Añadir línea troncal

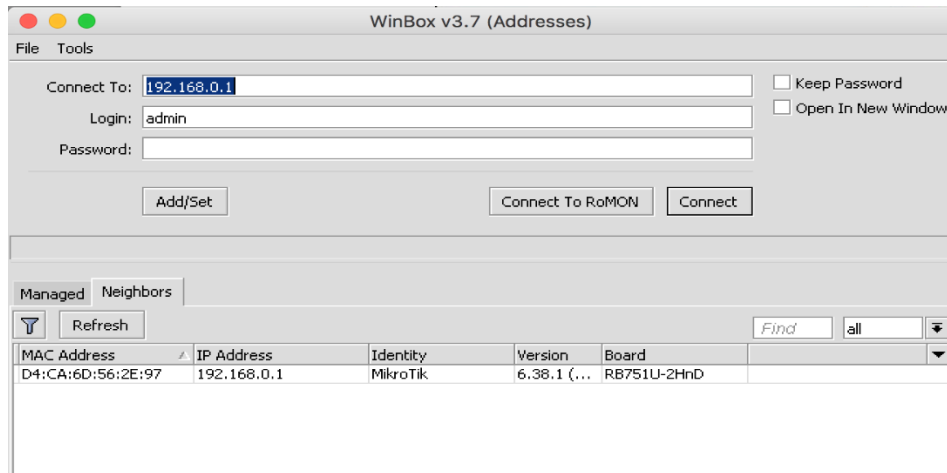
**Figura 44: Configuración de rutas salientes**  
 Obtenido en: Servidor Elastix 4.0

## 4.8 Configuración del Router para Calidad de Servicio QoS

Para configurar el router de la institución financiera con calidad de servicio QoS, los paquetes de voz de la red deben ser marcados. Este marcado se realiza en el campo TOS del paquete IP, y gracias a esta marca se indica al router cuáles paquetes tienen más o menos prioridad.

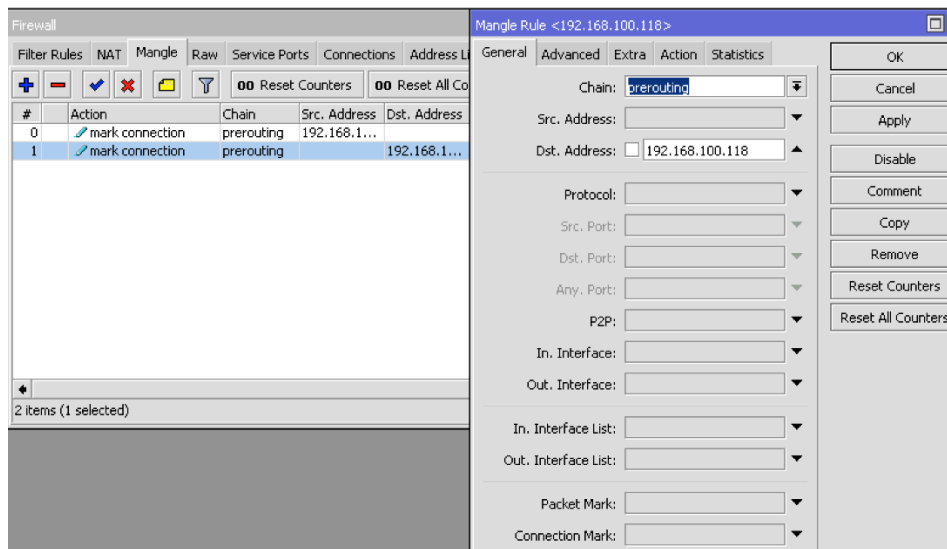
En el presente diseño es conveniente implementar QoS, con el fin de que los paquetes de voz, generados por el servidor Elastix tengan mayor prioridad con respecto al tráfico en general. La configuración de QoS se realizará en cada uno de los router MikroTik administradores de las 5 redes LAN.

Como inicio del proceso, se tiene que ingresar a la interface gráfica del router a través de Winbox (figura 45), la MAC address del router debe aparecer en la lista, se selecciona en el campo de lista y se da clic en el botón "Connect"



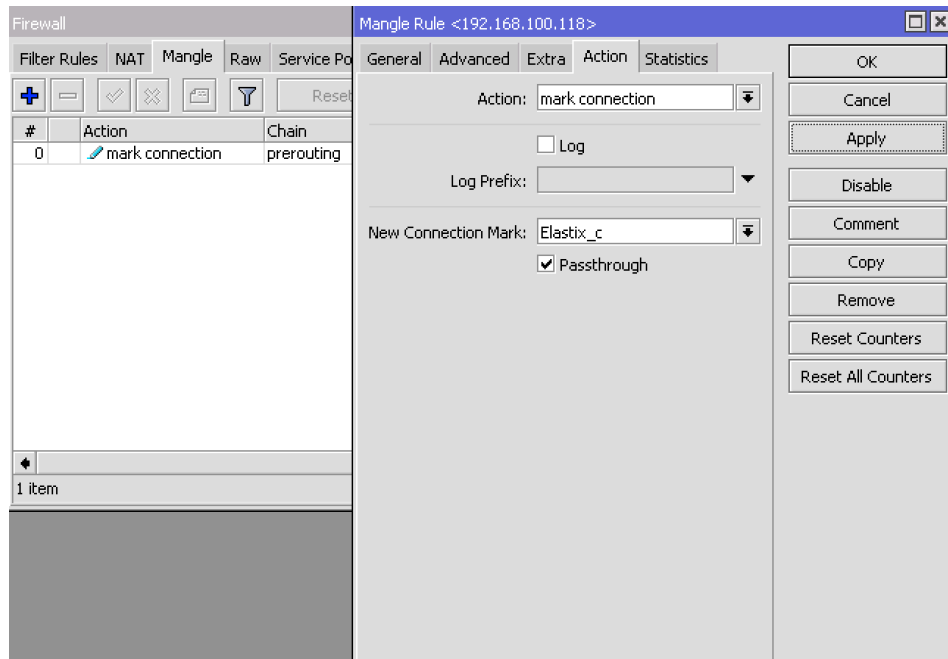
**Figura 45: Ventana de Winbox**  
Obtenido en: Winbox Mikrotik

