

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**TEMA:**

**“DISEÑO DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES A BENEFICIO  
DEL GOBIERNO PARROQUIAL DE CARANQUI”**

AUTOR: EDWIN GEOVANNY TÚQUERREZ IPIALES

DIRECTOR: ING. CARLOS VÁSQUEZ

IBARRA – ECUADOR

2014

# Diseño de la red de telecomunicaciones a beneficio del gobierno parroquial de Caranqui

Carlos A. Vásquez, Edwin G. Túquerrez

**Resumen**—El presente documento da a conocer el proceso de diseño de una red de telecomunicaciones que brinde conectividad inalámbrica y servicios informáticos al gobierno parroquial de Caranqui, definiendo lugares estratégicos para cubrir toda la parroquia, con el objetivo de brindar los servicios de internet, seguridad informática, transmisión de voz y video, y sobre todo reducir la brecha digital en la parroquia de Caranqui.

El estudio se basa en una red con tecnología inalámbrica WIMAX y alternativas de software libre para los servicios como son: Firewall, Proxy, VoIP, Video Streaming y Portal Cautivo.

**Términos Indexados**— WIMAX, VoIP, WISP, MINTEL

## I. INTRODUCCION

La parroquia de Caranqui actualmente cuenta con 6 barrios Urbanos, 11 urbano marginales y 7 comunidades. En todo su territorio se establecen 15 unidades educativas, 2 privadas y 13 públicas, además contempla 13000 habitantes o 3250 familias aproximadamente.

La parroquia tiene un acceso limitado a una red de datos e internet debido a la falta de infraestructura por parte de empresas que brinda estos servicios mediante redes cableadas, falta de cobertura de los WISP locales de la ciudad de Ibarra y costos muy elevados por parte de las empresas celulares que brindan estos servicios.

El Ministerio de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) mediante el Concejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) tienen vigente la resolución TEL-534-CONATEL-2011 para la implementación y legalización de *Redes de Acceso Universal de Internet* que brinda un modelo que permite suplir las necesidades que

Documento recibido el 1 de Julio del 2014. Esta investigación se realizó como proyecto previo para obtener el título profesional en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte.

C.A. Vásquez, Docente de la Universidad Técnica del Norte, en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Av. 17 de Julio sector El Olivo, Ibarra-Ecuador (teléfono 5936-2955-413; e-mail: cava\_6@hotmail.com).

E.G. Túquerrez, egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (teléfono 5936-2607-913; e-mail: edwintuquerrez@gmail.com).

actualmente requiere la parroquia de Caranqui en conectividad y servicios informáticos principalmente el de internet.

## II. CONCEPTOS BASICOS

### A. WIMAX

La tecnología de Interoperabilidad mundial para acceso por microonda definido por el acrónimo WIMAX se encuentra estandarizada por el IEEE 802.16-2009 en su versión de documento acumulativo. Tiene como objetivo implementar redes inalámbricas de altas prestaciones con acceso fijo inalámbrico, permite una tasa de transferencia de 70 Mbps y una cobertura de 50 Km. [1]

*Características:*

- Trabaja con una modulación y codificación adaptiva (ACM) con los siguientes métodos: BPSK – QPSK – 16QAM – 64 QAM.
- Soporta una Duplexación TDD – FDD
- Establece un protocolo de acceso al medio TDMA
- Multiplexación: OFDM – OFDMA – SOFDMA
- Soporta antenas MIMO
- Brinda Calidad y Servicio.
- Las frecuencias que utiliza están definidas de acuerdo a la región o país en donde se aplique la tecnología (ver Tabla 1).

Tabla 1: Distribución de frecuencias por región o país

Región o País	Bandas de frecuencia para WIMAX
EE.UU.	2.3, 2.5 y 5.8 GHz
Sudamérica y Centroamérica	2.3, 2.5 y 5.8 GHz
Europa	3.5, 5.8 y 2.5 GHz
Sudeste Asiático	2.3, 2.5, 3.3 y 5.8 GHz
Oriente Medio y África	3.5 y 5.8 GHz

*Arquitectura*

La tecnología WIMAX está basada en el modelo de referencia OSI representadas en 7 capas, trabaja en la capa física dividiendo en 4 subcapas y la subcapa MAC de la capa enlace de datos dividida en 3 subcapas (ver Figura 1). [1]

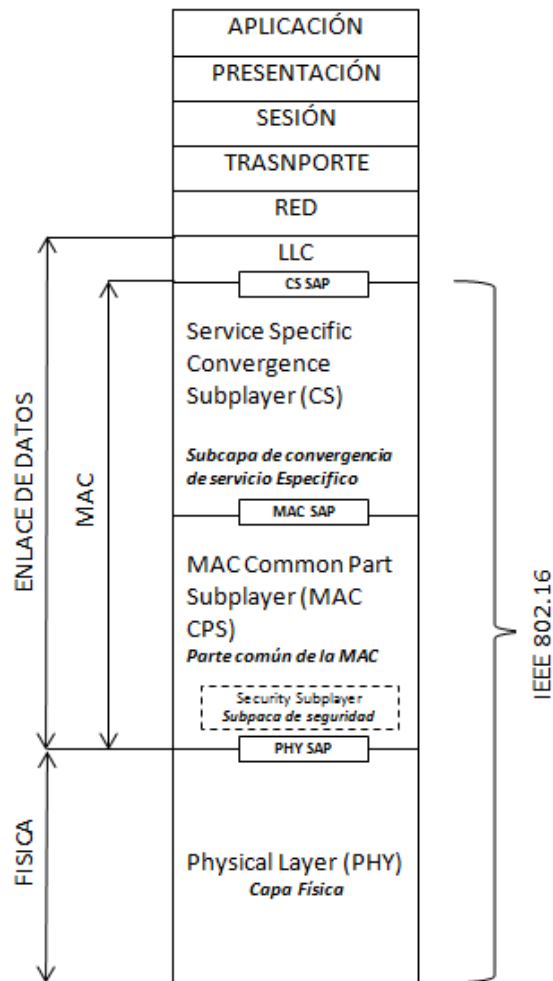


Figura 1: Arquitectura de capas IEEE 802.16.  
Fuente: IEEE Std 802.16™-2009, IEEE, 29 May 2009.

### Formato de la trama MAC

El estándar IEEE 802.16 define dos tipos de tramas la GMH que es una trama genérica y la segunda que es el encabezado MAC sin payload utilizado principalmente para peticiones de ancho de banda (BR).

La tecnología WIMAX trabaja principalmente en el encabezado de su trama para brindar los beneficios mencionados por este estándar (ver Figura 2). [1]

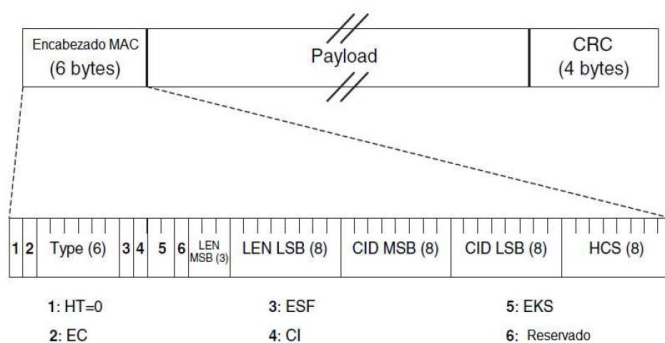


Figura 2: Formato de la trama WIMAX.  
Fuente: IEEE Std 802.16™-2009, IEEE, 29 May 2009.

Descripción de cada campo de la cabecera de trama (ver Tabla 2)

Tabla 2: Descripción del contenido en bits de la cabecera de la trama WIMAX.