Para el establecimiento de reglas, se considera una de las alternativas más simples para la configuración de QoS, que da prioridad a los paquetes marcados de acuerdo a la dirección IP origen o dirección IP destino.



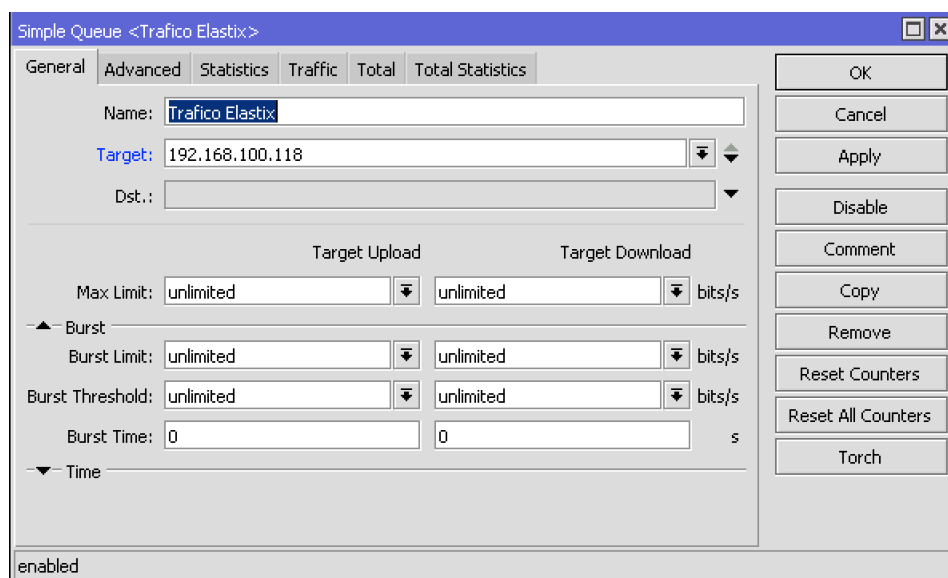
**Figura 46: Creación regla IP destino**  
Obtenido en: Winbox Mikrotik

En el apartado de firewall / Mangle, se crea las dos reglas, como presenta la figura 46. La primera regla se trata de marcar la conexión por IP origen y la segunda marcar la conexión por IP destino, ambos tráficos deben tener prioridad ante el tráfico restante, se lo marca con el nombre de Elastix\_c.



**Figura 47: Acción: Marcado de Conexión como Elastix\_c**  
Obtenido en: Winbox MikroTik

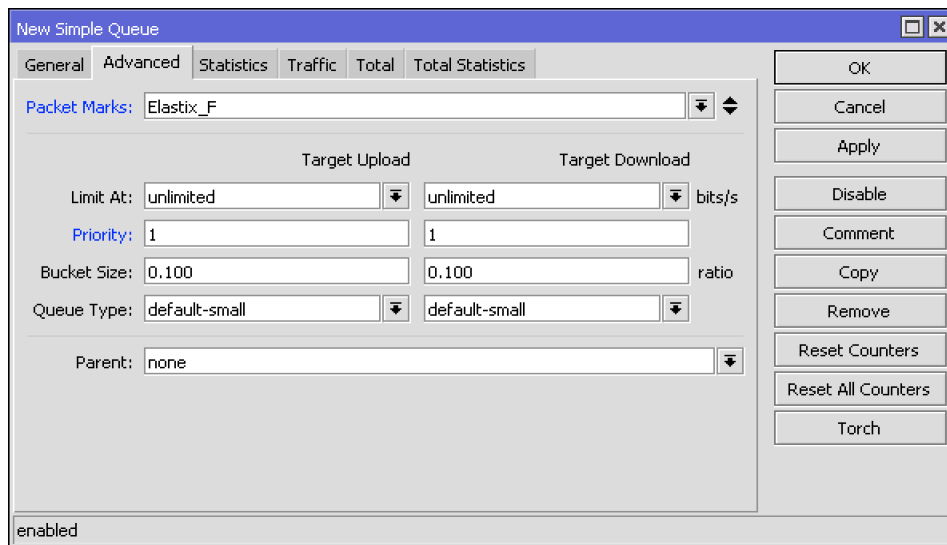
Ya creadas las reglas en mangle, se procede a crear las Simple Queue. Son encolamientos que permiten seleccionar límites de ancho de banda, de acuerdo a los paquetes marcados, y proporcionarles una prioridad.