Bit	Descripción	Funciones
1	HT (Header Type)	Indica el tipo de trama: 0= (GMH) Mac genérica 1= (BR) petición de ancho de banda o Mac sin payload
1	EC (Encryption control)	0= payload encriptado 1= payload no encriptado
6	Type	Indica si hay tipo especiales de payload y subencabezados
1	ESF (Extended Subheader)	0= no tiene sub cabecera 1= contiene subcabeceras y se activa GMH
1	CI (CRC Indicator)	0= no tiene CRC 1= tiene CRC
2	EKS (Encryption Key Sequence)	Se encarga de cifrar el payload de la trama solo se activa si EC está en 1
11	LEN (Lenght)	Longitud en bits de la MAC PDU incluyendo el Header y CRC
16	CID (ID Connection )	Muestra el Identificador de conexión del encabezado de la trama
8	HCS (Header Check Sequence)	Su trabajo es detectar errores en el encabezado de la trama

### B. Firewall

Es una herramienta que puede ser implementada en hardware, software o de las dos formas que puede permitir, bloquear, limitar, descifrar tráfico en una red de computadores según las políticas implementadas en sus reglas. [2]

Existen dos tipos de firewall los cuales se diferencian de los recursos que filtran y la en la capa que trabajan del modelo de referencia OSI:

- Firewall de filtrado de paquetes
- Firewall de capa aplicación.

#### Firewall de filtrado de paquetes

Este tipo de firewall trabaja en las capas red y transporte debido a que filtra redes y puertos, según las políticas de la red de computadores se debe diseñar las reglas o filtros necesarios para su implementación. Para el diseño de filtros en este tipo de firewall se debe tomar en cuenta dos tipos de políticas generales:

- *Política restrictiva:* Se niega todo a excepción de lo permitido mediante las reglas del firewall.
- *Política permisiva:* Se permite todo a excepción de las negaciones impuestas por las reglas del firewall.

#### Firewall de capa aplicación

Este tipo de seguridad trabaja en la capa siete denominada Aplicación del modelo OSI, son llamados comúnmente Proxy y su función principal es filtrar contenido y aplicaciones mediante direcciones URL y sitios Web con reglas que trabajan a nivel del protocolos que trabajan en esta capa.

### C. Proxy

Es un elemento de la red que puede ser hardware o software llamado en español punto intermedio que tiene diferentes funciones dependiendo de las funciones de la red y puede ser:

- Control de acceso.
- Registro de tráfico.
- Gestión de Cache.

La función principal del servidor proxy web es filtrar contenido HTTP y HTTPS en la web con la URL y según las políticas de la red interna, además puede haber políticas para las redes externas lo que lleva a los tipos básicos de servidores proxy web:

*Proxy local:* Son servidores configurados con políticas internas y la aplicación de las mismas son destinadas para las peticiones internas de la red. [2]

*Proxy externo:* Son servidores con políticas para filtrar contenido externo a la intranet se utiliza especialmente para salida a internet al igual que el tráfico externo sea filtrado en sus peticiones a los servidores internos. [2]

#### D. VoIP

Es la tecnología que comprende los recursos para la transmisión y recepción de señales de voz mediante el protocolo de internet. Su funcionamiento empieza con el muestreo de una señal y la modulación de la misma para el cambio de analógica a digital. Para la transmisión en paquetes IP se utiliza Códecs de compresión ya específicos para esta tecnología y la descompresión cuando el paquete llega a su destino.

#### Estandares VoIP

Son normas para la utilización de la tecnología VoIP entre los principales se encuentran el H.323 definido por la UIT y el SIP definido por la IETF, la selección del estándar se basa en sus características, formas de trabajo y principalmente la utilización del software que brindara este servicio.

#### Protocolos VoIP

Los protocolos creados para transmisión de voz sobre redes de datos se han realizado con el objetivo de minimizar costos y optimizar recursos para tener esta tecnología y brindar los servicios el principal la telefonía. Los principales protocolos en la actualidad son: H.323, SIP, IAX2. Los dos protocolos H.323 y SIP fueron ya explicados debido a que también son considerados estándares en esta tecnología. [4]

#### IAX2

(Inter-Asterisk eXchange Protocol) es protocolo libre desarrollado para centrales IPBX por la empresa Digium, trabajar con centrales Asterisk y su interconexión.

#### Arquitectura de VoIP

Para la implementación de este servicio son necesarios los siguientes elementos: Terminales, Servidores VoIP y Gateway, principales para cualquier arquitectura que utilice esta tecnología.

#### Codec para VoIP

Tiene la finalidad de transformar las ondas analógicas en ondas digitales, este método ayuda en la disminución del consumo de ancho de banda debido a la compresión de la información.

Los Codecs más utilizados en VoIP son (ver Tabla 3). [4]

Tabla 3: Características de codec para VoIP.

Codec	Ancho de Banda (Kbps)	Licencia
G.711	64	No necesita
G.711.1		
G.722	64	No necesita
G.722.1	24, 32, 48	
G.726	16, 24, 32, 40	No necesita
G.729	8	No necesita
G.729 A		
GSM	13	No necesita
Speex	2.15 – 22.4	No necesita

#### E. Video Streaming

La tecnología streaming consiste en la difusión de contenido web tanto en voz y video mediante la descarga del contenido y al mismo tiempo la reproducción del mismo, Estas aplicaciones utilizan un espacio de memoria en el disco local donde se almacena el contenido. Es aplicado para transmisiones en vivo mediante aplicaciones web, radios y televisión que utilizan como plataforma el internet y las redes de computadores.

#### Protocolos Streaming

Para la aplicación del streaming se considera dos protocolos principales: UDP para evitar la corrección de errores debido a que son muy imperceptibles y RTSP que distribuye los datos de control con TCP y datos de voz y video con UDP

#### Codec para video Streaming

La tecnología de compresión y descompresión se nombra códec en general ya que contiene a los dos procesos, en la aplicación de streaming tanto para la transmisión de video como para voz. [5]

Los códec principales en la transmisión de video se caracterizan los siguientes:

*H.264:* fue desarrollada por la UIT-T también denominado MPEG1-4 Parte 10/AVC, es un estándar abierto de licencia, ofrece mayor eficiencia al uso del ancho de banda que sus antecesores además ofrece mayor capacidad de recuperación ante errores. Permite mayor velocidad y mejor resolución y su distribución es global debido a que los productores de dispositivos se han unido muy rápidamente a este nuevo protocolo.

*VP8:* Es un códec desarrollado por la empresa On2 Technologies filial de Google Inc. Es aplicado para software libre debido a sus licencias gratuitas. Su característica principal es su alto rendimiento en interpolación de Sub-Píxeles y el filtro de bucle adaptivo que tienen como objetivo

reducir ancho de banda y velocidad para la transmisión de video.

#### F. Portal Cautivo

Es una página web prediseñada alojada en un servidor con el fin de brindar seguridad en una red de computadoras, interactúa directamente con el usuario que quiere acceder a la red con la petición de un usuario y contraseña, provee una vista del contenido inicial de la página según las políticas de la red, puede administrar tiempos de navegación en la red y anchos de banda por cada usuario. [6]

Esta aplicación es usada ampliamente en redes inalámbricas o HotSpot que necesitan el control de redes abiertas al público en general. Su implementación puede ser tanto solo hardware como Software o ambos debido a las funciones y rendimiento que pueden brindar estos elementos en la red.