**Figura 48: Creación de Simple Queue Tráfico Elastix**  
Obtenido en: Winbox MikroTik

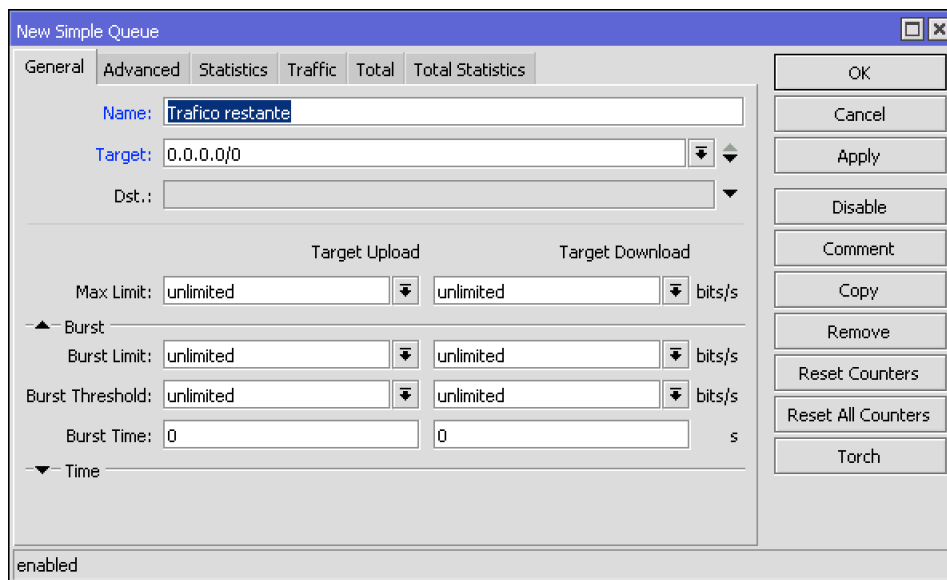
En este caso de estudio, el nombre del flujo de los paquetes llamado Elastix\_F es ingresado en Packet Marks, y son configurados con prioridad 1, permitiendo que cuando el tráfico con origen y destino del servidor

Elastix, sea procesado y transmitido antes que los paquetes no marcados. Permitiendo así, evitar el descarte de paquetes, la latencia o el jitter.



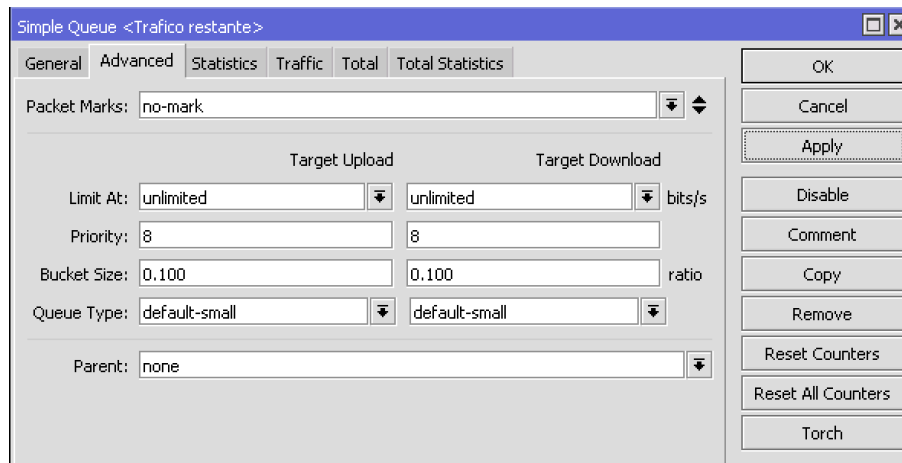
**Figura 49: Configurando prioridad de Flujo de paquetes Elastix\_F**  
Obtenido en: Winbox MikroTik

A continuación se procede a configurar el encolamiento del tráfico restante, manteniendo todos los apartados por defecto, incluyendo la prioridad, para eso en la pestaña Packet Mark, se configura no-mark.



**Figura 50: Creación de Simple Queue Tráfico restante**  
Obtenido en: Winbox MikroTik

Por lo tanto el tráfico restante se manejará con la consideración Best-Effort, significa los paquetes que entren primero, son los primeros en salir, “el de mayor esfuerzo”.



**Figura 51: Manteniendo la prioridad para Tráfico restante**  
Obtenido en: Winbox MikroTik

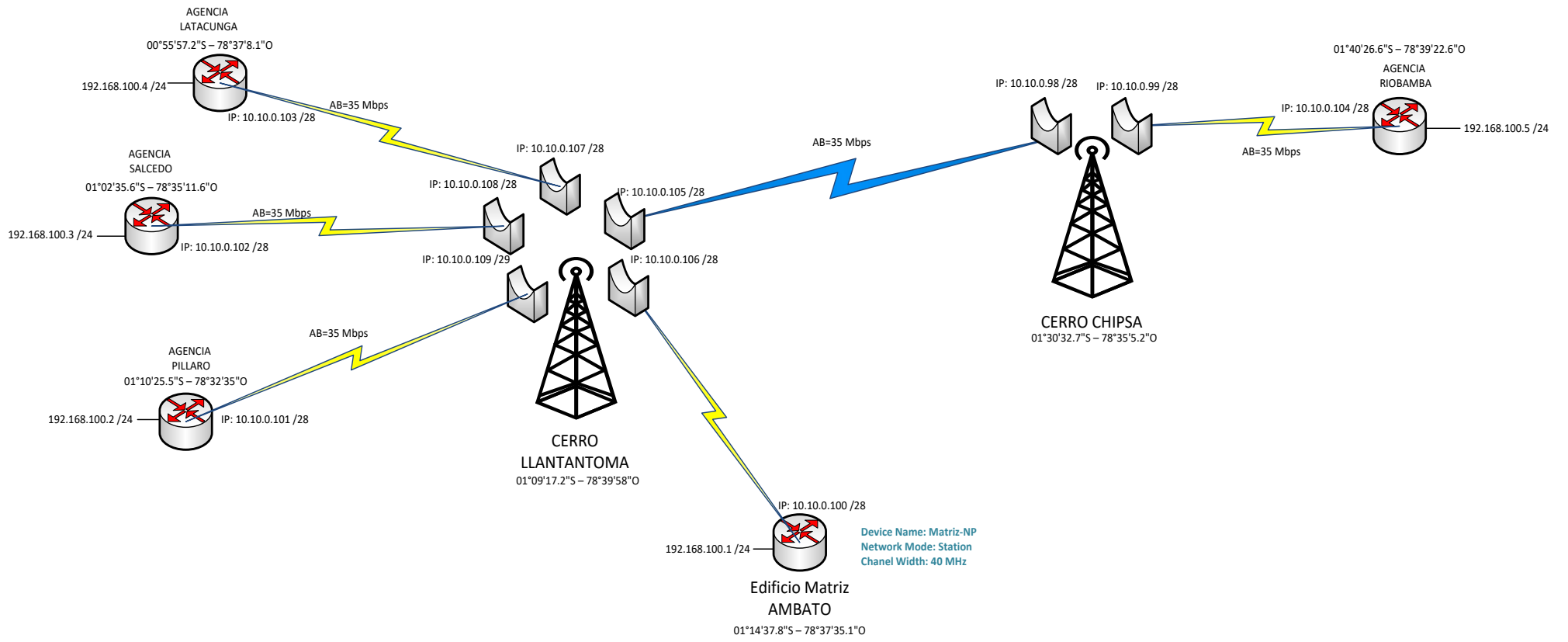
#### 4.9 Esquema de los Radio enlaces

En el sistema de los radioenlaces como se puede apreciar en la figura 52 se tiene como primer plano a los radio enlaces establecidos por las radios Ubiquiti Rocket M5 y con antenas Rocket Dish con una ganancia de 30 dBi, posibilitando de esta manera unir las redes LAN de cada uno de las sucursales. El direccionamiento IP para las radios viene dado por la red 10.10.0.x /28 y el direccionamiento para las LAN viene dado por la dirección IP 192.168.100.0 /24.

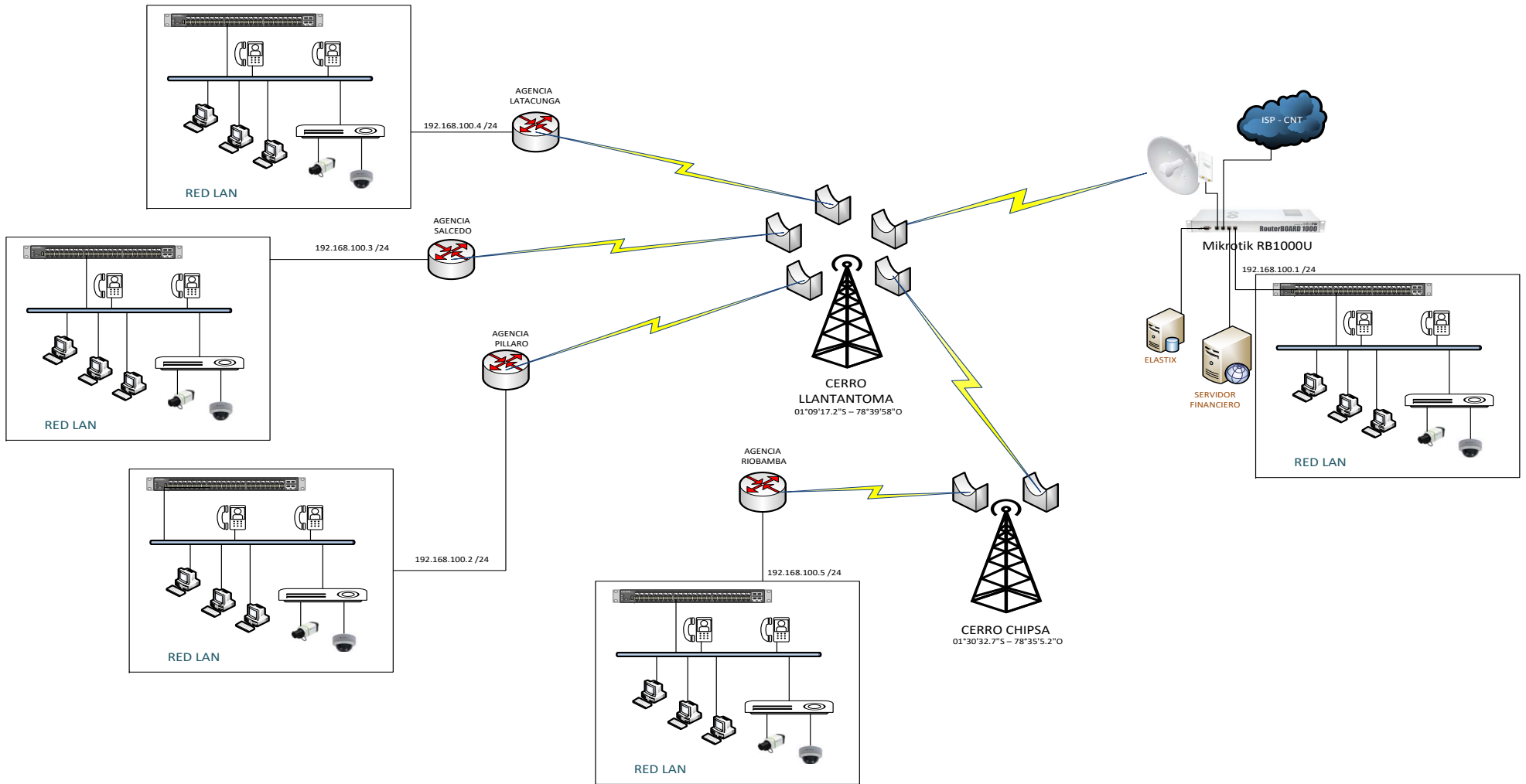
En la figura 53 se muestra con mayor detalle las redes LAN.