### III. ANALISIS REGULATORIO

Actualmente en el Ecuador las entidades que administran y regulan el sector de las telecomunicaciones cuentan con una estructura organizacional que contiene a su principal autoridad el Ministerio de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) y sus entidades adscritas como se muestra en la Figura 3. [7]

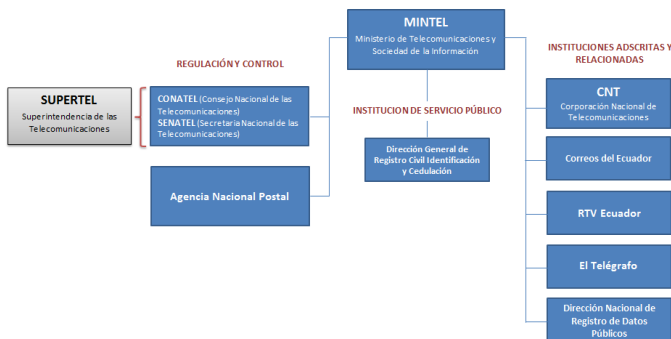


Figura 3: Estructura institucional de las telecomunicaciones en el Ecuador.  
Fuente: Ministerio de Telecomunicaciones (MINTEL).

La CONATEL es la entidad que aprueba normas y reglamentos para el sector de las telecomunicaciones, para el presente proyecto se considera la Resolución TEL-534-CONATEL-2011 que brinda un modelo de implementar y regular redes como las que plantea el proyecto.

#### A. Resolución TEL-534-CONATEL-2011

Es una resolución que brinda las normas y reglas para la implementación de Redes de Acceso Universal de Internet, sus beneficiarios y las entidades que pueden implementar este tipo de redes según las definiciones que brinda la resolución: [8]

#### B. Normas de Modulación digital de banda ancha en Ecuador

Para el presente proyecto y su aplicación es necesario aplicar la ley vigente para el uso del espectro radioeléctrico en el Ecuador. Su normalización está vigente según la Resolución

TEL-560-18-CONATEL-2010 donde se resuelve la *norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha*.

#### C. Resolución 163-06-CONATEL-2009

Esta resolución presenta un reglamento sobre el acceso y uso compartido de infraestructura física, tanto de empresas públicas como privadas, tiene como objetivo brindar un procedimiento administrativo y técnico para el uso de torres de telecomunicaciones a terceros mediante el cumplimiento de requerimientos por parte de la empresa propietaria y esta resolución.

### IV. DISEÑO

El diseño propuesto para la Parroquia de Caranqui contempla la cobertura inalámbrica de toda su extensión geográfica y la selección de puntos llamados centros de informática donde se alojaran los computadores de escritorio y equipos de redes.

#### A. Selección de los centros de informática

Los 22 puntos denominados centros de informática se basan en la infraestructura actual que cuentan tanto física como eléctrica para la instalación de los equipos, además son seleccionados estratégicamente para brindar los servicios propuestos y brindar cobertura a todas las unidades educativas, barrios y comunidades de la parroquia (ver Figura 4).

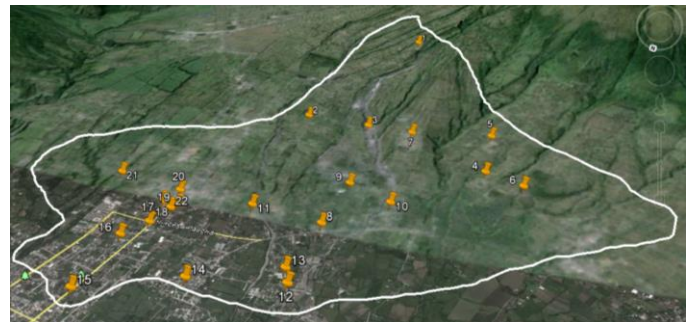


Figura 4: Puntos considerados como centros de informática.  
Fuente: Mapas Digitales Google Earth editado por Edwin Túquerrez.

#### Definición de centros de informática

El modelo de estos centros se toma en base a los infocentros que instala actualmente el MINTEL, estos constan de: 6 Computadores de escritorio, un teléfono IP, computador destinado a videoconferencia esta consta en las 6 ya mencionadas, mobiliario de computadores, impresora y pizarra de tiza líquida.

Para la cobertura de la red inalámbrica de toda la parroquia se seleccionó un punto estratégico que brinda la cobertura y las características técnicas para alojar equipos de redes. Este punto es la torre de telecomunicaciones de la empresa pública CNT ubicada en la calle Juana Atabalipa y Princesa Cory Cory (ver Figura 5).



Figura 5: Torre estructural de la CNT.  
Fuente: Parroquia de Caranqui.

Para la demostración de la cobertura desde la torre de telecomunicaciones de la empresa pública CNT se realiza una simulación mediante el software Radio Mobile para la visualización de la cobertura tanto a los 22 puntos como a toda la Parroquia de Caranqui. Esta simulación se interpreta en base a colores y la intensidad de dBm que brinde la señal de transmisión (ver Figura 6).

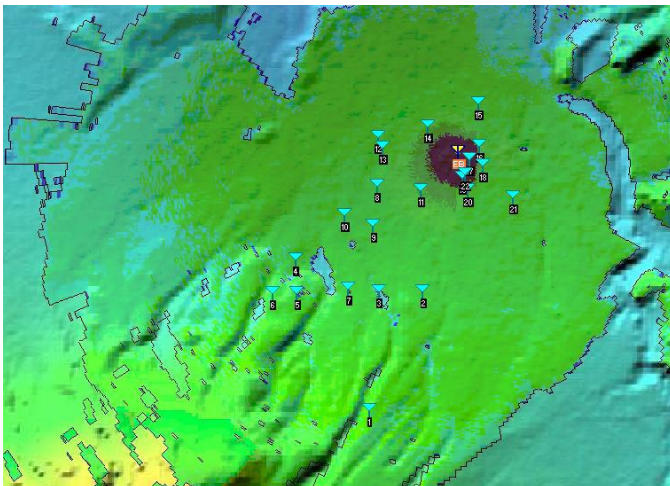


Figura 6: Simulación cobertura torre de CNT.

Fuente: Simulador Radio Mobile editado por Edwin Tùquerrez.

### B. Arquitectura del diseño

Para la planificación del diseño se fundamenta en una arquitectura estructurada en capas (ver figura 7).



Figura 7: Arquitectura del diseño propuesto.

Fuente: Material del curso Diseño de sistemas de comunicación noveno nivel.

#### *Eléctrico*

En esta subcapa se analizó las características y requerimientos que exige el diseño para el buen funcionamiento de los equipos propuestos, el análisis se realizó en los 22 puntos que alojaran las PC de escritorio y los equipos de redes y además del lugar donde se encuentran los servidores.

#### *Requerimientos eléctricos para los centros de informática:*

- Sistema Eléctrico que brinde una tensión de red de 110 VCA /220 VCA +/- 10 % con una frecuencia de red de 60 Hz +/- 5%.
- Protección de la acometida eléctrica mediante cajas terminas con taco braker mínimo de 20 Amperios para soportar 10 computadores y equipos de telecomunicaciones.
- Sistema de puesta a tierra mediante la norma ANSI/TIA/EIA-607 con una medida por debajo de los 5Ω.

Para el centro que alojara los servidores se debe añadir a los requerimientos anteriores la implementación de un UPS con las especificaciones dependiendo del número de equipos a utilizar y además añadir al sistema de puesta a tierra al tubo galvanizado destinado como mástil para soportar las antenas de cada centro de informática.

Además se realizó recomendaciones en la obra civil de cada centro debido a que algunos presentaban ciertas vulnerabilidades para instalar e quipos informáticos (ver Figura 13).

Las recomendaciones son:

- Implementación de techos falsos
- Instalación de vidrios en ventanas
- Instalación de chapas y candados para el ingreso.
- Realizar trabajos de obra civil y pintura si lo necesitara.

#### *Pasiva*

La subcapa pasiva contiene la infraestructura que brindara el acceso a los servicios propuestos desde los 22 centros de informática. Para su diseño se requiere la demanda de

velocidad de transferencia requerida en cada punto y la distancia que existe desde la torre de distribución hacia cada uno de los mismos.

Para el cálculo de la demanda de velocidad de transferencia requerida en cada punto se realizó mediante la suma del consumo de velocidad de transferencia de cada dispositivo destinado en los centros de informática (ver Tabla 4).

Tabla 4: Demanda de velocidad de transferencia.

Descripción	Upstream	Downstream
5 PC = Internet	128 Kbps x 5 = 640 Kbps	128 Kbps x 5 = 640 Kbps
1 Teléfono IP	64 Kbps	64 Kbps
1 Videoconferencia	384 Kbps	384 Kbps
5 PC (Portal Cautivo)	128 Kbps x 5 = 640 Kbps	128 Kbps x 5 = 640 Kbps
<b>TOTAL</b>	<b>1.728 Kbps</b>	<b>1,728 Kbps</b>

La velocidad total requerida por cada centro de informática es de 1.728 Kbps a esto se debe añadir el tráfico de computadores de escritorio que ya cuentan si este centro se encuentre en una unidad educativa y la demanda total para toda la red es de 21 Mbps.

Una vez determinado la distancia y la velocidad de transferencia requerida se representa un diseño preliminar de la red (ver figura 8) y se selecciona los equipos que serán utilizados como Puntos de Acceso como estaciones para los clientes según los siguientes requerimientos:

#### Requerimientos Puntos de Acceso:

- Soporta el protocolo IEEE 802.16-2009 en adelante
- Trabaja en las bandas libre 5.725 – 5,850 GHz
- La potencia irradiada no sobrepasa el 1W ( $\geq 30\text{dBm}$ ) según la reglamentación del país.
- Permite anchos de banda del Canal de 20 MHz
- Permitir escalabilidad para añadir nuevos usuarios
- Permitir una velocidad de transferencia de hasta 21 Mbps simétrico.
- Permite escalabilidad para nuevos clientes y en diferentes marcas.
- Duplexación TDD , FDD
- Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM)
- Puede incluir una antena o proporcionar un conector N para sumar antena sectorial de  $120^\circ$  de cobertura.

#### Requerimientos Estaciones para Clientes:

- Soporta el protocolo IEEE 802.16d en adelante

- Trabaja en las bandas libre 5.725 – 5,850 GHz
- La potencia irradiada no sobrepasa el 1W ( $\geq 30\text{dBm}$ ) según la reglamentación del país.
- Permite anchos de banda del Canal de 20 Mhz
- Duplexación TDD , FDD
- Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM)
- Permitir una velocidad de transferencia de hasta 5 Mbps simétrico
- Puede incluir una antena o proporcionar un conector N para sumar antena direccional.
- Puede trabajar con otras marcas en la Estación Base.

Con estos requerimientos se seleccionó los dispositivos de la firma Alentia con el modelo PRO-BS-1150 para la estación base y el modelo PRO-SU-1150 para las estaciones cliente, además se utilizan los mismos equipos para el enlace Backhaul añadiendo una antena direccional de la firma Ubiquiti con el modelo RD-5G-30.

Con la selección de los equipos y las características de la red se realizó una simulación de los 22 enlaces en el software Radio Mobile (ver Figura 9) y se verifico los resultados que proporciona el software (ver Figura 10) para certificar la viabilidad de cada enlace. En los resultados se verifica los principales resultados como son: primera zona de fresnel, sensibilidad de recepción, alturas de las antenas y margen de potencia del enlace.

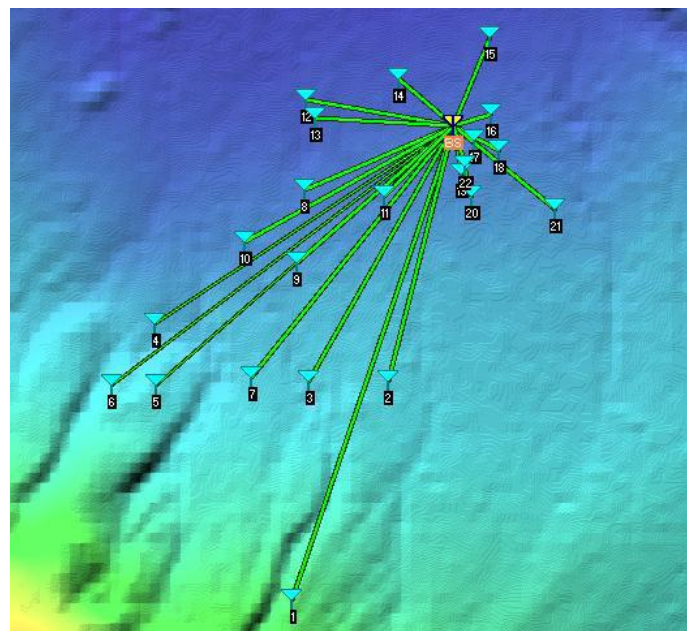


Figura 9: Simulación diseño preliminar.

Fuente: Simulador Radio Mobile editado por Edwin Túquerrez.