La red LAN de la matriz (Ambato) constaría, por un proveedor de servicios de internet ISP, una central telefónica Elastix y el servidor financiero, siendo administrados por un router MikroTik.

Las redes LAN de las sucursales tendrán acceso a todos los servicios anteriormente enunciados a través de los radioenlaces establecidos en el diseño de la red convergente, cumpliendo así de manera satisfactoria los requerimientos plantados para este proyecto.



**Figura 52: Sistema de radio enlaces**  
 Realizado por: El Investigador



*Figura 53: Diagrama físico y lógico de la red convergente  
Realizado por: El Investigador*

#### 4.10 Presupuesto referencial del Proyecto

En el siguiente presupuesto, se considera los equipos que complementarían a los dispositivos que ya existen, esto significa que se utilizaría los equipos y el cableado existentes en la red, añadiendo únicamente los equipos necesarios para el buen funcionamiento de la red diseñada, con el fin de reducir los costos ante una posible implementación.

Los equipos y elementos que se reusarán son:

- 8 Teléfonos analógicos en muy buen estado, y para que sean habilitados se añadirán adaptadores ATA VOIP descritos en el presupuesto.
- El cableado estructurado actual se mantendrá para los computadores y se añadirá cable únicamente para los teléfonos IP y para conectar desde el router MikroTik al Rocket M5 para el enlace de entrada-salida.
- El servidor actual se mantendrá para ofrecer los servicios financieros.
- Las cámaras de seguridad y los DVR's están en muy buenas condiciones, por lo tanto en la parte de video vigilancia no se requiere cambios.

CANT	DETALLE	V. UNIT.	V. TOTAL
12	Radio Base Rocket M5, 5,8 GHz, MIMO.	\$ 200,00	\$ 2400,00
12	Antena Rocket dish 30dbi, 5GHz.	\$ 175,00	\$ 2100,00
4	UPS de 1500 W	\$ 300,00	\$ 1200,00
200	Metros de cable UTP con malla categoría 5e	\$ 0,90	\$ 180,00
5	Pozos de tierra para radio enlaces	\$ 120,00	\$ 600,00
60	Conectores RJ45	\$ 0,4	\$ 24,00
5	Routers MikroTik CCR1036	\$ 1845,00	\$9225,00
2	Switch D-Link 8 puertos	\$140,00	\$ 280,00
1	Computador (Servidor Elastix)	\$ 540,00	\$ 540,00
22	Teléfonos IP Estándar SIP Pymes	\$ 73,00	\$ 1606,00
8	Adaptadores ATA VOIP, 2 puertos	\$ 70,00	\$ 560,00
	Instalación de equipos, configuraciones	\$ 3900,00	\$ 5500,00
		Subtotal	\$ 24215,00
		IVA 14%	\$ 3390,10
		Total	\$ 27605,10

*Tabla N°15: Presupuesto referencial del proyecto  
Realizado por: El Investigador*

Los precios fueron consultados con el Ing. Diego Sánchez, gerente propietario de Orizontel, empresa ecuatoriana y actual proveedor de equipos MikroTik, Ubiquiti. Los costos para la instalación de las antenas que irían en los cerros varían de acuerdo a la disponibilidad de espacio físico, en el caso de que se desee construir las torres , además que se paga un arriendo mensual al propietario de dicho espacio.

El arrendamiento de las casetas y torres puede ser variable y depende directamente del contrato que se haga con el dueño, los costos pueden ir entre los \$ 10,00 hasta los \$30,00.

Los costos para la legalización de las redes privadas están consideradas dependiendo de qué frecuencia se requiera utilizar, bandas licenciadas o bandas libres:

Para bandas libres:

- Derecho de uso de red privada: \$ 500,00
- Mensual por uso de frecuencias libres: \$ 39,00 (pago mensual)

La concesión del contrato de uso de frecuencias se renueva cada 5 años.