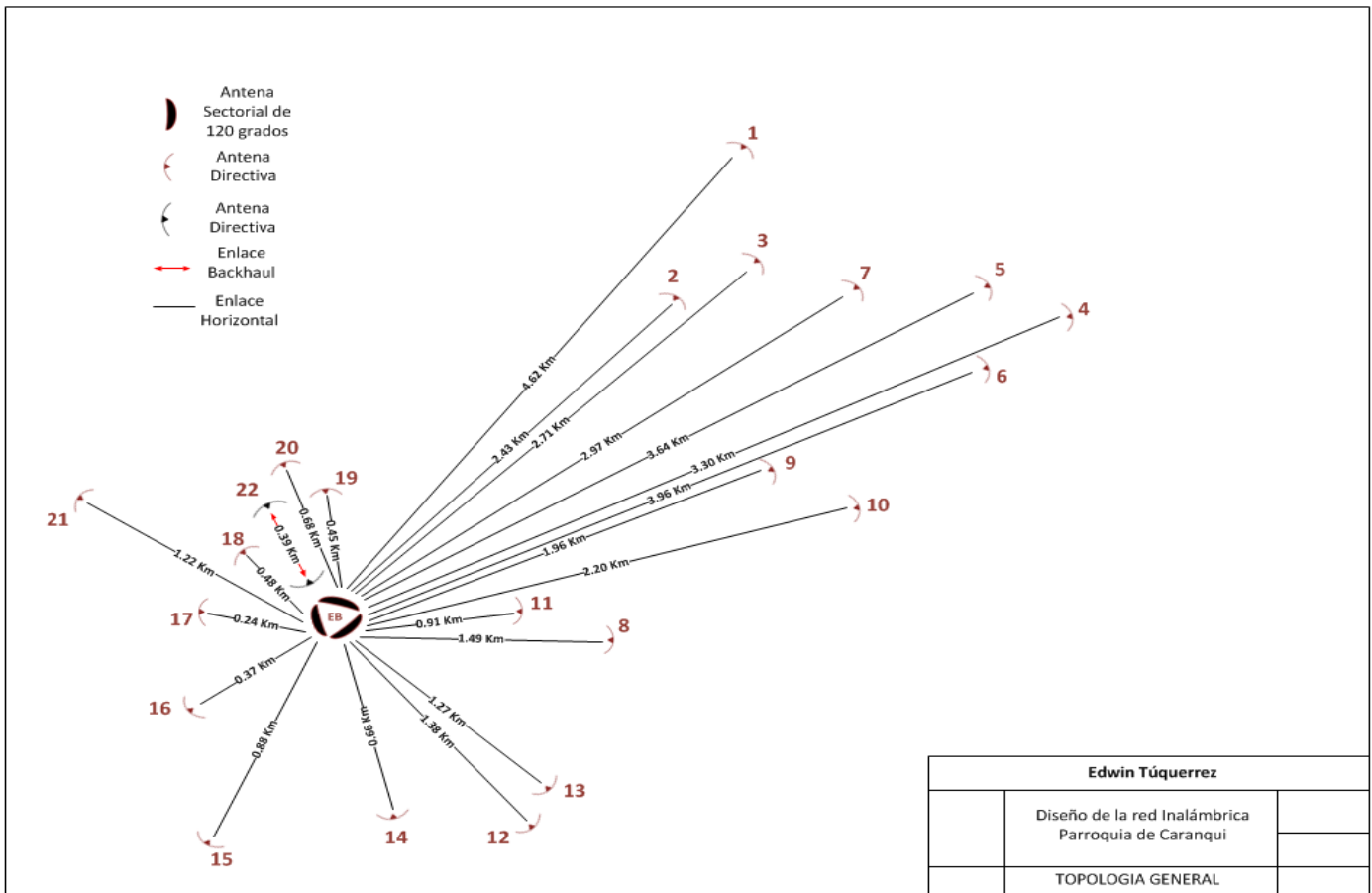


Figura 8: Diseño preliminar de la red inalámbrica.  
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez.

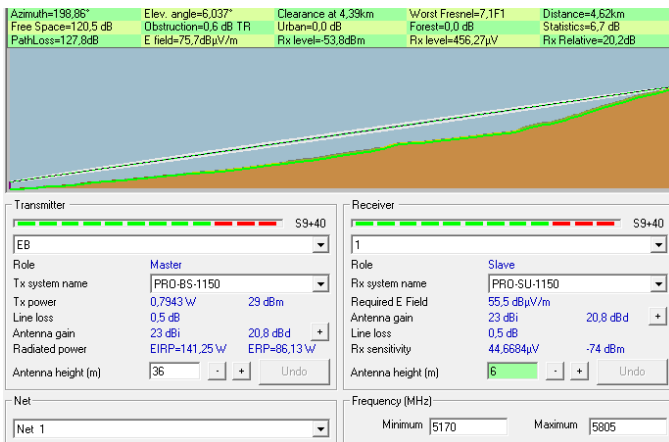


Figura 10: Resultados de Simulación.  
Fuente: Simulador Radio Mobile editado por Edwin Túquerrez.

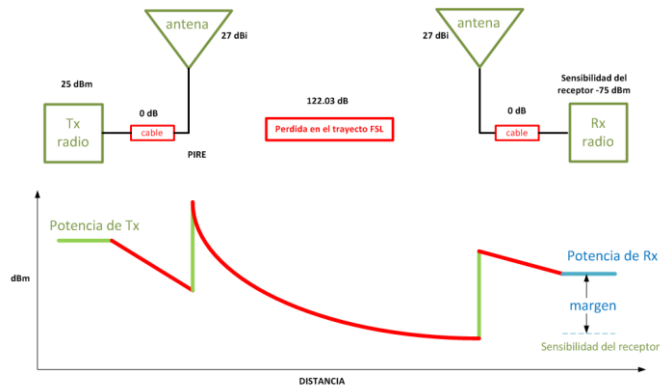


Figura 11: Esquema general del cálculo del presupuesto de potencia de un radioenlace.  
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del cálculo del presupuesto del enlace.

Para la viabilidad de cada enlace se verifica el resultado más importante que es la sensibilidad de recepción mediante el modelo matemático del presupuesto del enlace, donde se realiza una sumatoria de las pérdidas y ganancias de todo el sistema (ver Figura 11) y se garantiza que el resultado no sea mayor a lo expuesto en la hoja de datos del radio receptor en cada enlace.

**Activa**

En esta subcapa se realizó la distribución de equipos de redes según un modelo jerárquico implementado en las capas: Núcleo, Distribución y Acceso.

**Núcleo**

Los equipos que conforman esta capa son los que alojaran los servicios, además aquí se encuentra la salida al internet y el



enlace Backhaul. Los equipos se encuentran en la junta parroquial de Caranqui, en este sitio está destinado un centro de informática por lo que se añade equipos de acceso para los usuarios finales (ver Figura 12).

### Distribución

En esta subcapa se encuentran los equipos de radioenlace configurados en modo Punto de Acceso, estos se encuentran en la Torre de distribución ya designada interconectados mediante un switch de capa 3. Además cuenta con los equipos de radioenlace que se encuentran en los 22 centros de informático configurados en modo router (ver Figura 12).

### Acceso

La subcapa acceso es destinada para los usuarios finales, el presente diseño contempla los servicios para 6 computadores de escritorio por lo que se designa un switch de capa 2 y un Punto de acceso para el acceso a equipos inalámbricos donde se brindara el servicio del portal cautivo (ver Figura 12).

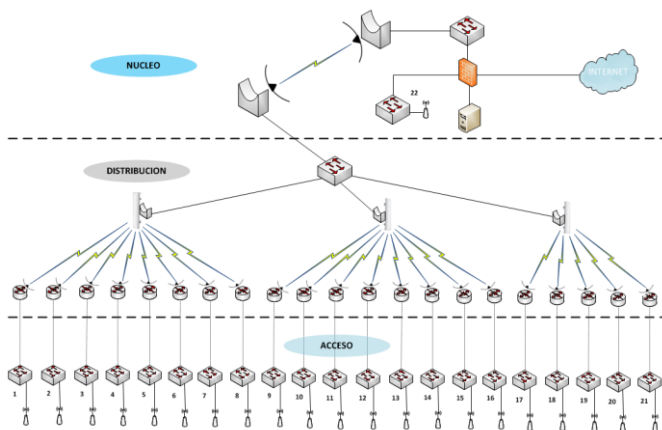


Figura 12: Diagrama general de la Jerarquía de red propuesta.  
Fuente: Elaborado a partir de las consideraciones del diseño.

### Direccionamiento Lógico

Una vez distribuido los equipos se realiza la distribución de las subredes a ser utilizar, el proyecto propone la asignación de una subred a cada centro de informática, además de una subred propia para la administración de los radios y los servicios (ver Tabla 5). Según estas consideraciones se propone el siguiente direccionamiento con las siguientes características:

- Protocolo: IPv4
- Red Privada: 192.168.0.0
- Clase: C (255.255.255.0)
- Tipo de Direccionamiento Lógico: Sin VLSM

Con la distribución de las subredes se añade a cada dispositivo una IP para su configuración y administración, la topología

general muestra los equipos y su asignación de IP (ver Figura 13).

Tabla 5: Distribución de las subredes para cada centro informático.