Para bandas licenciadas:

- Trámites legales: \$ 500,00
- Conseción por uso de frecuencia: \$ 108.64 (pago mensual)
- Derecho de concesión anual: \$ 30 000,00

Al ser una Cooperativa de Ahorro y Crédito que está creciendo, la capacidad económica es muy limitada, por lo que se utilizará frecuencias libres para la estructuración de la red privada.

## **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 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

## **5.2 Recomendaciones**

- Por observación del investigador, recomienda que la red actual, debe someterse a una mejor organización y establecer un área específica con ventilación, para los equipos de comunicación.
- Si el proyecto llegase a implementarse, el enlace principal quedaría conformado como se ha planteado en el diseño de la red convergente, y adicionalmente el ISP contratado por cada una de las oficinas, podría ser utilizado como back up, en el caso de una caída del enlace principal, configurando una VPN, pero sin la transmisión de la video vigilancia.
- Para las instalaciones de las antenas en los cerros, es muy importante identificar que exista las condiciones necesarias para instalar los equipos, energía eléctrica, y realizar conexión a tierra.
- La línea de vista y la primera zona de Fresnel son parámetros importantes para la calidad de un enlace de telecomunicaciones para lo cual se debe tomar en cuenta la altura de los edificios y de las torres en los cerros, para la colocación y diseño de las alturas de las antenas.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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/>

# ANEXOS

## ANEXO 1: Especificaciones Rocket M5

DATASHEET

**rocket™ M5**

### Specifications

**rocket™ M5**

M5 Physical / Electrical / Environmental Information	
Dimensions	160 x 80 x 30 mm (6.30 x 3.15 x 1.18")
Weight	500 g (1.1 lb)
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Processor	MIPS 74Kc
Memory	128 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100 Mbps
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof)
LEDs	Power, Ethernet, (4) Signal Strength
Max. Power Consumption	8W
Power Supply	24V, 1A PoE Adapter
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
ESD/EMP Protection	± 24KV Air / Contact
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

M5 Software Information	
Modes	Access Point, Station
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet , Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CLI
Security	WPA2 AES Only
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 64QAM, 5/8/10/20/30/40 MHz Channel Width Support
Ubiquiti Specific Features	airMAX Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode

M5 Compliance	
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes

M5 Operating Frequency							
Operating Frequency				Worldwide: 5170 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz*			
Output Power				27 dBm			
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
<b>802.11a</b>	6 - 24 Mbps	27 dBm	± 2 dB	<b>802.11a</b>	6 - 24 Mbps	-94 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
<b>802.11n/airMAX</b>	MCS0	27 dBm	± 2 dB	<b>802.11n/airMAX</b>	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	27 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	27 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	27 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	26 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	27 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	27 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	27 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	27 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	26 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	21 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

\* US units with FCC ID: SWX-RM5 are allowed 5250 - 5850 MHz.



# Specifications

**rocket™ M5**  
TITANIUM

RM5-Ti Physical / Electrical / Environmental Information	
Dimensions	160 x 80 x 44 mm (6.30 x 3.15 x 1.73")
Weight	350 g (12.35 oz)
Enclosure Characteristics	Die-Cast Aluminum
Processor	MIPS 74Kc
Memory	128 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Mbps (1) 10/100 Mbps
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof), 1 SMA (GPS)
LEDs	Power, (2) Ethernet, (6) Signal Strength, GPS
Max. Power Consumption	8W
Power Supply	48V, 0.5A PoE Adapter
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return) 802.3af Compliant
ESD/EMP Protection	± 30KV Air / Contact
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

RM5-Ti Software Information	
Modes	Access Point, Station
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet , Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CLI
Security	WPA2 AES Only
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 64QAM, 5/8/10/20/30/40 MHz Channel Width Support
Ubiquiti Specific Features	airMAX Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode

RM5-Ti Compliance	
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes

RM5-TI Operating Frequency							
Operating Frequency				Worldwide: 5170 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz*			
Output Power				27 dBm			
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11a	6 - 24 Mbps	27 dBm	± 2 dB	802.11a	6 - 24 Mbps	-94 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n/airMAX	MCS0	27 dBm	± 2 dB	802.11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	27 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	27 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	27 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	26 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	27 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	27 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	27 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	27 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	26 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	21 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

\* US units with FCC ID: SWX-RMST-DFS are allowed 5250 - 5850 MHz.



## ANEXO 2: Especificaciones Cambium Networks



SPEC SHEET



# PTP 230

Our Point-to-Point (PTP) 200 Series Wireless Ethernet Solutions are designed to give you high-throughput, reliable broadband communications on a tight budget. With a PTP 200 Series solution, enterprises, government organizations and service providers with limited resources can establish and extend backhaul communications affordably.

Available in both 5.4 GHz or 5.8 GHz, the PTP 230 systems can synchronize communications using a GPS timing device, allowing you to collocate multiple radios with virtually no self-interference. Based on OFDM technology, the PTP 230 offers robust performance, even in near or non line-of-sight (nLOS or NLOS) conditions. Upgrade your PTP 100 link today by simply replacing your radios, and tripling your throughput.

Cambium Networks provides exceptional wireless broadband connectivity solutions. With more than 3 million modules deployed in thousands of networks around the world, Cambium solutions are proven to provide cost effective, reliable data, voice and video connectivity.

SPECIFICATIONS	
<b>PRODUCT</b>	
<b>MODEL NUMBER</b>	5.4 GHz: 5480BH-10, 5480BH-20, 5480BH-50 5.8 GHz: 5780BH-10, 5780BH-20, 5780BH-50
<b>SPECTRUM</b>	
<b>CHANNEL SPACING</b>	Configurable on 5 MHz increments
<b>FREQUENCY RANGE</b>	5.4 GHz: 5.470 GHz – 5.725 GHz 5.8 GHz: 5.725 GHz – 5.875 GHz
<b>CHANNEL WIDTH</b>	Configurable to 10 or 20 MHz
<b>INTERFACE</b>	
<b>PHYSICAL LAYER</b>	OFDM 256FFT
<b>MAC (MEDIA ACCESS CONTROL) LAYER</b>	Cambium Proprietary
<b>ETHERNET INTERFACE</b>	10/100 Base T (RJ-45)
<b>PROTOCOLS USED</b>	Proprietary OFDM
<b>NETWORK MANAGEMENT</b>	HTTP; Telnet, FTP; SNMPv2c; Wireless Manager, version 3.0 or higher
<b>VLAN</b>	802.1ad (D-VLAN Qin-Q), 802.1Q with 802.1p priority, dynamic port VID
<b>PERFORMANCE</b>	
<b>APQ</b>	Yes
<b>CYCLIC PREFIX</b>	1/4, 1/8, or 1/16 fixed
<b>MAXIMUM DEPLOYMENT RANGE</b>	Base unit: 5 km (3.1 mi.) with LENS: 19 km (12 mi.) with Reflector dish: 50 km (31 mi.)
<b>MAXIMUM AGGREGATE THROUGHPUT</b>	50 Mbps
<b>MODULATION LEVELS (ADAPTIVE)</b>	1X=QPSK, 2X=16-QAM, 3X=64-QAM
<b>LATENCY</b>	5 to 7 ms round trip
<b>FORWARD ERROR CORRECTION</b>	3/4 Reed-Solomon block coding

### ANEXO 3: FORMULARIO RC-1A INFORMACIÓN LEGAL

FORMULARIO-RC-1A

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL RC-1A

**Solicitud**

Objeto de la Solicitud: Registro Tipo de Uso: Privado

**Datos del Usuario** Los campos deben ser ingresados con letras Mayúsculas

Número de Ruc o CI: 1890001439001

Nombre: EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.C

Dirección: AV. 12 DE NOVIEMBRE 11-29 Y ESPEJO

Actividad: COOPERATIVA DE AHOORO Y CREDITO

Correo Electrónico: presidencia@eeasa.com.ec Ciudad: AMBATO

Teléfono/Fax: 032998600 Provincia: TUNGURAHUA

**Datos del Representante Legal**

Nombres: JAIME OSWALDO Apellido Paterno: ASTUDILLO

Apellido Materno: RAMIREZ Cédula de Identidad: 0101189496

Cargo en la Empresa: PRESIDENTE EJECUTIVO Correo Electrónico: presidencia@eeasa.com.ec

### ANEXO 4: FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Formulario\_RC\_2A

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES RC-2A

Estructura 1 Estructura 2 Estructura 3 Estructura 4 Estructura 5 Estructura 6 Estructura 7 Estructura 8 Estructura 9 Estructura 10 E

**Estructura del Sistema de Radiocomunicaciones**

Estructura: 51 Los campos deben ser ingresados con letras Mayúsculas

Codigo de Estructura: SOLO CONSULTAS Altura s.n.m. (m): 2612,4

Tipo: Empotramiento en una Edificación

**Coordenadas Geográficas**

Latitud: 1 14 37,8 S

Longitud: 78 37 35,1 O

Provincia: TUNGURAHUA

Cantón: AMBATO

Parroquia Rural / Cabecera Cantonal: AMBATO

Localidad/Calle: 12 DE NOVIEMBRE

Nodo/Abonado: AGENCIA AMBATO

## ANEXO 5: FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE LAS ANTENAS

Formulario-RC-3A

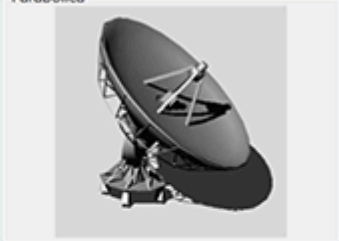
Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS RC-3A

Antena 1 Antena 2 Antena 3 Antena 4 Antena 5 Antena 6 Antena 7 Antena 8 Antena 9 Antena 10 Antena 11 Antena 12

### Características técnicas de las Antenas

Antena: **A12**

Rango de Frecuencias (MHz)	5725-5850	Tipo de Antena	Parabólica
Marca	UBIQUITI NETWORKS	Ganancia	30 dBi
Modelo	ROCKET DISH 5G-30	Código	AUBP0001
Polarización	Vertical		
Impedancia (ohmios)	50		
Diámetro (m)	0,6		
Altura base-antena (m)	2		
Azimut de radiación máxima (°)	23,631		
Ángulo de elevación (°)	1,553		

\*\* Si la marca o modelo de su antena no se encuentra en la lista, por favor enviar los data sheets a silvana.guayaquil@arctel.gob.ec

Nueva Antena Duplicar Antena Eliminar Antena Guardar Antenas

## ANEXO 6: FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO

Formulario-RC-4A

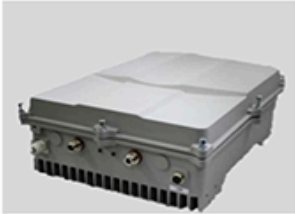
Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO RC-4A

Equipo 1 Equipo 2 Equipo 3 Equipo 4 Equipo 5 Equipo 6 Equipo 7 Equipo 8 Equipo 9 Equipo 10 Equipo 11 Equipo 12

### Características técnicas de los Equipos

Equipo: **E12** Los campos deben ser ingresados con letras **Mayúsculas**

Tipo de Estación	Fija	Rango (MHz)	5470 - 5825
Marca	UBIQUITI NETWORKS	Potencia (W)	0,501
Modelo	ROCKET M-5	Código	EUB0008
Separación entre Tx y Rx (MHz)	100		
Tipo de modulación	16QAM		
Velocidad de transmisión (Kbps)	20000		
Anchura de Banda (MHz)	40		
Sensibilidad (dBm)	90		
Máxima desviación de frecuencia (KHz)	100		

\*\* Si la marca, modelo, rango o potencia de su equipo no se encuentra en la lista, por favor enviar los data sheets a silvana.guayaquil@arctel.gob.ec

Nuevo Equipo Duplicar Equipo Eliminar Equipo Guardar Equipos

## ANEXO 7: FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA SISTEMAS PUNTO - PUNTO

Formulario\_RC\_9A
FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA SISTEMAS PUNTO-PUNTO RC-9A

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

**Características técnicas y de operación del sistema fijo punto-punto**

No Enlace:

Banda de frecuencias:

Distancia del Enlace (Km):

Tipo de operación:

**Características de las estaciones fijas**

Indicativo	AC. (A,M,L,E)	Estructura asociada	Antena asociada	Equipo utilizado	Potencia de Operación (W)
F11	A	S12	A8	E8	0,15
F12	A	S3	A12	E12	0,15

## ANEXO 8: INFORMACIÓN PARA ESTUDIO DE EMISIONES DE RNI

FormularioRni
INFORMACIÓN PARA ESTUDIO TÉCNICO DE EMISIONES DE RNI (CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD) RC-15A

Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

**El presente cuadro muestra los cálculos realizados correspondientes al estudio de Radioaciones No Ionizantes**

Indicativo	Provincia	Ciudad	Localidad	Latitud	Longitud	Frecuencia	SlimOcupacional	SlimPoblacional	Altura	R2	RS	R10	R20	R50	Pote
S1	TUNGURAHUA	AMBAATO	12 DE NOVIEMBRE	1°14'37.8"S	78°37'35.1" W	5725-5850	50	10	2	2.06	5.02	10.01	20.01	50	501
S6	TUNGURAHUA	AMBAATO	CERRO LLANTANTOMA	1°09'17.2"S	78°39'58" W	5725-5850	50	10	15	13.65	14.4	16.8	24.13	51.29	501
S8	TUNGURAHUA	AMBAATO	CERRO LLANTANTOMA	1°09'17.2"S	78°39'58" W	5725-5850	50	10	15	13.65	14.4	16.8	24.13	51.29	501
S2	COTACACHI	LATACUNGA	ANTONIA VILA	0°55'57.2"S	78°37'18.1" W	5725-5850	50	10	15	13.65	14.4	16.8	24.13	51.29	501
S9	TUNGURAHUA	AMBAATO	CERRO LLANTANTOMA	1°09'17.2"S	78°39'58" W	5725-5850	50	10	15	13.65	14.4	16.8	24.13	51.29	501
S4	COTACACHI	SALCEDO	SALCEDO	1°02'35.6"S	78°35'11.6" W	5725-5850	50	10	2	2.06	5.02	10.01	20.01	50	501
S10	TUNGURAHUA	AMBAATO	CERRO LLANTANTOMA	1°09'17.2"S	78°39'58" W	5725-5850	50	10	15	13.65	14.4	16.8	24.13	51.29	501
S5	TUNGURAHUA	SANTIAGO DE PILLAR	CARLOS TAMAYO Y BOLIVAR	1°10'25.5"S	78°32'35" W	5725-5850	50	10	2	2.06	5.02	10.01	20.01	50	501
S11	TUNGURAHUA	AMBAATO	CERRO LLANTANTOMA	1°09'17.2"S	78°39'58" W	5725-5850	50	10	15	13.65	14.4	16.8	24.13	51.29	501
S7	TUNGURAHUA	MOCHA	CERRO CHIPSA	1°30'32.7"S	78°35'5.2" W	5725-5850	50	10	15	13.65	14.4	16.8	24.13	51.29	501
S12	TUNGURAHUA	MOCHA	CERRO CHIPSA	1°30'32.7"S	78°35'5.2" W	5725-5850	50	10	15	13.65	14.4	16.8	24.13	51.29	501
S3	CHIMBORAZO	KUOBAMBA	BOYACA Y CAJAEBO	1°40'26.6"S	78°39'22.6" W	5725-5850	50	10	2	2.06	5.02	10.01	20.01	50	501