	Redes	Subred
1	Administración	192.168.1.0/24
2	Servidores	192.168.2.0/24
3	Juan de dios Navas -Naranjito	192.168.3.0/24
4	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	192.168.4.0/24
5	Manzanal	192.168.5.0/24
6	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	192.168.6.0/24
7	Catzoloma	192.168.7.0/24
8	San Francisco de Chorlavisito	192.168.8.0/24
9	19 de Enero	192.168.9.0/24
10	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	192.168.10.0/24
11	Chamanal	192.168.11.0/24
12	20 de octubre	192.168.12.0/24
13	Guayaquil de Caranqui	192.168.13.0/24
14	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	192.168.14.0/24
15	El Naranjal	192.168.15.0/24
16	Yuyucocha	192.168.16.0/24
17	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	192.168.17.0/24
18	Colegio Atahualpa – La Candelaria	192.168.18.0/24
19	José Nicolás Vacas	192.168.19.0/24
20	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	192.168.20.0/24
21	Juan Miguel Suarez	192.168.21.0/24
22	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	192.168.22.0/24
23	Santa Lucía del Retorno	192.168.23.0/24
24	Central	192.168.24.0/24

Una vez determinado la topología general se realiza la comparación de equipos tanto en características técnicas como en costos y se designa las siguientes marcas o firmas para la utilización en el diseño (ver Tabla 6).

Tabla 6: Equipos seleccionados para el diseño general.

#	Equipos seleccionados para el diseño
22	Punto de acceso Ubiquiti Unifi AP (UAP)
22	Switch Mikrotik RB2011iL-RM
22	Radio y antena Netkrom ISPAIR CPE 510
22	Teléfono IP GXP-2160
3	Radio y antena Alentia (ARBA Pro)
1	Switch Ubiquiti EdgeRouter PRO ER-8
2	Radio Alentia (ARBA Pro)
2	Antenas Ubiquiti Rocket Dish Airmax
1	Switch Ubiquiti EdgeRouter PRO ER-8
1	Servidor IBM X3250M4
1	Servidor ML10HP Proliant
1	Rack de Piso Beaucoup
22	Rack de Beaucoup
1	UPS APS inteligente APC Smart-UPS 750VA USB
22	UPS CDP G-UPR-506

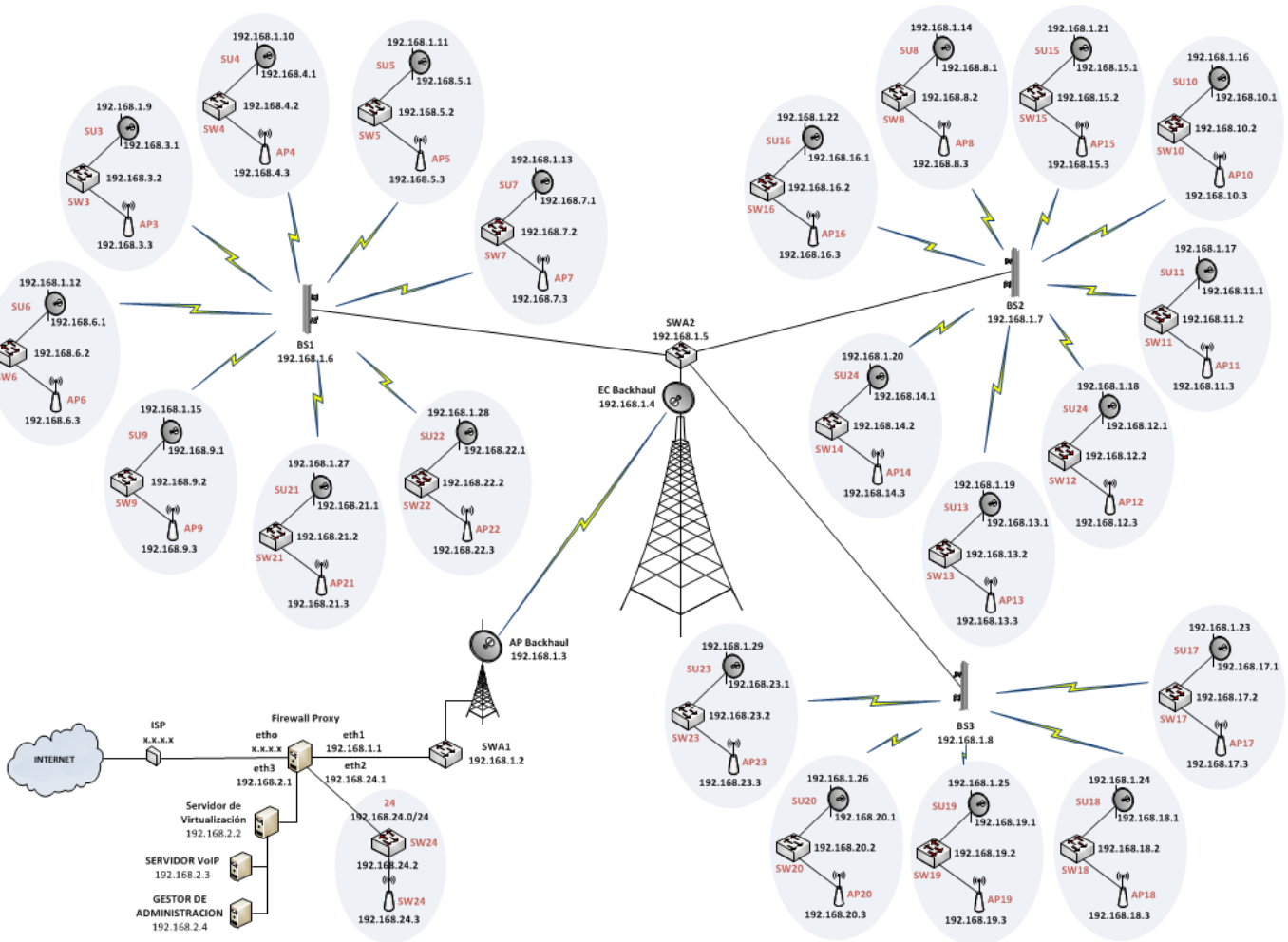


Figura 13: Topología General.

Fuente: Elaborado a partir de las consideraciones del diseño.

Aplicaciones

Firewall y Proxy

EL proyecto propone una seguridad básica con un Firewall para el control de puertos tanto del tráfico de entrada como el de salida y entre subredes internas. Además se propone el control de acceso a páginas web indebidas y no adecuadas para el buen uso de la red.

La implementación de estos servicios se realizó con una arquitectura tanto para el Firewall como el Proxy (ver Figura 14), este modelo implementa el dispositivo entre la red interna LAN y el servicio de Internet para el control de puertos y contenido web.

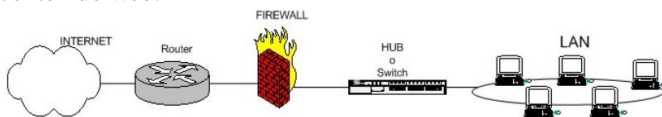


Figura 14: Arquitectura de firewall y proxy seleccionado.

Fuente: Altadil P. (2008). IPTABLES Manual Práctico. Recuperado de <http://www.pello.info/filez/firewall/iptables.html>

Las características para la implementación de estos servicios se basan en políticas internas del uso de la red, en el control de puertos las configuraciones solicitadas se basan en una política restrictiva con la negación de todos los puertos y la apertura de solo los necesarios, de este trabajo se encarga el Firewall solicitado por el diseño.

El control de tráfico desde la red interna hacia la internet y redes exterior está determinado mediante la autorización de puertos de navegación básicos (ver Tabla 7), la utilización del trafico autorizado por parte de los usuario se realizara en forma transparente ya que el dispositivo donde se alojara el firewall debe ser configurado en este modo.

Tabla 7: Tráfico autorizado desde la red interna hacia redes externas e internet.

Puertos	Protocolo	Acción	Descripción
443	HTTPS	Permitir	Se permite el trafico encriptado de navegación web.

80	HTTP	Permitir	Se permite el tráfico de navegación web.
21	FTP	Permitir	Se permite la transferencia de archivos
25	SMTP	Permitir	Se permite la transferencia de correo electrónico.
110	PoP	Permitir	Se permite la transferencia de correo electrónico.
143	IMAP	Permitir	Se permite la transferencia de correo electrónico.
995	PoP3s	Permitir	Se permite la transferencia de correo electrónico. encriptado
993	IMAPs	Permitir	Se permite la transferencia de correo electrónico encriptado.
53	DNS	Permitir	Se permite el tráfico para la resolución de nombres de dominio
8 y 30	ICMP	Permitir	Se permite el tráfico de pruebas de conectividad básicas ping
Cualquiera	Cualquiera	Denegar	Denegar todos los demás puertos

Además se implementa control en el tráfico de puertos desde la subred de servidores para la aplicación de los servicios propuestos (ver Tabla 8).

Tabla 8: Tráfico autorizado desde la subred servidores.

Puertos	Protocolo	Acción	Descripción
161	SNMP	Permitir	Se permite el tráfico snmp para la gestión de dispositivos de redes
5060	SIP	Permitir	Se permite el tráfico SIP para la utilización de VoIP y Video Streaming
8 y 30	ICMP	Permitir	Se permite el tráfico de pruebas de conectividad básicas ping
Cualquiera	Cualquiera	Denegar	Denegar todos los demás puertos.

Para el control de contenidos web se realiza las reglas en base a una política permisiva que permite todo a excepción de los contenidos que no aportan a la comunidad (ver Tabla 9), de estas funciones se encarga el Proxy solicitado en el diseño.

Al igual que el firewall el servidor Proxy debe ser configurado en modo transparente para el usuario.

Tabla 9: Control de contenido Web.

Contenido	Acción	Descripción
Adulto	Denegar	Contenido inapropiado
Citas	Denegar	Contenido inapropiado
Entretenimiento	Denegar	Contenido inapropiado
Juegos	Denegar	Contenido inapropiado

<b>Anuncios</b>	Denegar	Contenido inapropiado
<b>Violencia</b>	Denegar	Contenido inapropiado
<b>Drogas</b>	Denegar	Contenido inapropiado
<b>Piratería</b>	Denegar	Contenido inapropiado
<b>Cualquiera</b>	Permitir	Contenido Apropiado

Para satisfacer la necesidad de estas configuraciones se realizó la comparación de características tanto de hardware como de software que cumpla lo solicitado y se concluyó la utilización de un servidor Servidor ML10HP Proliant con el Software Endian Firewall 2.5.2 que contiene los dos funciones tanto el Firewall como el Proxy requerido.

### Servicio de VoIP

Este servicio de VoIP pretende brindar el servicio de voz mediante la red IP a todos los centros de informática ya definidos. Para la aplicación de este sistema se utilizara el protocolo SIP con el puerto 5060 TCP y UDP debido a que es altamente modular y flexible.

Para su arquitectura se asigna una extensión de este servicio a cada centro de informática. Para brindar el servicio es necesaria la utilización de un códec de trabajo, se seleccionó el códec G.729 debido a sus mejores prestaciones y bajo consumo de ancho de banda.

Una vez definida las características se brinda un esquema general (ver Figura 15) de la posición del servidor destinado a brindar la VoIP y los dispositivos de usuario final que utilizaran el servicio.

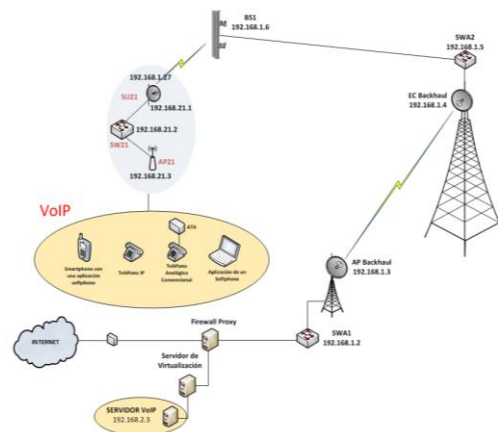


Figura 15: Arquitectura del servicio de VoIP.  
Fuente: Elaborado a partir de los requerimientos del diseño.

El Hardware y Software seleccionado se selecciono en base a las características que exige el diseño, el hardware se establecio con un solo equipo para virtualizacion de los servidores que necesita el diseño, el equipo seleccionado es el servidor IBM X3250M4. El software que cumple los requisitos impuestos es Elastix 2.4.0 quien brinda este el servicio mediante los protocolos y codecs seleccionados, para la utilización del servicio se designó un teléfono IP en cada centro de informática, el dispositivo seleccionado es el Teléfono IP GXP-2160.

*Servicio de Video Streaming*

Este servicio planteado tiene como objetivo brindar la trasmisión de video entre los centros de informática, con la arquitectura del servicio de VoIP se estable las extensiones ya designadas a cada centro de informática.

Se utilizara el protocolo SIP con el complemento del protocolo RTP para la tecnología Streaming. Se selecciona el códec H.264 debido a su utilización en aplicaciones de software libre requeridas en el diseño.

Para este servicio se destina un servidor como se muestra en el diagrama general (ver Figura 16).

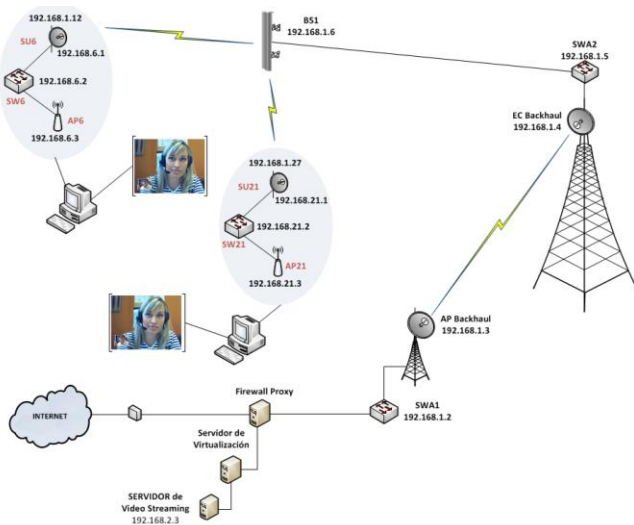


Figura 16: Arquitectura del servicio de Video Streaming. Fuente: Elaborado a partir de los requerimientos del diseño.

El servidor sera implementado virtualmente, ademas se utilizara el mismo software que brinda el servidor de VoIP Elastix 2.4.0 debido a que tambien brinda video streaming y se complementan los servicios. Tanto el Hardware como el Software seran utilizados entre los dos servicios, los computadores finales para la utilizacion de este sistema seran

implementados con todos los perifericos multimedia como son parlantes micrófono y cámara web.

*Portal Cautivo*

El servicio del portal cautivo tiene como objetivo brindar información al usuario final en la zona Wi-Fi implementada en cada centro informático, la arquitectura implementada es configurar este servicio en los switch de acceso en los centros de informático (ver Figura 17).

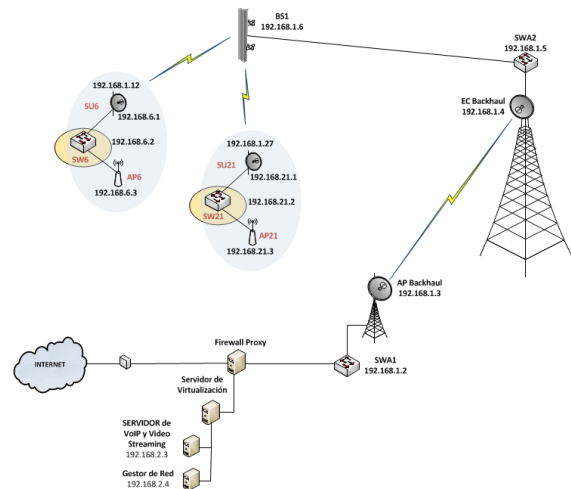


Figura 17: Arquitectura del servicio del portal cautivo. Fuente: Elaborado a partir de los requerimientos del diseño.

Se utilizara como hardware los equipos Mikrotik RB2011iL-RM y el software se utiliza el sistema de RouterOS interno del equipo donde se implementara el portal cautivo.

El diseño de la presentación del portal cautivo se realizó en software KompoZer versión 0.7.10 donde se implementara un página informativa en la que se encuentra las políticas de seguridad de la red, sus funciones e información del administrador de la red para recomendaciones y sugerencias de los usuarios (ver Figura 18).



Figura 18: Pagina informativa para el servicio del Portal Cautivo. Fuente: Elaborado a partir de los requerimientos del diseño.

## I. COSTO BENEFICIO

Para realizar el análisis costo beneficio se realizó un costo total de 48.479 de los equipos propuestos según proformas de empresas locales, además se realizó un análisis del costo que tendría implementar solo el servicio de internet en base a precios de la empresa local SAITEL con los requerimientos del diseño. El resultado final de la implementación de solo el servicio de internet en cada centro informático es de 195.000 Dólares para un tiempo de servicio de 5 años por parte de esta empresa privada.

Con los datos ya expuestos se realiza un análisis del costo beneficio del proyecto mediante la fórmula:

$$CB = \frac{\text{Beneficio} - \text{Contrabeneficios}}{\text{Costo}}$$

Ecuación 1: Fórmula costo beneficio

Fuente: Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México.

Pago a solo servicio de Internet empresa privada: 195,000 dólares

Costo (Gasto Propuesto): 48,479 dólares

Contrabeneficios: 0 dólares

Beneficios: 195.000 – 48.479 = 146,521 dólares

$$CB = \frac{146,521}{48,479}$$

$$CB = 3,02$$

Se pudo determinar un costo beneficio de 3.02 positivo, es decir que el proyecto se considera aceptable, ya que los beneficios que se obtendrán con la propuesta son mayores a los costos que representarían si se seleccionara la instalación del servicio de solo internet de la empresa privada.

### *Beneficiarios*

Los beneficiarios directos e indirectos del proyecto propuesto constan de los alumnos de las distintas unidades educativas con 2595 alumnos donde constan del nivel pre-primario, primario y secundario en la zona urbana y rural. Además se brindara los servicios para su utilización de 228 docentes en la zona urbana y 11 en la zona rural según datos oficiales del ministerio de educación.

Los centros de informática designados para brindar los servicios a la parroquia cubrirán en su totalidad a todos los habitantes, Caranqui cuenta con un estimado de 13000 habitantes o 3250 familias quienes utilizaran la red planteada directa o indirectamente.

## II. CONCLUSIONES

La parroquia de Caranqui está conformado por 6 barrios urbanos de los cuales solo el barrio central cuenta con acceso a internet en su casa barrial, 11 barrios urbano marginales y 7 comunidades en las cuales ninguna cuenta con el acceso a internet en su casa barrial o comunal. Además de 11 unidades educativas fiscales de las cuales 7 ya cuentan con acceso a internet pero 4 no tienen este servicio.

La tecnología inalámbrica WIMAX con el estándar 802.16 – 2009 permite cubrir requerimientos que demanda el diseño de la red en la parroquia de Caranqui, debido a que soporta velocidades de transferencia de 70 Mbps, tiene una cobertura de 50 Km y utiliza frecuencias de trabajo libres en el Ecuador en los 5.8 GHz.

La resolución TEL-534-CONATEL-2011 permite la implementación y legalización del modelo de red propuesto para la parroquia, además se utiliza la resolución TEL-560-18-CONATEL-2010 para la selección de equipos y frecuencias de trabajo y la resolución 163-06-CONATEL-2009 para tomar referencia a la torre de telecomunicaciones de la empresa pública CNT ya instalada como punto de cobertura para cubrir a toda la parroquia de Caranqui.

Los 22 puntos a ser contemplados en el diseño cuentan con centros de informática definidos para cada punto, además se utiliza un solo punto de distribución para la red inalámbrica y la marca utilizada para la propuesta es Albentia con su línea ARBA Pro. Los servicios propuestos utilizan software libre en el caso del Firewall y Proxy con el software Endian Firewall 2.5.2, VoIP y Video Streaming con el software Elastix 2.4.0 y el Portal Cautivo realizado en el software Router OS de Mikrotik.

Los servicios propuestos contemplan escenarios en el caso del firewall con el control de tráfico de puertos entrante, saliente y entre subredes de la red, además del control de web con el proxy, la transmisión de voz y video y la configuración de un portal cautivo para brindar una página informativa para los usuarios de los 22 puntos de este diseño.

El análisis costo beneficio brinda un valor positivo de 3,02 según su fórmula lo que demuestra la viabilidad económica del proyecto, además la propuesta de la red brindara los servicios a 11 unidades educativas con 2595 alumnos, 228 docentes en la zona urbana y 11 en la zona rural, además beneficia a 24 barrios y comunidades con 13000 habitantes o 3250 familias aproximadamente.

## RECONOCIMIENTO

Se expresa un especial reconocimiento a la Escuela Leopoldo N. Chávez y a su representante Lic. Washington Andrade Director del mismo por todo el apoyo y colaboración brindada para el desarrollo del presente proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] IEEE Standards Store. (2013). Estandar IEEE 802.16-2009. Recuperado de: [http://www.techstreet.com/ieee/products/vendor\\_id/4184](http://www.techstreet.com/ieee/products/vendor_id/4184).
- [2] Tanenbaum A. S. (2011). Redes de computadoras quinta edición. Estados Unidos. Pearson.
- [3] Altadil P. (2008). IPTABLES Manual Práctico. Recuperado de <http://www.pello.info/filez/firewall/iptables.html>.
- [4] Foro VoIP. (2014). Comparación de Códec y protocolos para VoIP. Recuperado de: <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>
- [5] Enseñar es aprender dos veces. (2013). VP8 Vs H.264. Recuperado de: <http://aprendiendo2veces.blogspot.com/2013/05/vp8-vs-h264.html>
- [6] Slideshare. (2014). Trabajo de investigación: "Portal Cautivo". Recuperado de: <http://www.slideshare.net/valericio1/portal-cautivo>
- [7] Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2014). Valores, Misión, Visión. Recuperado de: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/>
- [8] Consejo Nacional de Telecomunicaciones. (2011). Resolución-TEL-534-14-CONATEL-2011.
- [9] Consejo Nacional de Telecomunicaciones (2010). Resolución-TEL-560-18-CONATEL-2010.

## Carlos A. Vásquez A.



Nació en Quito - Ecuador el 19 de Septiembre de 1981. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional en 2008. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador, y es egresado de la Maestría en Redes de Comunicación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador.

## Edwin G. Túquerrez I.



Nació en Ibarra-Ecuador el 31 de Diciembre de 1987. Hijo de María Elena Túquerrez Ipiates. Realizó sus estudios primarios en la Escuela "Fiscal Juan Miguel Suárez". En el año 2005 obtuvo su título de Bachiller en Técnico Industrial en Electricidad en el "Instituto Tecnológico 17 de Julio". Actualmente, es egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra.