

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA 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



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	100295633-0
Apellidos y Nombres	Túquerrez Ipiales Edwin Geovanny
Dirección	Av. 17 de Julio 7-132
Email	edwintuquerrez@gmail.com
Teléfono Fijo	062607913
Teléfono Móvil	0986269878

DATOS DE LA OBRA	
Título	DISEÑO DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES A BENEFICIO DEL GOBIERNO PARROQUIAL DE CARANQUI
Autor	Túquerrez Ipiales Edwin Geovanny
Fecha	14 de Julio del 2014
Programa	Pregrado
Título por el que se aspira	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Carlos Vásquez

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Edwin Geovanny Túquerrez Ipiales, con cédula de identidad Nro. 1002956330, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.



Firma

Nombre: Edwin Geovanny Túquerrez Ipiales

Cédula: 1002956330

Ibarra a los catorce días del mes de Julio del 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Edwin Geovanny Túquerrez Ipiales**, con cédula de identidad Nro. 1002956330, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“DISEÑO DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES A BENEFICIO DEL GOBIERNO PARROQUIAL DE CARANQUI”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plénamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Edwin Geovanny Túquerrez Ipiales".

Firma

Nombre: Edwin Geovanny Túquerrez Ipiales

Cédula: 1002956330

Ibarra a los catorce días del mes de Julio del 2014

CERTIFICACIÓN

Certifico, que el presente trabajo de titulación "DISEÑO DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES A BENEFICIO DEL GOBIERNO PARROQUIAL DE CARANQUI" fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Edwin Geovanny Túquerrez Ipiales, bajo mi supervisión.



Ing. Carlos Vásquez

DIRECTOR DE PROYECTO

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra a los catorce días de Julio del 2014



El autor

Edwin Geovanny Túquerrez Ipiales

C.I. 1002956330

DECLARACIÓN

Yo EDWIN GEOVANNY TÚQUERREZ IPIALES declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.



Firma

Edwin Geovanny Túquerrez Ipiales

C.I. 1002956330

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia en general que me brindó su apoyo para cumplir con este sueño y en especial a mi madre Elena mi eterno amor y agradecimiento por darme la oportunidad de cumplir con mis sueños.

A mi querida esposa por ayudarme a la culminación de este proyecto de titulación.

A mi tutor de este trabajo quien me brindo su asesoría en la elaboración de este proyecto.

A los docentes en general de la Carrera por brindarme la formación académica y profesional.

A todos mis amigos y allegados quienes de alguna forma me brindaron su apoyo en la culminación de este trabajo.

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación lo dedico a mi familia Sofy y Albertito por ser mi razón de seguir adelante y en especial a mi madre Elena por apoyarme en toda mi vida estudiantil y ser mi ejemplo de superación y disciplina.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	VIII
DEDICATORIA	IX
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXI
ÍNDICE DE ECUACIONES	XXIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XXIV
RESUMEN.....	XXVI
ABSTRACT	XXVIII
PRESENTACIÓN.....	XXX
CAPÍTULO 1.....	1
ESTUDIO DE LA SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS BENEFICIARIOS PARA EL ACCESO A LA RED DE LA PARROQUIA DE CARANQUI Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA.	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PARROQUIA	1
1.2.1 Límites geográficos	1
1.2.2 Organización territorial	2
1.2.2.1 Barrios Urbanos	2
1.2.2.2 Barrios Urbano Marginales	2
1.2.2.3 Comunidades.....	3
1.2.3 División Política.....	3
1.2.4 Representantes Actuales.....	4
1.2.5 Situación geográfica.....	5
1.2.5.1 Relieve del suelo	5
1.2.5.2 Clima.....	6
1.2.6 Educación	6

1.2.7 Salud.....	9
1.2.8 Seguridad.....	10
1.2.9 Parques Públicos.....	11
1.2.10 Lugares Públicos	12
1.3 SERVICIO ACTUAL DE TELECOMUNICACIONES	13
1.3.1 Servicios de telecomunicaciones con cobertura en la parroquia.	13
1.3.2 Operadores de servicios de telecomunicaciones.	17
1.4 INSTITUCIONES Y SITIOS BENEFICIADOS	18
1.4.1 Centros de educación.....	19
1.4.1.1 Infraestructura informática en las unidades educativas.....	19
1.4.1.2 Distribución de ordenadores informáticos en cada unidad educativa	20
1.4.1.3 Posición Geográfica.	21
1.4.2 Casa barriales o comunales	23
1.4.2.1 Posición geográfica.....	23
1.4.3 Lugares Públicos	24
1.4.3.1 Posición geográfica.....	25
1.4.4 Análisis Eléctrico	25
CAPÍTULO 2.....	28
MARCO TEÓRICO DE ENLACES INALÁMBRICOS, ESTÁNDAR IEEE 802.16,	
APLICACIONES, CODECS Y PROTOCOLOS PARA SERVICIOS DE VOIP, VIDEO	
STREAMING Y SEGURIDAD DE REDES.	28
2.1 ENLACES INALÁMBRICOS.	28
2.1.1 Ondas electromagnéticas.....	28
2.1.2 Espectro Electromagnético.....	29
2.1.3 Espectro radioeléctrico	29
2.1.4 Desplazamiento de ondas de radio	32
2.1.4.1 Absorción.....	33
2.1.4.2 Reflexión.....	33
2.1.4.3 Difracción.....	33
2.1.4.4 Refracción	34
2.1.5 Unidades de medida para enlaces inalámbricos	34
2.1.6 Dispositivos inalámbricos.	35

2.1.6.1 Modo maestro	36
2.1.6.2 Modo Cliente.....	36
2.1.6.3 Modo Ad-hoc	36
2.1.6.4 Modo Monitor.....	36
2.1.7 Antenas.....	37
2.1.8 Topologías de redes inalámbricas.	39
2.1.8.1 Topología Ad-Hoc	39
2.1.8.2 Topología de Infraestructura.....	39
2.1.9 Diseño de redes inalámbricas	39
2.1.9.1 Punto a Punto	39
2.1.9.2 Punto a Multipunto.....	40
2.1.9.3 Multipunto a multipunto	40
2.1.10 Cálculo del presupuesto de Potencia del Enlace	41
2.1.10.1 Zona de Transmisión.....	42
2.1.10.2 Perdidas en el espacio (Zona de Fresnel).....	42
2.1.10.3 Zona del receptor	45
2.2 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	46
2.2.1 Entidades Certificadoras Internacionales	46
2.2.1.1 IEEE.....	47
2.2.1.2 ITU	47
2.2.1.3 IETF	48
2.2.1.4 WIFI Alliance	48
2.2.1.5 WIMAX Forum.....	49
2.2.2 Tecnologías inalámbricas desarrolladas	49
2.2.2.1 WPAN.....	50
2.2.2.2 WLAN.....	51
2.2.2.3 WMAN.....	52
2.3 WIMAX.....	52
2.3.1 IEEE 802.16	53
2.3.1.1 Multiplexación	55
2.3.1.2 Duplexación	56
2.3.1.3 Modulación y Codificación Adaptiva (ACM)	56
2.1.3.4 Antenas.....	57

2.1.3.5 Frecuencias utilizadas	57
2.3.1.6 Cobertura y Tasas de transferencia	58
2.3.1.7 QoS	59
2.3.2 Arquitectura de IEEE 802.16	59
2.3.2.1 Capa Física PHY	61
2.3.2.2 Wireless MAN-SC	61
2.3.2.3 Fixed WirelessMAN-OFDM	61
2.3.2.4 WirelessMAN-OFDMA.....	62
2.3.2.5 WirelessHUMAN.....	62
2.3.2.6 Capa MAC	63
2.3.2.7 Service Specific Convergence Sublayer (CS).....	63
2.3.2.8 Medium Access Control Common Part Sublayer (MAC-CPS).....	63
2.3.2.9 Sublayer Security	63
2.3.2.10 Formato de la trama MAC	64
2.4 SERVICIOS	66
2.4.1 VoIP	66
2.4.1.1 Estándar de VoIP	66
2.4.1.2 Protocolos VoIP	67
2.4.1.3 Arquitectura de VoIP	68
2.4.1.4 Códec:	69
2.4.2 Video Streaming.....	69
2.4.2.1 Protocolos streaming.....	70
2.4.2.2 Codec para video streaming.....	70
2.4.3 Seguridad de redes.....	71
2.4.3.1 Firewall	71
2.4.3.2 Proxy	74
2.4.3.3 Portal Cautivo	75
CAPÍTULO 3.....	76
ANÁLISIS REGULATORIO	76
3.1 MODELO DE LEGISLACIÓN EN EL ECUADOR PARA LAS TELECOMUNICACIONES	76
3.1.1 Extractos de la constitución para las Telecomunicaciones.....	77
3.1.2 Leyes, Reglamentos y resoluciones para redes de Telecomunicaciones.....	77

3.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR	78
3.2.1 MINTEL	78
3.2.2 SENATEL	80
3.2.3 CONATEL	80
3.2.4 SUPERTEL	82
3.3 RED DE ACCESO UNIVERSAL DE INTERNET	83
3.3.1 Definiciones:	83
3.3.2 Requisitos:	84
3.3.2.1 Formularios	85
3.3.3 Índices de Calidad	86
3.3.4 Obligaciones del proveedor de las redes de acceso universal de internet	86
3.4 NORMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA EN ECUADOR	87
3.4.1 Normas técnicas	87
CAPÍTULO 4.....	89
DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA	89
4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	89
4.1.1 Definición de los centros de informática	89
4.1.2 Diseño adoptado para la red Inalámbrica	91
4.1.3 Topología.....	92
4.1.4 Características de la Tecnología inalámbrica WIMAX.....	95
4.2 ARQUITECTURA DEL DISEÑO	95
4.2.1 Eléctrico.....	96
4.2.1.1 Requerimientos para los centro de informática.....	96
4.2.1.1.1 Espacios Físicos.....	96
4.2.1.1.2 Características Eléctricas.	98
4.2.1.2 Requerimientos básicos para equipos de comunicaciones.....	98
4.2.1.2.1 Espacios Físicos.....	98
4.2.1.2.2 Características Eléctricas	100
4.2.2 Pasiva	104
4.2.2.1 Topología general de conectividad	104
4.2.2.1.1 Requerimientos técnicos en cada cliente	109
4.2.2.1.2 Distancia desde las estaciones clientes hasta la Estación Base.....	109

4.2.2.1.3 Velocidad de transferencia por cada nodo.	111
4.2.2.1.4 Diseño General	115
4.2.2.2 Definición de características de equipos para conectividad WIMAX.	119
4.2.2.2.1 Requerimientos y selección de Estación Base.	119
4.2.2.2.2 Requerimientos para selección de Estaciones Clientes.	121
4.2.2.2.3 Requerimientos y selección de enlace punto a punto.	123
4.2.2.3 Simulación de Radioenlaces	125
4.2.2.3.1 Simulación de Zonas de Fresnel por cada enlace punto multipunto.....	127
4.2.2.3.2 Resultados de las simulaciones en los enlaces punto multipunto	130
4.2.2.3.3 Cálculo del presupuesto de potencia en cada enlace punto multipunto.	132
4.2.2.3.4 Resultados del cálculo del presupuesto en los enlaces punto multipunto.....	134
4.2.2.3.5 Simulación y cálculo del presupuesto del enlace Backhaul.....	136
4.2.3 Activo	140
4.2.3.1 Jerarquización de la red.....	140
4.2.3.1.1 Acceso	141
4.2.3.1.2 Distribución	142
4.2.3.1.3 Núcleo.....	142
4.2.3.2 Direccionamiento Lógico.....	145
4.2.3.3 Topología General.....	147
4.2.4 Aplicaciones	152
4.2.4.1 Servicio de VoIP	152
4.2.4.1.1 Diseño y arquitectura.....	152
4.2.4.1.2 Requerimientos de Hardware y Software	157
4.2.4.2 Servicio de Video Streaming	159
4.2.4.2.1 Diseño y arquitectura.....	159
4.2.4.2.2 Requerimientos de Hardware y Software	161
4.2.4.3 Servicio de administración y gestión de la red.....	163
4.2.4.3.1 Políticas de administración de la red.	163
4.2.4.3.2 Políticas de Gestión de la red.....	164
4.2.4.3.3 Diseño y arquitectura.....	165
4.2.4.3.4 Requerimientos de Hardware y Software	166
4.2.4.4 Servicio de Portal Cautivo	168
4.2.4.4.1 Diseño y arquitectura.....	168

4.2.4.4.2 Requerimientos de Hardware y Software	169
4.2.4.5 Seguridades informáticas	170
4.2.4.5.1 Políticas de seguridad informática.....	170
4.2.4.5.2 Diseño y arquitectura.....	175
4.2.4.5.3 Requerimientos de Hardware y Software	177
4.3 HARDWARE Y SOFTWARE GENERAL PARA EL DISEÑO	179
4.3.1 Software.....	179
4.3.2 Hardware	179
4.3.3 Servicio adicionales requeridos para el diseño del proyecto.....	180
CAPÍTULO 5.....	181
GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE ESCENARIOS IMPUESTOS EN LA RED.....	181
5.1 PROTOTIPO DE RED PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ESCENARIOS Y PRUEBAS.	181
5.1.1 Topología.....	181
5.1.2 Direccionamiento Lógico	183
5.1.3 Software utilizado.....	184
5.1.4 Hardware utilizado.	185
5.2 ADMINISTRACIÓN DEL FIREWALL.....	185
5.2.1 Descripción del escenario.....	186
5.2.2 Procedimiento a seguir	187
5.2.3 Solución del inconveniente.....	187
5.3 ADMINISTRACIÓN DEL PROXY	188
5.3.1 Descripción del escenario.....	188
5.3.2 Procedimiento a seguir	189
5.3.3 Solución del inconveniente.....	190
5.4 ADMINISTRACIÓN DE SERVIDOR VOIP Y VIDEO STREAMING.....	190
5.4.1 Descripción del escenario.....	190
5.4.2 Procedimiento a seguir	190
5.4.3 Solución del inconveniente.....	192
5.5 ADMINISTRACIÓN DEL GESTOR DE RED	193
5.5.1 Descripción del escenario.....	193
5.5.2 Procedimiento a seguir	194

5.5.3 Solución del inconveniente.....	194
5.6 ADMINISTRACIÓN DEL PORTAL CAUTIVO	195
5.6.1 Descripción del escenario.....	195
5.6.2 Procedimiento a seguir	196
5.6.3 Solución del inconveniente.....	196
CAPÍTULO 6.....	197
ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	197
6.1 INTRODUCCIÓN	197
6.2 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.....	197
6.2.1 Presupuesto de conectividad.....	197
6.2.2 Presupuesto de valores variables	198
6.2.3 Presupuesto total.....	199
6.3 ANÁLISIS DE GASTOS DE INTERNET.	199
6.4 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	201
6.4.1 Importancia Del Costo Beneficio	201
6.4.2 Cálculo Costo Beneficio.....	202
6.5 BENEFICIARIOS	203
6.6 POSIBLES ENTIDADES PARA FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	204
CONCLUSIONES.....	205
RECOMENDACIONES.....	207
BIBLIOGRAFÍA.....	208
ANEXOS	211

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Límites geográficos.	2
Figura 2: División política.	3
Figura 3: Relieve del suelo.	6
Figura 4: Posición geográfica de las unidades educativas.	7
Figura 5: Esquema del nivel académico.	8
Figura 6: Esquema del número de estudiantes según el nivel de educación.	9
Figura 7: Unidad de salud de Caranqui.	10
Figura 8: Unidad de Policía Comunitaria.	10
Figura 9: Parque Atahualpa de Caranqui.	11
Figura 10: Parque Cuatro Esquinas.	11
Figura 11: Parque Central de Caranqui.	11
Figura 12: Coliseo General de Caranqui.	12
Figura 13: Plaza de toros Caranqui.	13
Figura 14: Espacio público denominado Baño del Inca.	13
Figura 15: Servicios de internet en los 3 parques de Caranqui.	19
Figura 16: Espectro electromagnético.	29
Figura 17: Espectro Radioeléctrico.	30
Figura 18: División de regiones por parte de la UIT.	30
Figura 19: Distribución de frecuencias en el Ecuador.	32
Figura 20: Ejemplo polarización horizontal y vertical de una antena grilla.	38
Figura 21: Ejemplo patrón de radiación de una antena Yagi.	38
Figura 22: Diseño de una red inalámbrica Punto a Punto.	40
Figura 23: Diseño de una red inalámbrica Punto Multipunto.	40
Figura 24: Diseño de una red inalámbrica multipunto a multipunto.	41
Figura 25: Esquema de zonas para el presupuesto de potencia de un enlace.	42
Figura 26: Zona de Fresnel.	44
Figura 27: Diagrama primera Zona de Fresnel.	45
Figura 28: Esquema general del presupuesto de la potencia del enlace.	46
Figura 29: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.	47
Figura 30: Unión Internacional de Telecomunicaciones.	47
Figura 31: Grupo de trabajo de Ingeniería de Internet.	48
Figura 32: Entidad de certificación para redes wi-fi.	48

Figura 33: Logotipo del WIMAX Forum.	49
Figura 34: Distribución de redes inalámbricas.	50
Figura 35: Distribución de tecnologías wi-fi según el año de creación.	52
Figura 36: Diferencia entre multiplexación OFDM – OFDMA.	55
Figura 37: Frecuencias utilizadas por WIMAX en distintas Regiones.	58
Figura 38: Arquitectura de capas IEEE 802.16.....	60
Figura 39: Formato de la trama WIMAX.	64
Figura 40: Estructura de la cabecera de la trama en WIMAX.	65
Figura 41: Topología de un firewall entre una red local e internet.	73
Figura 42: Firewall entre una red local, internet y una zona DMZ para servidores.....	73
Figura 43: Diseño de una doble seguridad entre la red local, DMZ, internet.	73
Figura 44: Modelo de legislación para las telecomunicaciones en el Ecuador.	76
Figura 45: Estructura institucional de las telecomunicaciones en el Ecuador.	78
Figura 46: Ministerio de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.	78
Figura 47: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.	80
Figura 48: Consejo Nacional de Telecomunicaciones.	80
Figura 49: Superintendencia de Telecomunicaciones.....	82
Figura 50: Ejemplo de Infocentro para los centros de informática propuestos.....	90
Figura 51: Diseño en modo Infraestructura.	92
Figura 52: Puntos considerados como centros de informática.....	92
Figura 53: Topología Punto Multipunto	94
Figura 54: Arquitectura del diseño propuesto.....	96
Figura 56: Sala de informática Unidad Educativa	97
Figura 55: Casa Comunal de San Cristóbal	97
Figura 57: Rack de pared para equipos de comunicaciones	99
Figura 58: Antena de recepción para centros de informática.....	99
Figura 59: Rack de piso para equipos de comunicación.....	100
Figura 60: Torre estructural de la CNT.....	105
Figura 61: Posición geográfica de la torre estructural de la CNT en Caranqui.	106
Figura 62: Escala en dBm del simulador Radio Mobile.	108
Figura 63: Simulación de cobertura desde punto CNT.....	108
Figura 64: Ejemplo de distancia entre clientes y EB	110
Figura 65: Topología General.....	116

Figura 66: Estación Base Albentia PRO-BS-1150.	121
Figura 67: Unidad suscriptora Albentia PRO-SU-1150	123
Figura 68: Antena directiva Dish Airmax RD-5G-34.....	125
Figura 69: Posición geográfica de estaciones Cliente con dirección a la EB.	127
Figura 70: Simulación entre estación cliente Juan de Dios Navas y la estación base.....	128
Figura 71: Resultados de la simulación entre estación cliente Juan de Dios Navas y la estación base	129
Figura 72: Enlace simulado en mapas de google earth.....	129
Figura 73: Esquema general del cálculo del presupuesto de potencia del enlace entre estación base y estación cliente Juna de Dios Navas	133
Figura 74: Simulación enlace Backhaul.....	137
Figura 75: Simulación enlace Backhaul mapas de google earth.....	138
Figura 76: Esquema general del cálculo del presupuesto de potencia del enlace Backhaul.	139
Figura 77: Jerarquía de la red de comunicación de la parroquia de Caranqui.	144
Figura 78: Topología General	148
Figura 79: Arquitectura del servicio VoIP.....	157
Figura 80: Arquitectura de video streaming.	161
Figura 81: Arquitectura del gestor de red.	166
Figura 82: Arquitectura del Portal Cautivo.....	169
Figura 83: Arquitectura del servidor Firewall.....	176
Figura 84: Arquitectura de servidor Proxy.....	177
Figura 85: Topología para la presentación de escenarios de red.	182
Figura 86: Topología y escenario para la administración del firewall.....	186
Figura 87: Escenario para la administración del servidor Proxy.....	189
Figura 88: Escenario para la administración del servidor VoIP y VideoStreaming.	192
Figura 89: Escenario para la administración del gestor de red.	193
Figura 90: Pruebas de conectividad para solución del escenario de gestor de red.....	195
Figura 91: Escenario para la administración del Portal Cautivo.....	196

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Representantes actuales de cada barrio.....	5
Tabla 2: Distribución del nivel académico en la parroquia.....	8
Tabla 3: Número de estudiantes según el nivel de educación.....	9
Tabla 4: Cobertura y servicios de telecomunicaciones en las casas barriales y comunales.....	15
Tabla 5: Cobertura y servicios de telecomunicaciones en las unidades educativas.....	16
Tabla 6: Cobertura y servicios de telecomunicaciones en lugares públicos de la parroquia.....	17
Tabla 7: Empresas que brindan el servicio de telecomunicaciones en la localidad.....	17
Tabla 8: Infraestructura informática en las unidades educativas.....	20
Tabla 9: Servicio de internet por alumno.....	21
Tabla 10: Posición geográfica de las unidades educativas.....	21
Tabla 11: Posición geográfica de las casas comunales y barriales.....	23
Tabla 12: Posición geográfica de los lugares públicos.....	25
Tabla 13: Estado actual de Infraestructura eléctrica en las casas comunales o barriales.....	26
Tabla 14: Distribución de Bandas de frecuencias.....	31
Tabla 15: Referencia histórica del protocolo IEEE 802.16.....	54
Tabla 16: Cobertura y tasa de transferencia WIMAX.....	58
Tabla 17: Modelos de _Interfaces de aire en la capa PHY.....	61
Tabla 18: Distribución de bandas de frecuencia para evitar interferencias.....	62
Tabla 19: Descripción del contenido en bits de la cabecera de la trama WIMAX.....	65
Tabla 20: Comparación de protocolo VoIP.....	68
Tabla 21: Características de codec para VoIP.....	69
Tabla 22: Bandas de Frecuencia utilizadas en Modulación Digital.....	88
Tabla 23: Definición de centros de informática.....	91
Tabla 24: Coordenadas geográficas de cada centro de informática.....	93
Tabla 25: Requerimientos físicos y eléctricos en centros de informática.....	102
Tabla 26: Comparación de Simuladores.....	107
Tabla 27: Distancias entre clientes y EB.....	111
Tabla 28: Número de computadores por cada centro de informática.....	112
Tabla 29: Velocidades de transferencia por cada nodo cliente.....	114
Tabla 30: Datos es de los centros de informática.....	117
Tabla 31: Selección del dispositivo para la Estación Base.....	120
Tabla 32: Selección de dispositivo para estación cliente.....	122

Tabla 33: Selección de dispositivo para enlace punto a punto.....	124
Tabla 34: Selección de antena directiva para enlace punto a punto.....	125
Tabla 35: Resultados de simulaciones de cada radioenlace punto multipunto.	131
Tabla 36: Resultados del método matemático para los enlaces punto multipunto.....	135
Tabla 37: Resultados simulación enlace Backhaul.	137
Tabla 38: Resultados presupuesto del enlace backhaul.	140
Tabla 39: Configuración de los dispositivos inalámbricos.	142
Tabla 40: Modo de trabajo de los equipos del enlace Backhaul	143
Tabla 41: Redes y número de host requeridas para el proyecto.....	145
Tabla 42: Direccionamiento Lógico General.....	146
Tabla 43: Direccionamiento Lógico	149
Tabla 44: Extensiones de VoIP para cada centro de informática.....	153
Tabla 45: Comparación de Códec para el servicio de VoIP.	154
Tabla 46: Comparación del Códec para el servicio de Video Streaming.....	160
Tabla 47: Reglas de tráfico desde la red externa.....	171
Tabla 48: Sintaxis de implementación de la red externa.....	172
Tabla 49: Reglas de tráfico desde la red interna.	172
Tabla 50: Sintaxis de implementación de la red interna.	173
Tabla 51: Reglas de tráfico desde la subred de servidores.....	173
Tabla 52: Sintaxis de implementación desde la subred de servidores.	174
Tabla 53: Reglas de acceso a contenido del servidor proxy.	174
Tabla 54: Sintaxis de reglas de acceso del servidor proxy.....	175
Tabla 55: Software seleccionado para los servicios del diseño.	179
Tabla 56: Hardware seleccionado para los servicios del diseño.	180
Tabla 57: Requisitos Adicionales.....	180
Tabla 58: Direccionamiento lógico para prototipo de red.....	183
Tabla 59: Software a ser utilizado en el prototipo de red.	184
Tabla 60: Hardware a ser utilizado en el prototipo de red.	185
Tabla 61: Presupuesto de inversión para conectividad Inalámbrica.	198
Tabla 62: Presupuestos de inversión variables.....	199
Tabla 63: Costo del servicio de internet con un proveedor privado.....	200

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Transformación de [mW] a [dBm].	34
Ecuación 2: Transformación de [dBm] a [mW].	35
Ecuación 3: Propiedades para la suma entre [dBi], [dB], [dBm].	35
Ecuación 4: Cálculo del PIRE.	42
Ecuación 5: Cálculo de la pérdida en el espacio libre.	43
Ecuación 6: Cálculo del radio en la primera Zona de Fresnel.	44
Ecuación 7: Cálculo general del presupuesto de la potencia del enlace.	46
Ecuación 8: Cálculo de la velocidad de Transferencia.	114
Ecuación 9: Cálculo del ancho de banda para llamadas en VoIP.	155
Ecuación 10: Formula costo beneficio	202

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:

Modelo de encuesta realizada a los barrios y comunidades de la parroquia de Caranqui.

ANEXO B:

Modelo de encuestas realizadas a las unidades educativas de la parroquia de Caranqui.

ANEXO C:

Simulación de radioenlaces de las 21 estaciones cliente hacia la EB

ANEXO D:

Páginas web que deben garantizarse la conectividad mediante la configuración como listas blancas.

ANEXO E:

Comparación de software para los servicios del diseño.

ANEXO F:

Comparación de hardware para los servidores y conectividad inalámbrica.

ANEXO G:

Comparación de equipos propuestos y equipos a utilizarse en el prototipo.

ANEXO H:

Administración de servidor Firewall ENDIAN.

ANEXO I:

Manual para configurar una página web en listas blancas y negras en el servidor PROXY.

ANEXO J:

Manual de administración del servidor de VoIP y video streaming.

ANEXO K:

Administración del gestor de red PRTG.

ANEXO L:

Administración del Portal Cautivo.

ANEXO M:

Cotización de equipos a ser utilizados en la propuesta de red.

ANEXO N:

Centros de Informática Definidos en la parroquia de Caranqui.

ANEXO O:

Listado de proyectos similares a la propuesta.

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de una red de Telecomunicaciones en la “Parroquia de Caranqui” cantón Ibarra provincia de Imbabura realizada con tecnología inalámbrica WIMAX con el objetivo de brindar el servicio de internet y servicios complementarios como son: seguridades informáticas básicas, servicio de VoIP y video streaming local, administración de la red mediante un gestor de red y el servicio de un portal cautivo.

El primer capítulo detalla la situación actual de la parroquia que incluye situación geográfica, territorial, clima, educación, salud e infraestructura. Además contiene los servicios actuales de telecomunicaciones y los posibles beneficiarios del acceso a la red. Considerando la posición geográfica e infraestructura actual para la implementación de centros de informática de cada sector a beneficiar.

El segundo capítulo describe el fundamento teórico a ser utilizado para el desarrollo del proyecto. Expone la comunicación inalámbrica, espectro radioeléctrico, dispositivos, diseño y tecnologías en donde puntualiza la tecnología WIMAX y su estándar IEEE 802.16.

El tercer capítulo expone el marco legal para el desarrollo del proyecto y la descripción de las redes de acceso universal en el que se basa la propuesta. Contiene los modelos y estructura de legislación de las telecomunicaciones en el Ecuador y además normas de modulación digital de banda ancha.

El cuarto capítulo inicia con la definición de los centros de informática, diseño y topología general para la red, además describe las diferentes capas en la arquitectura de red propuesta y el hardware y software requerido.

En el quinto capítulo se simula mediante un prototipo la red con diferentes escenarios correspondientes a la administración y los servicios de firewall, proxy, VoIP, video streaming además de un gestor de conectividad de red y el portal cautivo.

Finalmente el sexto capítulo detalla el presupuesto general para la implementación del proyecto, un análisis costo beneficio y el posible financiamiento del mismo.

ABSTRACT

This project consists in the design of a telecommunications network in “Caranqui Parish” located in Ibarra canton, Imbabura province using WiMAX wireless technology with the objective of provide internet service and additional services such as: security service, VoIP and video streaming service, management network and captive portal service.

The first chapter details the present situation of the parish including geographical location, territorial, climate, education, health and infrastructure. It`s also the telecommunication service and possible beneficiaries for the access of the network. Considering the geographical position and existing infrastructure for the implementation of computer centers in each sector to benefit.

The second chapter describes the theoretical foundation to be used for project development. Wireless communication, radio spectrum, devices, design and WIMAX technology with IEEE 802.16 standard is presented.

The third chapter presents the legal aspects for the development of the project and the description of universal access networks in which this proposal is based. This contains models and structure of telecommunications legislation in Ecuador and also digital modulation broadband norms.

The fourth chapter begins with the definition of computer centers, design and general topology for the network and describes the different layers of the proposed network architecture and the hardware and software required.

In the fifth chapter is performed a prototype with different network scenarios such as firewall, proxy, VoIP, video streaming and management services and the captive portal.

Finally the sixth chapter details the general budget for project implementation, cost benefit analysis and possible funding.

PRESENTACIÓN

Las redes de computadoras e internet en la actualidad tienen un papel importante para el desarrollo de una sociedad, no solo por sus innumerables servicios y utilidades que pueden brindar sino también por la forma de comunicarse digitalmente y tener una amplia información al alcance de cualquier ciudadano.

Las empresas que brindan estos servicios son limitadas por distintos factores para brindar lo mencionado a lugares rurales o alejados. Esto se debe a la tecnología que utilizan como el cobre o fibra óptica, además porque son negocios que perciben rentabilidad en algunos casos que utilizan comunicación inalámbrica.

Siendo así se desarrolló la tecnología inalámbrica WIMAX con el estándar IEEE 802.16 que tiene como fin brindar conectividad a lugares alejados y con una situación geográfica que limita a empresas y tecnologías implementar sus redes de comunicación. Además la propuesta de una red de comunicaciones contempla servicios adicionales para su buen funcionamiento, seguridad y la utilización eficiente y completa de dicha red y su infraestructura.

El diseño de la red de telecomunicaciones en la Parroquia de Caranqui propone una solución de conectividad inalámbrica integrada con varios servicios, utilizando las ventajas de la tecnología WIMAX y las herramientas en software libre que existen actualmente para brindar los servicios que propone el diseño.

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS BENEFICIARIOS PARA EL ACCESO A LA RED DE LA PARROQUIA DE CARANQUI Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA.

En el presente capítulo se describe las características actuales de la parroquia tanto en condiciones geográficas, climatológicas, división política y servicios de telecomunicaciones que actualmente brindan empresas públicas y privadas en esta localidad. También se detallan características de los sitios y entes públicos que deben ser tomados en cuenta para el diseño de la red como son centros de salud y seguridad, unidades educativas, casas comunales o barriales y parques públicos para su cobertura.

1.1 Introducción

La parroquia de Caranqui está situada al sur de la urbe del cantón Ibarra provincia de Imbabura, es una de las 12 parroquias con la que cuenta la ciudad y está conformada por barrios urbanos, urbano marginales y comunidades. El número aproximado de habitantes es de 13000 según datos de la secretaria de la junta parroquial.

1.2 Situación actual de la parroquia

1.2.1 Límites geográficos

La parroquia de Caranqui está limitada al norte por la parroquia urbana de San Francisco, al sur por la parroquia rural de la Esperanza y por el occidente la parroquia rural de San Antonio.



Figura 1: Límites geográficos de la parroquia de Caranqui.
Fuente: Mapas Digitales de Google Earth editado por Edwin Túquerrez.

1.2.2 Organización territorial

La parroquia está dividida en barrios urbanos, urbano marginales y comunidades, los cuales están conformados de la siguiente manera:

1.2.2.1 Barrios Urbanos

Cuenta con 6 barrios urbanos que se encuentran en la zona norte de la parroquia, estos son los más poblados y disponen de todos los servicios básicos principales para sus habitantes: como son el Sub centro de salud, la unidad de policía comunitaria, algunos establecimientos educativos y los diferentes servicios municipales.

1.2.2.2 Barrios Urbano Marginales

La parroquia cuenta con 11 barrios urbano marginales ubicados entre el sector urbano y las comunidades. La principal diferencia que tienen a los anteriores barrios es la falta de algunos

servicios básicos y la poca atención que brindan las entidades públicas y privadas a estos sectores. Esto se debe a su reducida población y la poca organización de los propios barrios.

1.2.2.3 Comunidades

Son sectores rurales que se encuentran al sur de la parroquia, Caranqui cuenta con 7 comunidades con un extenso territorio con una baja atención en cuanto a servicios básicos. Estos sectores están compuestos en su mayoría por campo abierto y sus pocos habitantes se dedican a la agricultura.

1.2.3 División Política

Barrios Urbanos (6)

- 1 Central
- 2 Cuatro Esquinas
- 3 Simón Bolívar
- 4 La Candelaria
- 5 URB. Mun. Yuyucocha
- 6 URB. Vista Hermosa

Barrios Urbanos Marginales (11)

- 7 El Chamanal
- 8 Bellavista de María
- 9 20 de Octubre

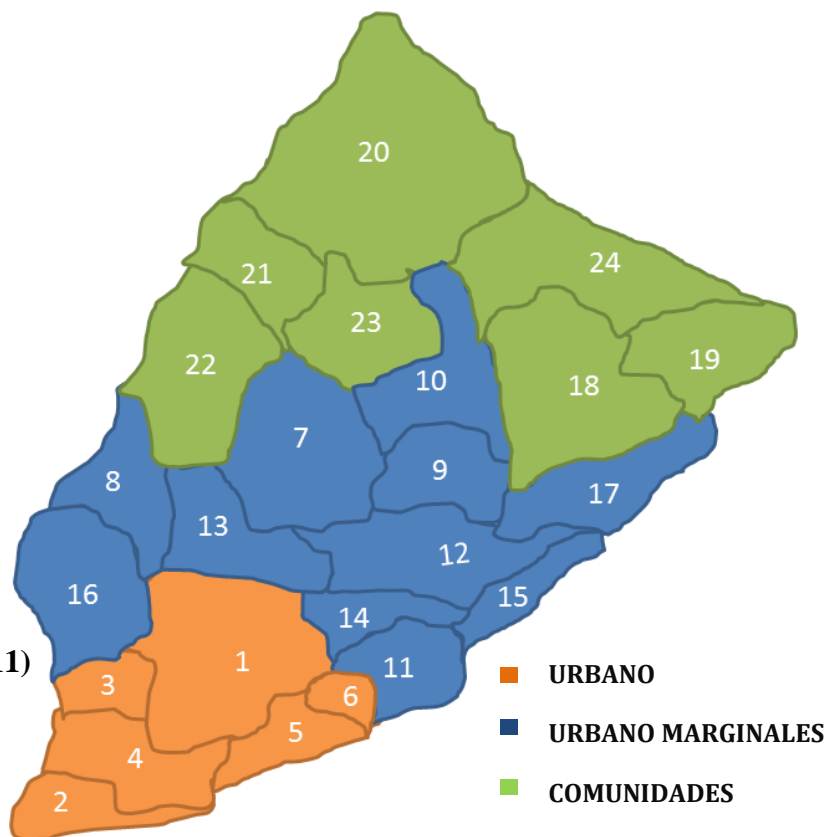


Figura 2: División política.

Fuente: Editado por Edwin Túquerrez basado en información proporcionada por la Junta Parroquial

- 10 19 de Enero
- 11 10 de Agosto
- 12 Ejido de Caranqui
- 13 Guayaquil de Caranqui
- 14 El Naranjal
- 15 Unión y Progreso
- 16 Santa Lucía del Retorno
- 17 San Francisco de Chorlavi

Comunidades (7)

- 18 Turupamba
- 19 San Francisco de Chorlavisito
- 20 El Naranjito
- 21 San Cristóbal Alto
- 22 San Cristóbal de Caranqui
- 23 El Manzanal
- 24 Catzoloma

1.2.4 Representantes Actuales

Cada barrio urbano, urbano marginal y comunidad cuenta con un representante legalmente posicionado por la junta parroquial el cual representa a todos los moradores que pertenecen a determinado sector.

Tabla 1: Representantes actuales de cada barrio.

Fuente: Editado por Edwin Túquerrez a partir de la información proporcionada por la junta parroquial de Caranqui.

	BARRIOS	PRESIDENTES
1	Central	Dr. José Michilena
2	Cuatro Esquinas	Sra. María Dolores Cruz
3	Simón Bolívar	Ing. Iván Ortiz
4	La Candelaria	Dr. Jorge Llanos
5	URB. Mun. Yuyucocha	Sr. Teófilo Carcelén
6	URB. Vista Hermosa	Lcdo. Guillermo Cevallos
7	El Chamanal	Sr. Carlos Reinoso
8	Bellavista de María	Sr. Marco Salguero
9	20 de Octubre	Sr. Segundo Casa
10	19 de Enero	Sr. Juan Sánchez
11	10 de Agosto	Sr. Eugenio Yar
12	Ejido de Caranqui	Sr. Elías Aguirre
13	Guayaquil de Caranqui	Sr. Miguel Guamán
14	El Naranjal	Sra. Nancy Isisan
15	Unión y Progreso	Sr. Marcelo Cupichamba
16	Santa Lucía del Retorno	Sr. Pablo Ipiiales
17	San Francisco de Chorlavi	Sr. Lenin Vásquez
18	Turupamba	Sr. Humberto Méndez
19	San Francisco de Chorlavisito	Sr. Mesías Venegas
20	El Naranjito	Sr. Wilman Pupiales
21	San Cristóbal Alto	Sr. Luis Chano
22	San Cristóbal de Caranqui	Sr. Jaime Camuez
23	El Manzanal	Sr. José Serrano
24	Catzoloma	Sra. Elena Cacuango

1.2.5 Situación geográfica

1.2.5.1 *Relieve del suelo*

Caranqui se encuentra situado en las faldas del volcán Imbabura lo cual tiende a que su relieve del suelo sea en forma vertical. La mayoría de su territorio esta conformado por tierras dedicadas al campo en sus comunidades y la parte mas habitada se localiza en los barrios urbano y urbano marginales.



Figura 3: Representación del relieve del suelo de la parroquia.
Fuente: Mapas Digitales de Google Earth editado por Edwin Túquerrez.

1.2.5.2 Clima

El clima en la parroquia es variado, tiene dos estaciones principales verano e invierno y varían dependiendo de los meses con el frío andino y el trópico seco.

Su temperatura media es de $15,90^{\circ}\text{C}$, con una variación mínima menor a los $0,3^{\circ}\text{C}$. Según el INAMHI¹ registra una temperatura máxima media entre los 20° y 25°C y una mínima media entre los 7 y 11°C . Los vientos se registran como máximo en un orden de 7 m/s y como un mínimo en el orden de $3,5\text{ m/s}$. El análisis hidrometeorológico determina que las precipitaciones están entre los 1000 mm y 1400 mm por esta razón presenta meses de lluvia en abril, junio, septiembre y noviembre y sequías en los meses restantes con presencia de lluvias variadas.

1.2.6 Educación

Caranqui cuenta con instituciones educativas públicas y privadas y se encuentran distribuidas de la siguiente manera en todo el territorio de la parroquia:

¹INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

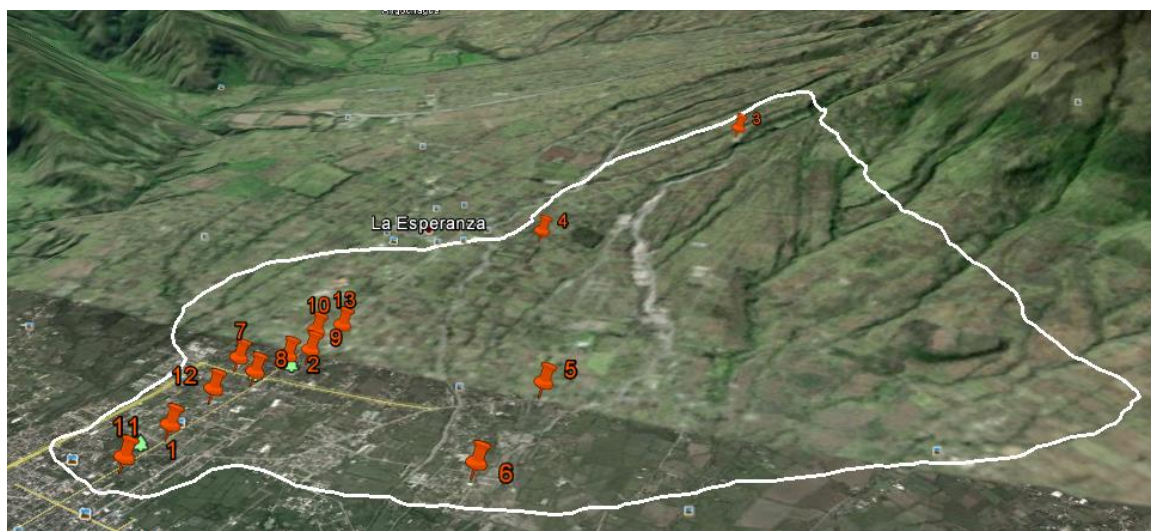


Figura 4: Posición geográfica de las unidades educativas.
Fuente: Mapas Digitales de Google Earth editado por Edwin Túquerrez.

Las instituciones se distribuyen como se muestra la Figura 4 y cada punto en color tomate indica un jardín, escuela o colegio según su numeración:

Instituciones Privadas

1. Jardín Escuela Colegio Sudamericano
2. Jardín Escuela Santa Marianita de Jesús

Instituciones Públicas

3. Jardín Escuela Unidad Básica Juan de Dios Navas
4. Escuela Unidocente Leopoldo N. Chávez
5. Jardín Escuela Oscar Efrén Reyes
6. Escuela Agustín Cueva Dávila
7. Jardín Avelina Lazo de Plaza
8. Jardín Escuela José Nicolás Vacas

9. Jardín Escuela Juan Miguel Suarez
10. Jardín Escuela Medardo Proaño Andrade
11. Escuela Olimpia Gudiño Vásquez
12. Colegio Atahualpa
13. Unidad Artesanal Caranqui

El nivel académico que brinda actualmente cada una de estas instituciones está distribuido de la siguiente manera:

Tabla 2: Distribución del nivel académico en la parroquia.
Fuente: Encuesta realizada a unidades educativas.

NIVEL ACADÉMICO	N° DE INSTITUCIONES
PRE-PRIMARIO	6
PRIMARIO	9
SECUNDARIO	2

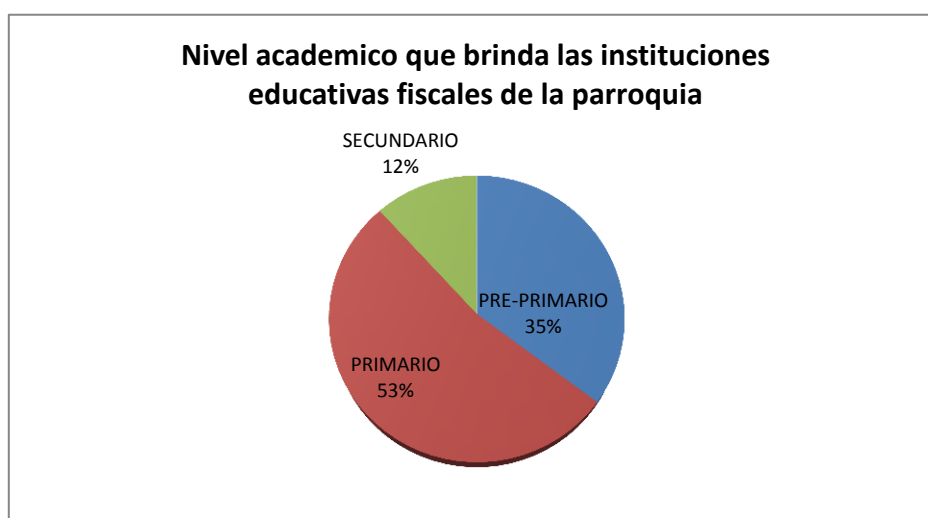


Figura 5: Esquema del nivel académico.
Fuente: Encuestas realizadas en la parroquia de Caranqui.

El total de número de estudiantes que cuentan las instituciones fiscales son:

Tabla 3: Número de estudiantes según el nivel de educación.

Fuente: Editado por Edwin Túquerrez a partir de encuesta realizada a unidades educativas de la parroquia.

Unidades Educativas Fiscales	Estudiantes
PRE-PRIMARIO	235
PRIMARIO	1540
SECUNDARIO	820

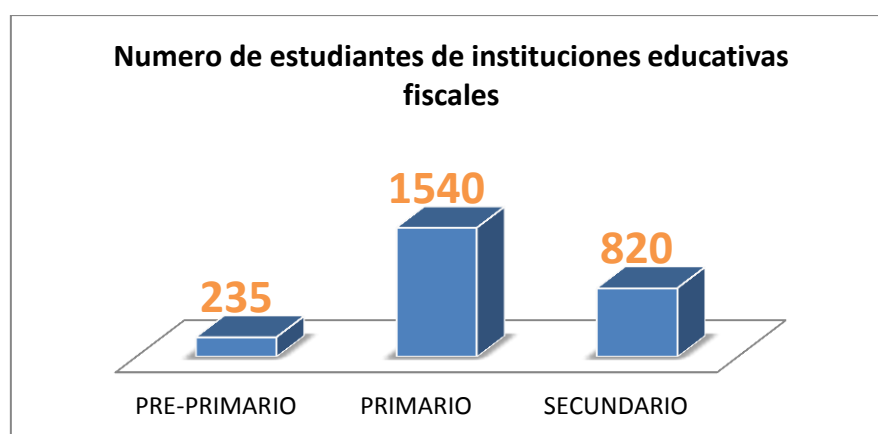


Figura 6: Esquema del número de estudiantes según el nivel de educación.

Fuente: Encuesta realizadas en la parroquia de Caranqui.

1.2.7 Salud

La tasa de mortalidad de vida de los habitantes es de 85 años de edad, esta disminuye en el área rural. Caranqui cuenta con un solo subcentro de salud ubicado en el barrio central Av. Atahualpa y General Pintag el cual presta los servicios de salud a toda la parroquia.



Figura 7: Unidad de salud de Caranqui.
Fuente: Parroquia de Caranqui.

1.2.8 Seguridad

Caranqui cuenta con un UPC² ubicado en la calle Rumiñahui 3-31 el cual brinda seguridad a todos los habitantes del sector y sus instalaciones son utilizadas por funcionarios de la Policía Nacional.



Figura 8: Unidad de Policía Comunitaria.
Fuente: Parroquia de Caranqui.

²UPC: Unidad de Policía Comunitaria

1.2.9 Parques Públicos

La parroquia cuenta con 3 parques públicos: El parque central y parque Atahualpa ubicado en el barrio central, el parque de las 4 esquinas ubicado en el barrio del mismo nombre.



Figura 9: Parque Atahualpa de Caranqui.
Fuente: Parroquia de Caranqui.



Figura 11: Parque Central de Caranqui.
Fuente: Parroquia de Caranqui.



Figura 10: Parque Cuatro Esquinas.
Fuente: Parroquia de Caranqui.

1.2.10 Lugares Públicos

Caranqui cuenta con lugares públicos tanto para turismo como para servicios de sus habitantes en el campo deportivo y cultural, entre ellos se encuentra el Coliseo general ubicado en la calle Juana Atabalipa y Princesa Cory Cory:



Figura 12: Coliseo General de Caranqui
Fuente: Parroquia de Caranqui.

Los lugares turísticos y de cultura son el sitio llamado el baño del Inca ubicado en las calles Princesa Paccha y Huairicocha, este representa los vestigios arqueológicos ubicados en Caranqui y su visita es constante por turistas locales y extranjeros. Además cuenta con la plaza de toros ubicada en la Av. El Retorno y representa un espacio cultural para actividades artísticas.



Figura 14: Espacio público denominado Baño del Inca.
Fuente: Parroquia de Caranqui.



Figura 13: Plaza de toros Caranqui.
Fuente: Parroquia de Caranqui.

1.3 Servicio actual de telecomunicaciones

1.3.1 Servicios de telecomunicaciones con cobertura en la parroquia.

La utilización de servicios de telecomunicaciones en el sector varía de acuerdo a la posición geográfica y la cobertura que provee tanto la empresa pública como privada en los servicios listados a continuación:

- Internet
- Telefonía móvil
- Telefonía Fija

Los lugares públicos que deben ser analizados para el proyecto en los servicios mencionados anteriormente son:

- Casas Barriales
- Unidades Educativas
- Parques de la parroquia
- Centro de Salud
- Unidad de Policía Comunitaria
- Coliseo
- Baño del Inca
- Plaza de Toros

De acuerdo a una encuesta realizada e información por parte de la administración actual de la parroquia los barrios de Caranqui cuentan con cobertura de servicios en telecomunicaciones de la siguiente manera:

Tabla 4: Cobertura y servicios de telecomunicaciones en las casas barriales y comunales.

Fuente: Datos proporcionados por parte de actual administración de la parroquia.

Casas Barriales	Internet	Telefonía Fija	Cobertura Telefonía móvil
Central	SI	SI	SI
Cuatro Esquinas	NO	NO	SI
Simón Bolívar	NO	NO	SI
La Candelaria	NO	NO	SI
URB. Mun. Yuyucocha	NO	NO	SI
URB. Vista Hermosa	NO	NO	SI
El Chamanal	NO	NO	SI
Bellavista de María	NO	NO	SI
20 de Octubre	NO	NO	SI
19 de Enero	NO	NO	SI
10 de Agosto	NO	NO	SI
Ejido de Caranqui	NO	NO	SI
Guayaquil de Caranqui	NO	NO	SI
El Naranjal	NO	NO	SI
Unión y Progreso	NO	NO	SI
Santa Lucía del Retorno	NO	NO	SI
San Francisco de Chorlavi	NO	NO	SI
Turupamba	NO	NO	SI
San Francisco de Chorlavisito	NO	NO	SI
El Naranjito	NO	NO	SI
San Cristóbal Alto	NO	NO	SI
San Cristóbal de Caranqui	NO	NO	SI
El Manzanal	NO	NO	SI
Catzoloma	NO	NO	SI

Las unidades educativas actualmente cuentan con los servicios de telecomunicaciones descritos en la Tabla 5, además de la entidad que provee el servicio en cada establecimiento.

Tabla 5: Cobertura y servicios de telecomunicaciones en las unidades educativas.

Fuente: Encuesta realizada a cada unidad educativa.

Unidad Educativa	Tiene acceso a internet	Medio de transmisión para el servicio a Internet	Empresa Proveedora del servicio de Internet y telefonía fija	Telefonía fija	Cobertura Telefonía Móvil
Jardín Escuela Unidad Básica Juan de Dios Navas	NO	No aplica	No aplica	No	Si
Escuela Unidocente Leopoldo N. Chávez	NO	No aplica	No aplica	No	Si
Jardín Escuela Oscar Efrén Reyes	NO	No aplica	No aplica	Si	Si
Escuela Agustín Cueva Dávila	SI	Cobre	CNT	Si	Si
Jardín Avelina Lazo de Plaza	NO	No aplica	No aplica	Si	Si
Jardín Escuela José Nicolás Vacas	SI	Cobre	CNT	Si	Si
Jardín Escuela Juan Miguel Suarez	SI	Cobre	CNT	Si	Si
Jardín Escuela Medardo Proaño Andrade	SI	Cobre	CNT	Si	Si
Escuela Olimpia Gudiño Vásquez	SI	Cobre	CNT	Si	Si
Colegio Atahualpa	SI	Cobre	CNT	Si	Si
Unidad Artesanal Caranqui	SI	Cobre	CNT	Si	Si

Caranqui cuenta con los lugares públicos descritos en la Tabla 6 que serán tomados en cuenta en el diseño del proyecto y describe la actual cobertura de servicios de telecomunicaciones.

Tabla 6: Cobertura y servicios de telecomunicaciones en lugares públicos de la parroquia.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en datos proporcionados por la actual administración de la parroquia de Caranqui.

Lugares Públicos	Internet	Telefonía Fija	Cobertura Telefonía móvil
Parque Central	si	no	Si
Parque Atahualpa	SI	no	Si
Parque Cuatro Esquinas	SI	no	Si
Centro de Salud	si	si	Si
Unidad de Policía Comunitaria	si	si	Si
Coliseo	no	no	Si
Baño del Inca	no	no	Si
Plaza de Toros	no	no	Si

1.3.2 Operadores de servicios de telecomunicaciones.

Las Operadoras y empresas que brindan los servicios de telefonía fija y móvil e internet tanto privadas como públicas en la localidad se describen en la Tabla 7:

Tabla 7: Empresas que brindan el servicio de telecomunicaciones en la localidad.

Fuente: Empresas publicadas por la SENATEL³ con permisos de cobertura en Imbabura.

EMPRESA	Pública/Privada	Servicios(Telefonía fija-móvil-internet)
CNT ⁴	Pública	Telefonía Fija-móvil-internet
TV-CABLE (SETEL S.A.)	Privada	Telefonía Fija-móvil-internet
CLARO (CONECEL S.A.)	Privada	Telefonía Fija-móvil-internet
MOVISTAR (OTECEL S.A.)	Privada	Telefonía Fija-móvil-internet
TELCONET S.A.	Privada	Internet
PUNTO-NET S.A.	Privada	Internet
NET-SERVICE	Privada	Internet
SAITEL	privada	Internet

³ **SENATEL:** Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

⁴ **CNT:** Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Las empresas mencionadas tienen cobertura toda la provincia de Imbabura pero no todos brindan el servicio a la parroquia de Caranqui tanto por cobertura y por la falta de infraestructura destinada para los moradores del sector.

1.4 Instituciones y sitios beneficiados

El presente proyecto está enfocado según la resolución SNT-2011-0617 impuesta por el CONATEL⁵ el cual considera a beneficiarios, centros de educación, salud, seguridad y juntas parroquiales. Caranqui cuenta con centros de educación, juntas o casas barriales, un centro de salud y un centro de seguridad. Para la selección de los beneficiarios con los que se va a trabajar en el proyecto se tomará en cuenta los siguientes requisitos:

- No tener acceso a internet o si lo tiene no cubre la demanda de usuarios.
- No tiene equipo informático (Computadores)
- Su ubicación sea eficiente y pueda cubrir a varias familias y estudiantes del sector

Por medio de las visitas realizadas y los resultados de las encuestas se determina que las instituciones y lugares para el diseño del presente proyecto son las escuelas, casas barriales el coliseo y el espacio público denominado Baño del Inca debido a que el centro de salud, la unidad de policía comunitaria ya cuentan con acceso al servicio de internet y telefonía fija.

Los tres parques de la parroquia ya cuentan con el acceso al internet debido a un proyecto que lleva a cabo el municipio de la ciudad de Ibarra.

⁵ CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones.



Figura 15: Servicios de internet en los 3 parques de Caranqui.
Fuente: Parroquia de Caranqui.

Cabe mencionar que el diseño de la cobertura de la red es para toda la parroquia y los lugares mencionados si dispondrán de acceso a la red según el diseño propuesto.

1.4.1 Centros de educación

La parroquia cuenta con 13 unidades educativas 2 privadas y 11 públicas, el proyecto está orientado en su diseño para instituciones que financia el gobierno central lo que las instituciones privadas no serán tomadas en cuenta en este proyecto.

1.4.1.1 Infraestructura informática en las unidades educativas

La infraestructura en cada unidad educativa consta de computadoras de escritorio y portátiles para uso exclusivo de los alumnos, no se toma en cuenta a equipos informáticos de los funcionarios en cada institución, si la unidad cuenta con un laboratorio dedicado para

utilizar y brindar clases de informática y si cuentan con acceso al internet según describe la

Tabla 8.

Tabla 8: Infraestructura informática en las unidades educativas.

Fuente: Encuesta realizadas a las unidades educativas de la parroquia de Caranqui.

Unidad Educativa	Cuenta con computadores	Cuenta con laboratorio de computación	Tiene acceso a internet
Jardín Escuela Unidad Básica Juan de Dios Navas	SI	NO	NO
Escuela Unidocente Leopoldo N. Chávez	SI	NO	NO
Jardín Escuela Oscar Efrén Reyes	SI	SI	NO
Escuela Agustín Cueva Dávila	SI	SI	NO
Jardín Avelina Lazo de Plaza	NO	NO	NO
Jardín Escuela José Nicolás Vacas	SI	NO	SI
Jardín Escuela Juan Miguel Suarez	SI	SI	SI
Jardín Escuela Medardo Proaño Andrade	SI	SI	SI
Escuela Olimpia Gudiño Vásquez	SI	NO	SI
Colegio Atahualpa	SI	SI	SI
Unidad Artesanal Caranqui	SI	SI	SI

1.4.1.2 Distribución de ordenadores informáticos en cada unidad educativa

En la Tabla 9 se describe cuantos estudiantes tienen acceso a los servicios de un ordenador informático según la unidad educativa y su actual infraestructura informática.

Tabla 9: Servicio de internet por alumno.**Fuente:** Encuesta realizadas a las unidades educativas de la parroquia de Caranqui.

Unidad Educativa	N° de estudiantes	N° de computadores	Computadora/ estudiante
Jardín Escuela Unidad Básica Juan de Dios Navas	NO ESPECIFICADO	32	No aplica
Escuela Unidocente Leopoldo N. Chávez	14	5	1 PC/2 Estudiantes
Jardín Escuela Oscar Efrén Reyes	232	10	1 PC/ 23 Estudiantes
Escuela Agustín Cueva Dávila	182	8	1 PC/22 Estudiantes
Jardín Avelina Lazo de Plaza	60	NINGUNA	No aplica
Jardín Escuela José Nicolás Vacas	364	4	1 PC / 91 Estudiantes
Jardín Escuela Juan Miguel Suarez	278	15	1 PC / 18 Estudiantes
Jardín Escuela Medardo Proaño Andrade	248	10	1 PC / 24 Estudiantes
Escuela Olimpia Gudiño Vásquez	201	NO ESPECIFICADO	No Aplica
Colegio Atahualpa	620	20	1 PC / 31 Estudiantes
Unidad Artesanal Caranqui	200	12	1 PC / 16 Estudiantes

1.4.1.3 Posición Geográfica.

La lectura de las coordenadas geográficas y UTM son tomadas en cada unidad educativa para ser utilizadas según se requiera en las herramienta ocupada para el diseño.

Tabla 10: Posición geográfica de las unidades educativas.**Fuente:** Lecturas GPS.

Unidad educativa	Coordenadas Geográficas	Coordenadas UTM
Juan de Dios Navas	N: 00° 17.123'	X: 818568.2573
	W: 78° 8.303'	Y: 10031583.4283
	Altura: 2775m	
Leopoldo N. Chávez	N: 00° 18.210'	X: 819472.0855
	W: 78° 7.816'	Y: 10033588.6434
	Altura: 2485m	

Oscar Efrén Reyes	N: 00° 19.169'	X: 818691.6778
	W: 78° 8.236'	Y: 10035357.3171
	Altura: 2313m	
Agustín Cueva Dávila	N: 00° 19.616'	X: 818702.5870
	W: 78° 8.230'	Y: 10036181.8142
	Altura: 2259m	
Avelina Lazo de Plaza	N: 00° 19.359'	X: 820490.9861
	W: 78° 7.267'	Y: 10035708.2813
	Altura: 2312m	
Unidad Artesanal Caranqui	N: 00° 19.072'	X: 820119.7381
	W: 78° 7.467'	Y: 10035178.7972
	Altura: 2342m	
José Nicolás Vacas	N: 00° 19.414'	X: 820303.4019
	W: 78° 7.368'	Y: 10035809.6773
	Altura: 2305m	
Santa Marianita de Jesús	N: 00° 19.296'	X: 820231.0411
	W: 78° 7.407'	Y: 10035592.0024
	Altura:	
Juan Miguel Suarez	N: 00° 19.243'	X: 820140.0766
	W: 78° 7.456'	Y: 10035494.2169
	Altura: 2322m	
Medardo Proaño Andrade	N: 00° 19.131'	X: 820236.6976
	W: 78° 7.404'	Y: 10035287.6569
	Altura: 2335m	
Olimpia Gudiño Vásquez	N: 00° 19.924'	X: 820410.8363
	W: 78° 7.310'	Y: 10036750.4184
	Altura: 2258m	
Colegio Atahualpa	N: 00° 19.541'	X: 820422.1821
	W: 78° 7.304'	Y: 10036043.9664
	Altura: 2292m	
Colegio Sudamericano	N: 00° 19.747'	X: 820394.2182
	W: 78° 7.319'	Y: 10036423.9316
	Altura: 2272m	

1.4.2 Casa barriales o comunales

Son lugares cerrados utilizados para reuniones, eventos y actividades varias del barrio. Actualmente la parroquia de Caranqui cuenta con 17 casas comunales y su ubicación geográfica se describe en la Tabla 11:

1.4.2.1 Posición geográfica

Tabla 11: Posición geográfica de las casas comunales y barriales.

Fuente: Lecturas GPS.

	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
BARRIOS		
Central	N: 00° 19.282'	X: 820180.9099
	W: 78° 7.434'	Y: 10035566.1649
	Altura: 2308m	
Cuatro Esquinas (Iglesia)	N: 00° 19.811'	X: 820462.8924
	W: 78° 7.282'	Y: 10036542.0015
	Altura:	
URB. Mun. Yuyucocha(Centro Infantil)	N: 00° 19.715'	X: 819560.4525
	W: 78° 7.768'	Y: 10036364.6666
	Altura: 2263m	
El Chamanal	N: 00° 18.805'	X: 818619.4418
	W: 78° 8.275'	Y: 10034685.8974
	Altura: 2363m	
Bellavista de María	N: 00° 19.015'	X: 820216.3304
	W: 78° 7.415'	Y: 10035073.6860
	Altura: 2352m	
20 de Octubre	N: 00° 18.906'	X: 818142.1529
	W: 78° 8.532'	Y: 10034872.0612
	Altura: 2338m	
19 de Enero	N: 00° 18.233'	X: 818201.9102
	W: 78° 8.500'	Y: 10033630.7302
	Altura: 2470m	
Ejido de Caranqui	N: 00° 19.272'	X: 818881.0347
	W: 78° 8.134'	Y: 10035547.3543
	Altura: 2290m	

Guayaquil de Caranqui	N: 00° 19.133'	X: 819434.4825
	W: 78° 7.836'	Y: 10035291.1219
	Altura: 2301m	
El Naranjal	N: 00° 19.524'	X: 818789.9124
	W: 78° 8.183'	Y: 10036012.1445
	Altura: 2269m	
Santa Lucia del Retorno	N: 00° 19.066'	X: 821005.5243
	W: 78° 6.990'	Y: 10035167.9771
	Altura: 2348m	
COMUNIDADES		
Turupamba	N: 00° 18.497'	X: 817308.5882
	W: 78° 8.981'	Y: 10034117.4381
	Altura: 2380m	
San Francisco de Chorlavisito	N: 00° 18.592'	X: 816911.1563
	W: 78° 9.195'	Y: 10034292.5573
	Altura: 2387m	
El Naranjito	N: 00° 17.076'	X: 818560.8510
	W: 78° 8.307'	Y: 10031496.7348
	Altura: 2745m	
San Cristóbal Alto	N: 00° 17.870'	X: 819399.8284
	W: 78° 7.855'	Y: 10032961.4888
	Altura: 2567m	
El Manzanal	N: 00° 18.210'	X: 818733.0119
	W: 78° 8.214'	Y: 10033588.4474
	Altura: 2622m	
Catzoloma	N: 00° 18.191'	X: 817321.7368
	W: 78° 8.974'	Y: 10033553.0291
	Altura: 2521m	

1.4.3 Lugares Públicos

Son espacios para actividades deportivas de cultura y turísticas que se encuentran en la parroquia y son utilizados constantemente por los habitantes de la parroquia y público en general.

1.4.3.1 Posición geográfica

Tabla 12: Posición geográfica de los lugares públicos.

Fuente: Lecturas GPS.

LUGARES PÚBLICOS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
Coliseo	N: 00° 19' 27.62"
	W: 78° 07' 29.51"
	Altura: 2280 m
Baño del Inca	N: 00°19' 21.11"
	W: 78° 07' 19.99"
	Altura: 2298 m
Plaza de Toros	N: 0° 19' 13.76"
	W: 78° 07' 3.56"
	Altura: 2314 m

1.4.4 Análisis Eléctrico

El análisis eléctrico brinda una visión general del estado actual de la infraestructura que contempla este servicio tanto en las unidades educativas como en las casas comunales o barriales que cuenta la parroquia. Para su análisis se toma en cuenta las siguientes condiciones en los espacios destinados a alojar equipos informáticos:

1. Contar con una infraestructura eléctrica interna en buen estado tanto en el cableado como en sus tomacorrientes e iluminación.
2. Protección de acometidas eléctricas mediante cajas térmicas y tacos braker de protección distribuido para sistemas independientes.
3. Tener implementado un sistema a tierra básico para la protección de los equipos que utilicen la infraestructura eléctrica.

Con estas consideraciones se realizaron las visitas tanto en las unidades educativas como en las casas barriales y comunales, donde se verifico que las unidades educativas ya cuentan

con los dos primeros requerimientos debido a que ya disponen con espacios destinados para el funcionamiento de computadores de escritorio, el tercer requerimiento deben cumplir todas las unidades educativas debido a que no cuentan con un sistema a tierra para su infraestructura eléctrica.

El análisis en las casas comunales o barriales se realizó en base a su actual infraestructura y los requerimientos que necesitan se describen en la tabla 13.

Tabla 13: Estado actual de Infraestructura eléctrica en las casas comunales o barriales.

Fuente: Visitas a las casas comunales o barriales.

BARRIOS	Cuenta con espacio para alojar equipos informáticos	Estado de la infraestructura Eléctrica
Central	SI	Cuenta con todas las consideraciones eléctricas ya expuestas
Cuatro Esquinas	NO	NO APLICA
Simón Bolívar	NO	NO APLICA
La Candelaria	NO	NO APLICA
URB. Mun. Yuyucocha	SI	No cuenta con un sistema a tierra
URB. Vista Hermosa	NO	NO APLICA
El Chamanal	SI	No cuenta con sistema a tierra
Bellavista de María	NO	NO APLICA
20 de Octubre	SI	No cuenta con sistema a tierra
19 de Enero	SI	No cuenta con sistema a tierra
10 de Agosto	NO	NO APLICA
Ejido de Caranqui	SI	No cuenta con un sistema a tierra

Guayaquil de Caranqui	SI	No cuenta con un sistema a tierra
El Naranjal	SI	No cuenta con sistema de puesta a tierra. No cuenta con protección de la acometida eléctrica. La infraestructura eléctrica está en malas condiciones.
Unión y Progreso	NO	NO APLICA
Santa Lucía del Retorno	SI	No cuenta con sistema de puesta a tierra. No cuenta con protección de la acometida eléctrica. La infraestructura eléctrica está en malas condiciones.
San Francisco de Chorlavi	SI	No cuenta con un sistema a tierra
COMUNIDADES		
Turupamba	SI	No cuenta con un sistema a tierra
San Francisco de Chorlavisito	SI	No cuenta con un sistema a tierra
El Naranjito	SI	No cuenta con un sistema a tierra
San Cristóbal Alto	SI	No cuenta con un sistema a tierra
San Cristóbal de Caranqui	NO	NO APLICA
El Manzanal	SI	No cuenta con sistema de puesta a tierra. No cuenta con protección de la acometida eléctrica. La infraestructura eléctrica está en malas condiciones.
Catzoloma	SI	No cuenta con sistema de puesta a tierra. No cuenta con protección de la acometida eléctrica. La infraestructura eléctrica está en malas condiciones.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO DE ENLACES INALÁMBRICOS, ESTÁNDAR IEEE 802.16, APLICACIONES, CODECS Y PROTOCOLOS PARA SERVICIOS DE VOIP, VIDEO STREAMING Y SEGURIDAD DE REDES.

En el presente capítulo se describe los conceptos técnicos y las características para realizar transmisiones inalámbricas de datos voz y video mediante ondas de radio aplicado a la tecnología WIMAX. Las recomendaciones impuestas por el protocolo IEEE 802.16 para la implementación de esta tecnología. Además se describe tecnologías de seguridades informáticas que brindarán protección a la red en puertos, contenido de páginas y acceso a la red mediante un portal cautivo.

2.1 Enlaces Inalámbricos.

Los enlaces inalámbricos utilizan como medio de transmisión las ondas electromagnéticas que se encuentran distribuidas en el espectro, para realizar este método de transmisión se debe tomar en cuenta las características y los fenómenos que se encuentran en el entorno donde se montara el enlace, además se debe realizar un cálculo matemático llamado presupuesto de potencia del enlace para la factibilidad y aprobación del mismo.

2.1.1 Ondas electromagnéticas

Son oscilaciones de electrones en el espacio y su función principal es la transmisión y recepción de energía con diferentes características.

2.1.2 Espectro Electromagnético.

Es el conjunto de ondas electromagnéticas que utilizan el espacio libre como medio de transmisión, todas viajan a la velocidad de la luz y se miden en Hertz [Hz].

Su distribución como se muestra en la Figura 16 varía de acuerdo a su longitud de onda medida en metros, cada espacio tiene una aplicación según el esquema presentado.

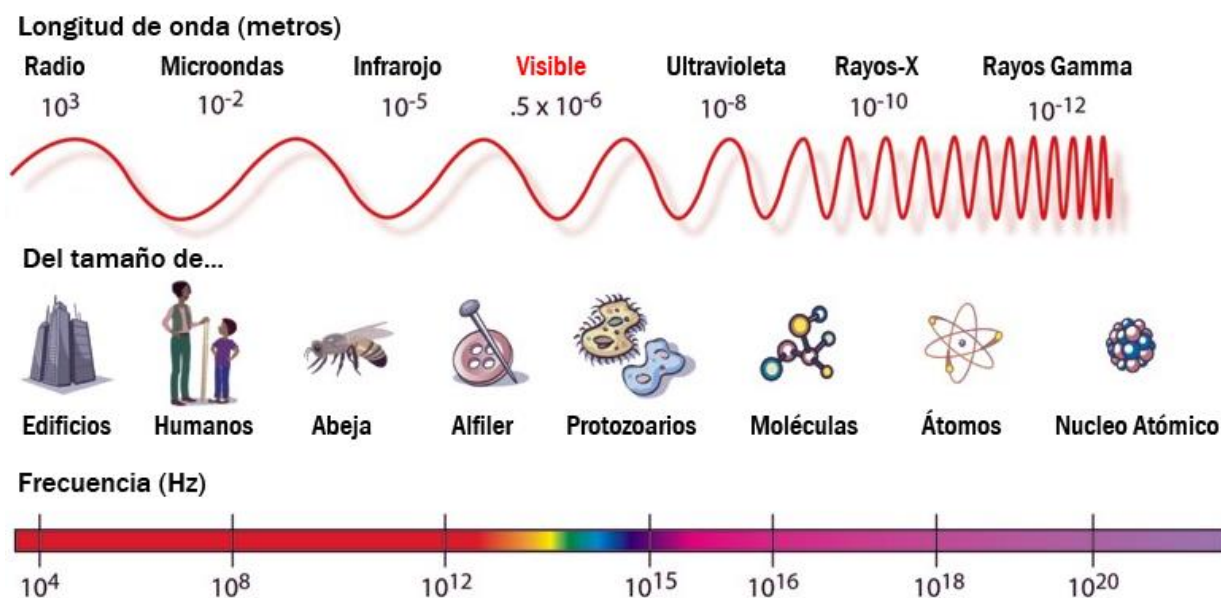


Figura 16: Espectro electromagnético

Fuente: Casanova V. (2012,28 de junio) El Espectro Electromagnético. Recuperado de <http://www.astrofisicayfisica.com/>

2.1.3 Espectro radioeléctrico

Es un conjunto de frecuencias dentro del espectro electromagnético que es utilizado para las telecomunicaciones ya que mediante este medio de transmisión es posible enviar y recibir datos, voz y video. Las aplicaciones designadas dependen de la frecuencia y las características de cada segmento de este espacio en el espectro como muestra la Figura 17.

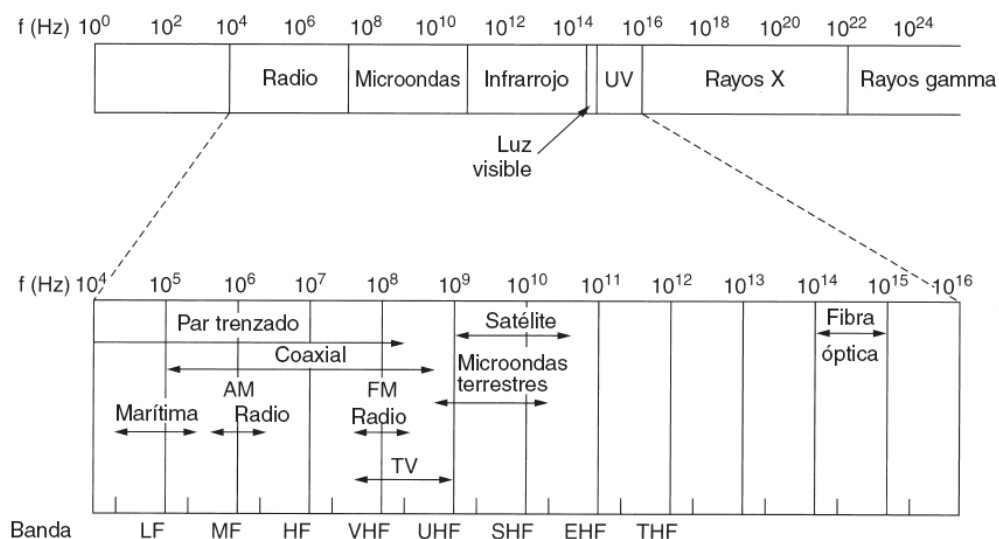


Figura 17: Espectro Radioeléctrico

Fuente: Tanenbaum A. S. (2005) *Redes de Computadora* 4ª Edición. Estados Unidos: Person.

La UIT-R⁶ denominado el Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones de las Naciones Unidas divide al mundo en tres regiones como se muestra en la figura Con el fin de atribuir planificar y asignar frecuencias los diferentes países con el fin de que todos puedan compartir este recurso que es limitado a nivel mundial.

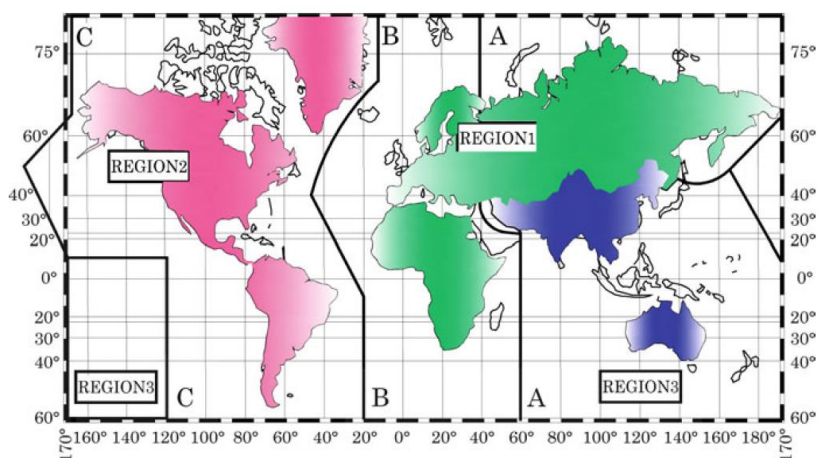


Figura 18: División de regiones por parte de la UIT⁷.

Fuente: Wikitel. (2013). Recuperado de <http://wikitel.info/wiki/Imagen:Regiones UIT.png>

⁶ **UIT-R:** Sector de normalización de Radiocomunicaciones de las Naciones Unidas.

⁷ **UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Como se muestra en la Figura 18 el continente Americano se encuentra en la región 2 por lo cual se tomará las recomendaciones de la UIT para esta zona.

El espectro se divide en bandas de frecuencia como se muestra en la Tabla 14 de acuerdo a una reunión establecida por el concejo consultivo internacional de radiocomunicación (CCIR⁸) perteneciente a la UIT en 1953.

Tabla 14: Distribución de Bandas de frecuencias.

Fuente: Libro Instalaciones de radiocomunicaciones (Javier García Rodrigo) Edición 2012.

	BANDA	Frecuencia	Longitud de onda
VLF	Muy baja frecuencia (Very Low Frequencies)	10 KHz a 30 KHz	30 Km a 10 Km
LF	Baja frecuencia (Low frequencies)	30 KHz a 300 KHz	10 Km a 1 Km
MF	Frecuencia media (Medium Frequencies)	300 KHz a 3 MHz	10 Km a 1 Km
HF	Alta frecuencia (High Frequencies)	3 MHz a 30 MHz	100 m a 10 m
VHF	Muy alta frecuencia (Very High Frequencies)	30 MHz a 300 MHz	10 m a 1 m
UHF	Ultra alta frecuencia (Ultra High Frequencies)	300 MHz a 3 GHz	1 m a 10 cm
SHF	Super alta frecuencia (Super High Frequencies)	3 GHz a 30 GHz	10 cm a 1 cm
EHF	Extra alta frecuencia (Extra High Frequencies)	30 GHz a 3000 GHz	1 cm a 0.1 cm

Actualmente en Ecuador la distribución del espectro radioeléctrico se muestra en la figura 19 presentada por el plan de frecuencias en 2012.

⁸ **CCIR:** Concejo consultivo internacional de radiocomunicación.

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas	

Figura 19: Distribución de frecuencias en el Ecuador.

Fuente: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones. (2013). Recuperado de <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec>

2.1.4 Desplazamiento de ondas de radio

La forma de transmisión mediante las ondas de radio depende de las características tanto de la frecuencia utilizada como del medio por donde son transmitidas. Estas características influyen en el alcance de la cobertura a donde pueden llegar las ondas radioeléctricas, se tiene en cuenta tres reglas para el desplazamiento de ondas de radio:

- Mientras más larga la longitud de onda mayor alcance.
- Mientras más larga la longitud de onda, atravesará mejor los obstáculos que lo rodea.
- Mientras más corta la longitud de onda, podrá trasportar mayor cantidad de datos.

La transmisión está sujeta a fenómenos en el medio que pueden modificar las características iniciales y su información enviada dentro de las ondas de radio. Estos fenómenos pueden ser:

- Absorción
- Reflexión
- Difracción
- Refracción

2.1.4.1 Absorción

La absorción en ondas radioeléctricas se presenta cuando se producen pérdidas de energía y atenuación al momento de atravesar materiales específicos que pueden modificar sus características. Entre los principales materiales que provocan absorción son: el metal, el agua, los árboles, la madera y finalmente los seres humanos debido a que este último está compuesto principalmente por agua.

2.1.4.2 Reflexión

Es el comportamiento de una onda radioeléctrica al reflejarse con el mismo ángulo de incidencia que ingresa en una superficie como el metal o el agua, esto ayuda en parte a la multitrayectoria que pueden trabajar las ondas de radio y su alcance de cobertura.

2.1.4.3 Difracción

La difracción se produce cuando una onda de radio topa con un obstáculo que le hace cambiar de dirección, estos obstáculos son esquinas y bordes, lo que provoca una absorción de la señal si la longitud de la onda es mayor que el objeto.

2.1.4.4 Refracción

Una onda radioeléctrica puede cambiar su dirección y velocidad al pasar de un medio a otro en enlaces inalámbricos puede darse la refracción cuando las ondas pasan desde el aire al agua y sus características son modificadas.

2.1.5 Unidades de medida para enlaces inalámbricos

Las ondas radioeléctricas trabajan para la transmisión y recepción de potencia eléctrica lo cual se mide generalmente en vatios [W], y es una principal característica de los equipos que generan ondas de radio.

Para realizar un diseño de radioenlaces se requiere la suma o resta de las ganancias o pérdidas que presenten los dispositivos que intervengan en el sistema todos ellos se representan en valores diferentes pero hay una homologación para poder realizar los cálculos mediante los decibeles [dB].

Para poder trabajar con una sola unidad de medida es necesario realizar transformaciones dependiendo de la necesidad entre [dB] y [W], para esto se debe tomar en cuenta la fórmula planteada a continuación:

$$dBm = 10 \log \frac{P}{1mW}$$

Ecuación 1: Transformación de [mW] a [dBm].

Fuente: Material del curso Comunicación Digital séptimo nivel.

$$PmW = 10^{\frac{dBm}{10}}$$

Ecuación 2: Transformación de [dBm] a [mW].

Fuente: Material del curso Comunicación Digital séptimo nivel.

El decibelio isótropo [dBi] es utilizado para medir la ganancia de una antena en referencia una antena ideal que representa un dispositivo teórico y no considera perdidas. La mayoría de fabricantes de antenas brindan su ganancia en esta unidad de medida.

Para la suma entre [dBi], [dBm] y [dB] se debe tomar en cuenta las propiedades que se muestran en la ecuación 3 ya que para el diseño de radioenlaces es necesario realizar estas operaciones.

$$dBm + dBm \neq dBm$$

$$dB + dB \neq dB$$

$$dBm + dB = dBm$$

$$dBw + dB = dBw$$

$$dBi + dB = dB$$

Ecuación 3: Propiedades para la suma entre [dBi], [dB], [dBm].

Fuente: Material del curso Comunicación Digital séptimo nivel.

2.1.6 Dispositivos inalámbricos.

Son equipos destinados a la emisión y recepción de ondas de radio, sus principales características se encuentran en su potencia utilizada, las bandas de frecuencia en las que trabaja, la seguridad que permite configurar y la compatibilidad con nuevas tecnologías.

Estos dispositivos pueden ser configurados de modos diferentes según necesite el usuario:

2.1.6.1 Modo maestro

Su configuración en los equipos es nombrado Punto de Acceso (Access Point), generan una red inalámbrica con un identificador llamado SSID⁹ para brindar los siguientes servicios:

- Autenticación de clientes inalámbricos asociados al SSID configurado.
- Control de acceso a los canales de frecuencia configurados.
- Repetición de paquetes para los clientes ya asociados.

2.1.6.2 Modo Cliente

Esta configuración permite unirse a una red ya creada por un dispositivo maestro después de presentar las seguridades solicitadas y unirse al canal de la red. No pueden conectarse dispositivos con esta misma configuración ya que dependen de un dispositivo en modo maestro para poder realizar la asociación.

2.1.6.3 Modo Ad-hoc

El modo Ad-hoc permite a un dispositivo unirse a una red de cualquier otro dispositivo en el mismo modo pero no al mismo punto de acceso debido a que todos los dispositivos trabajan como puntos de acceso y la red es descentralizada.

2.1.6.4 Modo Monitor

Esta configuración permite a los dispositivos escuchar pasivamente en distintos canales y frecuencias. Son utilizados para el monitoreo y resolución de inconvenientes en redes

⁹ **SSID**: Service Set Identifier (Identificador de conjunto de servicios).

inalámbricas, es el principio de los osciloscopios utilizados para gestión y administración de equipos inalámbricos.

2.1.7 Antenas

Es un dispositivo formado por materiales utilizados para radiar o recibir ondas electromagnéticas que viajan a través del espectro. Su función principal es transformar la energía electromagnética en energía eléctrica para que el transmisor o receptor interprete esas señales y pueda procesarlas.

Para la medición de antenas se hace referencia a una antena llamada isotópica la cual cumple con exactamente los requerimientos de una antena ideal.

Principales características de una antena:

Ganancia: Es una magnitud que expresa la relación entre la potencia entregada por la antena y la potencia que entregaría una antena isotrópica o ideal, su unidad de medida son los [dBi].

Polarización: Es la dirección física o electrónica tanto horizontal como verticalmente que se requiere para la emisión y recepción de ondas electromagnéticas, para realizar un radioenlace se debe considerar que las dos antenas deben tener la misma polarización en el transmisor como en el receptor.



Figura 20: Ejemplo polarización horizontal y vertical de una antena grilla.

Fuente: MercadoLibre. (1999-2014). Ecuador. Recuperado de <http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-403235006-antena-grilla-wifi-15-dbi-24-ghz-direccional-16-conector-n>

Patrón de radiación: Es una representación mediante un gráfico sobre la potencia que puede transmitir o recibir la antena en diferentes direcciones.

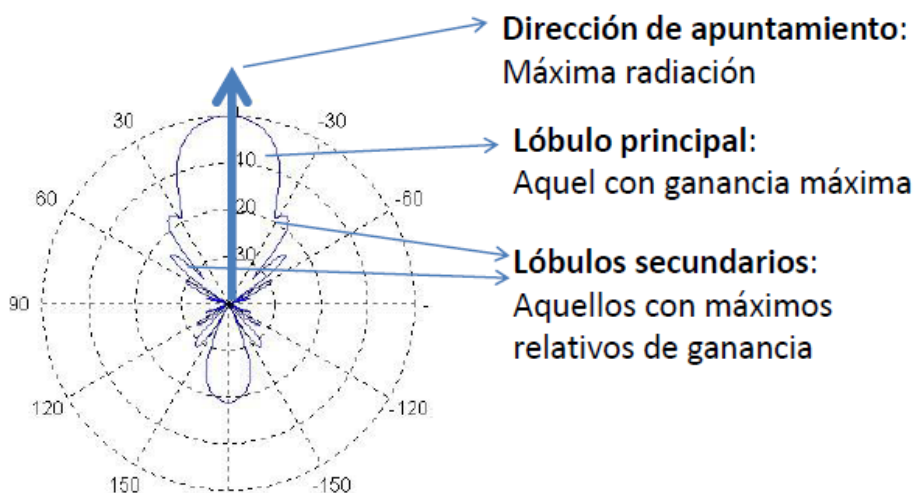


Figura 21: Ejemplo patrón de radiación de una antena Yagi.

Fuente: Medina D. (2013, 29 de enero) Trabajos de ICT Telecomunicaciones. Recuperado de <http://jesus00017.blogspot.com/2013/01/antenas-de-radio-y-tv.html>

Las antenas actuales se pueden clasificar en directivas y omnidireccionales con diferentes características y funciones.

Antenas Directivas: Este tipo de antena tiene un patrón de radiación que emite la mayor parte de potencia a una sola dirección.

Antenas Omnidireccionales: Son antenas con un patrón de radiación que emite su potencia en todas las direcciones a partir de un punto centralizado en la antena.

2.1.8 Topologías de redes inalámbricas.

2.1.8.1 Topología Ad-Hoc

Esta topología cuenta con un solo dispositivo como punto de Acceso para la asociación de los clientes en la red, es independiente de redes adyacentes.

2.1.8.2 Topología de Infraestructura

Cuenta con un punto de acceso que asocia a todos los clientes de la red, este equipo también realiza el cambio de información de una red a redes distintas.

2.1.9 Diseño de redes inalámbricas

2.1.9.1 Punto a Punto

Este diseño está compuesto de dos dispositivos de red uno configurado en estado maestro y el segundo en estado cliente, es aplicado para transmisión y recepción de datos, voz y video según la tecnología utilizada entre dos nodos.

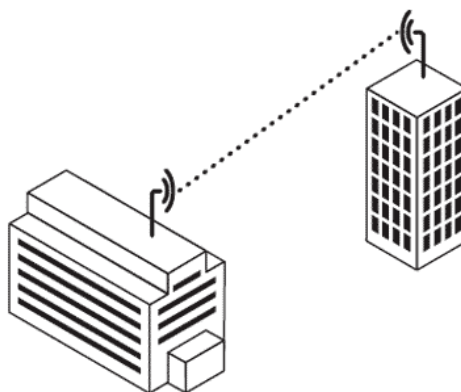


Figura 22: Diseño de una red inalámbrica Punto a Punto.
Fuente: Ubiquiti Networks. (2010, 30 de Junio). Recuperado de http://wiki.ubnt.com/File:Productselection_3.png

2.1.9.2 Punto a Multipunto

Cuenta con un dispositivo en modo maestro y varios dispositivos en estado cliente, esta permite la conexión a varios nodos desde cualquier lugar donde tenga cobertura la red.

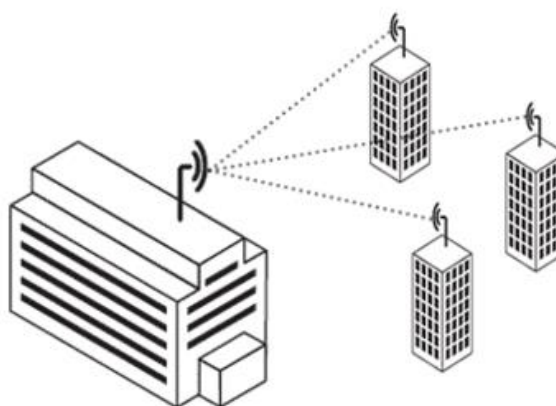


Figura 23: Diseño de una red inalámbrica Punto Multipunto.
Fuente: Ubiquiti Networks. (2010, 30 de Junio). Recuperado de http://wiki.ubnt.com/File:Productselection_4.png

2.1.9.3 Multipunto a multipunto

Este diseño es considerado en malla (mesh), se encuentra descentralizada sin un dispositivo en estado maestro designado, todos los nodos se comunican directamente entre sí.

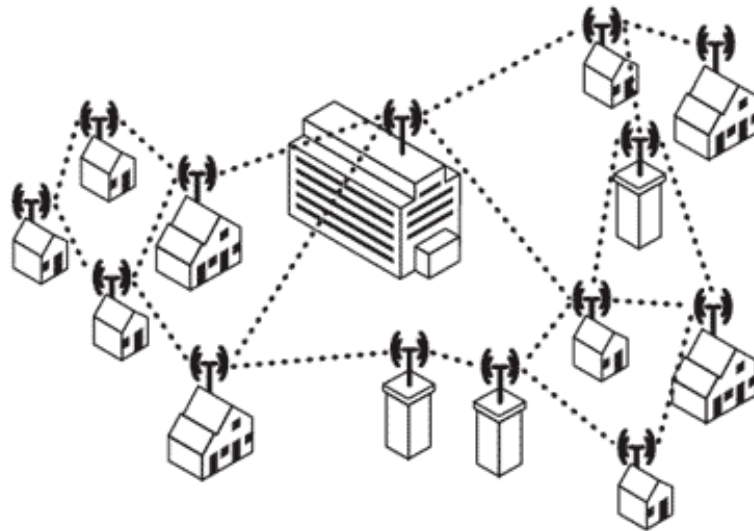


Figura 24: Diseño de una red inalámbrica multipunto a multipunto.
Fuente: Ubiquiti Networks. (2010, 30 de Junio). Recuperado de:
http://wiki.ubnt.com/File:Productselection_4.png

2.1.10 Cálculo del presupuesto de Potencia del Enlace

El cálculo del presupuesto de potencia del enlace es la suma en decibeles de las ganancias y pérdidas en todo el sistema de un radioenlace, este ejercicio ayuda a la elección de equipos adecuados y el mejor el diseño para implementar un radioenlace.

El análisis de presupuesto se distribuye por zonas para su resolución:

- Zona de Trasmisión
- Perdidas en el espacio
- Zona de Recepción

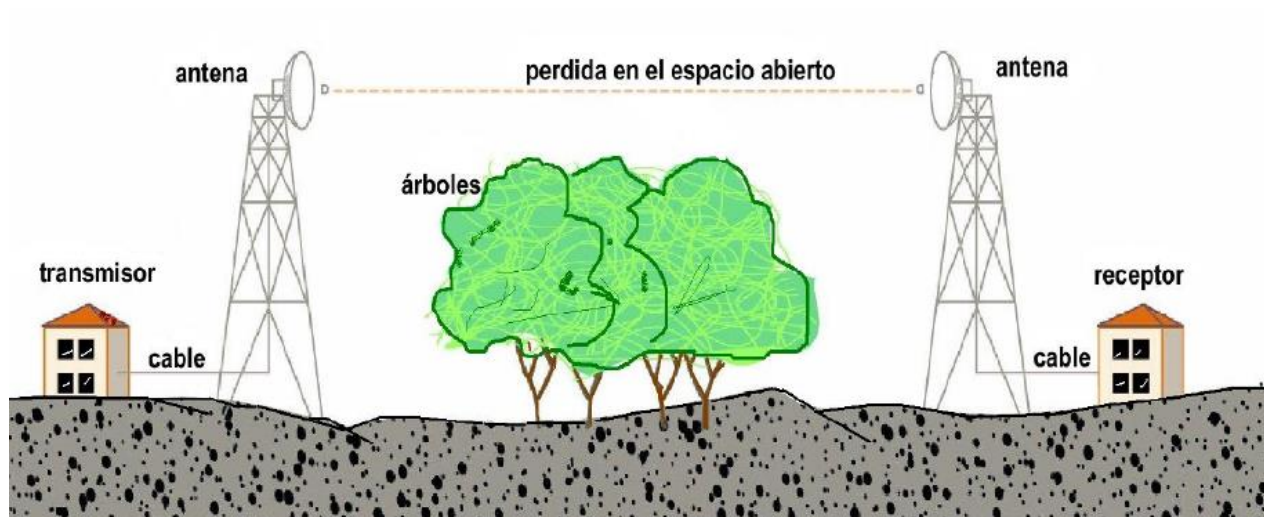


Figura 25: Esquema de zonas para el presupuesto de potencia de un enlace.

Fuente: Cálculo Del Radioenlace. (2007). Recuperado de http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_presentacion_v02.pdf

2.1.10.1 Zona de Transmisión

Este valor es representado en [dBm] y es la suma de la potencia del transmisor, menos las pérdidas del cable y conectores y la ganancia de la antena en una zona denominada PIRE. Este cálculo es regulado por cada país mediante la autoridad nacional correspondiente.

$$PIRE [dBm] = Potencia\ del\ transmisor [dBm] - Pérdidas\ en\ el\ cable\ y\ conectores [dB] + ganancia\ de\ la\ antena [dBi]$$

Ecuación 4: Cálculo del PIRE¹⁰.

Fuente: Material del curso WLAN octavo nivel.

2.1.10.2 Pérdidas en el espacio (Zona de Fresnel)

Para el procedimiento del cálculo de las pérdidas en el espacio es necesario comprender dos términos utilizados para representar enlaces radioeléctricos.

¹⁰ **PIRE:** Potencia isotrópica radiada equivalente.

Con línea de vista (LOS¹¹): Este término representa la no presencia de obstáculos en la trayectoria de las ondas electromagnéticas desde la zona de transmisión hasta la recepción.

Sin línea de vista (NLOS¹²): Puede representar cuando existe obstáculos o materiales que influyen en la trayectoria de las ondas electromagnéticas lo que puede generar modificaciones a las características iniciales de las ondas.

En el primer caso los enlaces con LOS se puede calcular mediante la siguiente formula:

$$FSL [dB] = 20 * \log_{10}(d) + 20 * \log_{10}(f) - 187.5$$

Ecuación 5: Cálculo de la pérdida en el espacio libre.

Fuente: Material del curso WLAN octavo nivel.

Sus iniciales en inglés FLS¹³ representan las perdidas en el espacio libre y sus variables (d) se representan en metros y (f) es representado en Hz en este caso.

Los enlaces con NLOS son considerados enlaces con obstáculos en la trayectoria por lo tanto se realiza el cálculo de la primera zona de fresnel para ver la factibilidad de implementar el enlace.

Zona de Fresnel: Es el espacio alrededor del eje de la trayectoria de un radioenlace y puede representar si el obstáculo en este espacio perjudica al envío y recepción de ondas electromagnéticas.

¹¹ **LOS:** Line of sight (Línea de visión).

¹² **NLOS:** Non line of sight (Sin línea de vista)

¹³ **FLS:** Free lost space (Perdidas en el espacio libre)



Figura 26: Zona de Fresnel.

Fuente: Cursos Técnico. (2014). Recuperado de <http://www.cpt.com.br/cursos-informatica-redesdecomputadores/artigos/comunicacao-wireless-zona-de-fresnel>

Para que un radioenlace sea factible es necesario que el o los obstáculos no cubran más del 60% en la primera zona de fresnel, para poder demostrar esto es necesario calcular el radio desde el eje de la transmisión hasta el obstáculo.

Cálculo de la primera zona de Fresnel:

$$r = 17.32 * \sqrt{((d1 * d2)/(d * f))}$$

Ecuación 6: Cálculo del radio en la primera Zona de Fresnel.

Fuente: Material del curso WLAN octavo nivel.

d1 = distancia al obstáculo desde el transmisor [km]

d2 = distancia al obstáculo desde el receptor [km]

d = distancia entre transmisor y receptor [km]

f = frecuencia [GHz]

r = radio [m]

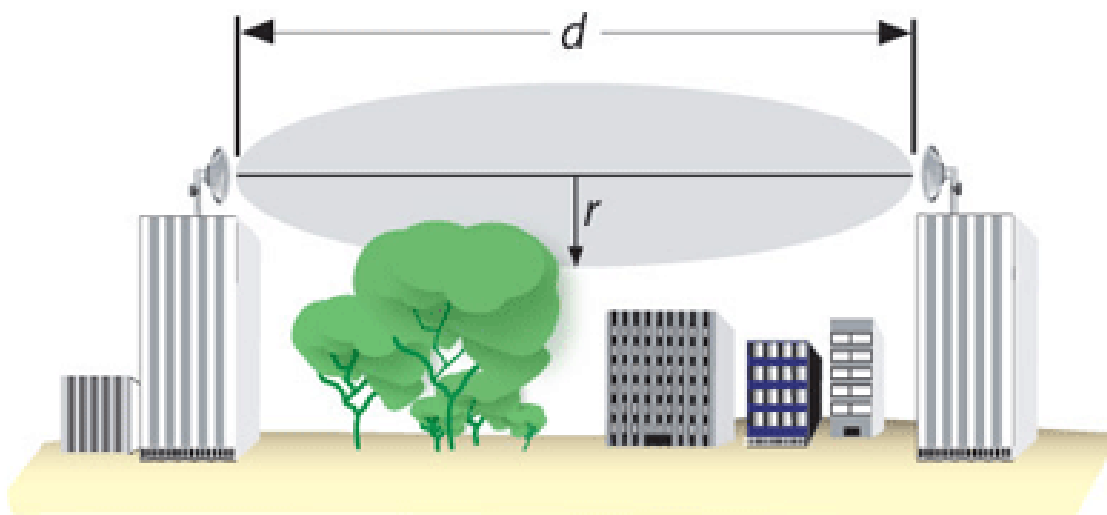


Figura 27: Diagrama primera Zona de Fresnel.
Fuente: Zona de Fresnel. (2011). Recuperado de
<http://www.novanetwork.com.br/suporte/calculos/fresnel.php>

2.1.10.3 Zona del receptor

Para el cálculo de la zona del receptor es la suma en decibeles de la ganancia de la antena receptora más las pérdidas en cables y conectores y la sensibilidad que presenta el radio receptor.

Es importante mencionar cuanto más baja sea la sensibilidad del receptor mejor será la recepción del radio y su información.

El resultado con este cálculo es el margen en [dBm] que representa si es mayor a la sensibilidad del receptor el radioenlace brindará los resultados esperados, pero si es menor se debe corregir el diseño o cambiar los equipos para mejorar el sistema de radioenlace.

La ecuación final se muestra de la siguiente manera y su representación esquemática se muestra en la Figura 28.

Margen = Potencia de Transmisión [dBm] - Pérdidas en el cable Tx [dB] + Ganancia de Antena Tx [dBi] - pérdida en la trayectoria del Espacio Abierto [dB] + Ganancia de Antena Rx [dBi] - Pérdida de Cable Rx [dB] - Sensibilidad del receptor [dBm].

Ecuación 7: Cálculo general del presupuesto de la potencia del enlace.

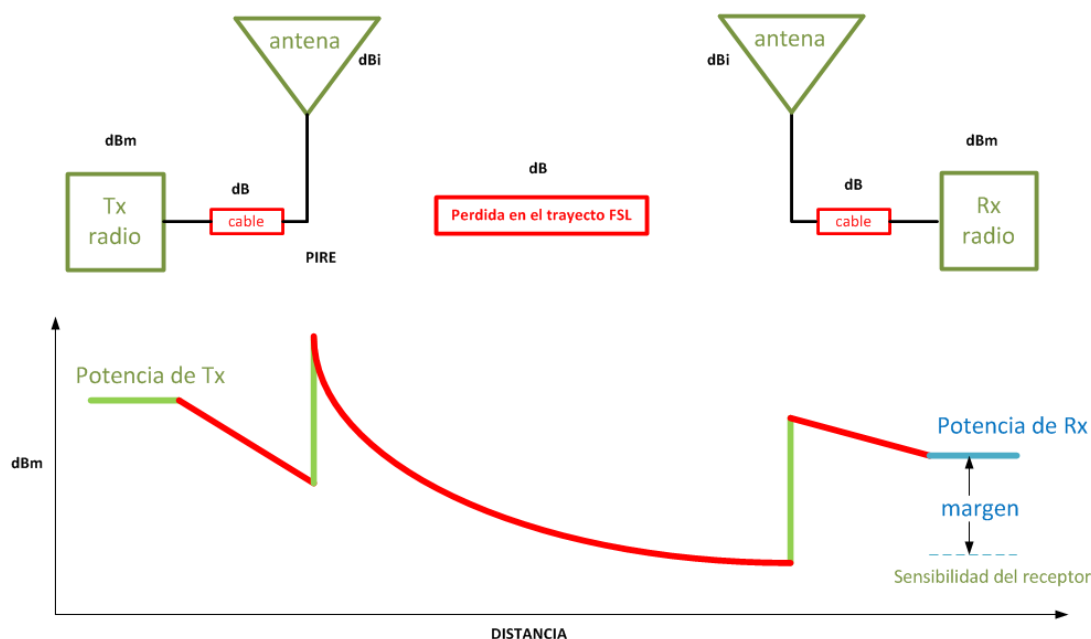


Figura 28: Esquema general del presupuesto de la potencia del enlace.

Fuente: Cálculo Del Radioenlace. (2007). Recuperado de http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_presentacion_v02.pdf

2.2 Tecnologías Inalámbricas

2.2.1 Entidades Certificadoras Internacionales

Estas entidades son encargadas a nivel internacional de estandarizar protocolos, normas y reglas para cualquier tecnología nueva o ya en vigencia en redes de datos, además verifican que los equipos de informática y dispositivos de red cumplan con lo especificado en el estándar que vaya a trabajar.

2.2.1.1 IEEE¹⁴



Figura 29: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
Fuente: IEEE. (2014). Recuperado de <http://www.ieee.org/index.html>

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos es una organización profesional sin ánimo de lucro a nivel mundial que trabaja y promueve los avances tecnológicos en el campo eléctrico, electrónico y las telecomunicaciones. Sus trabajos principales es la estandarización de protocolos en el campo de las telecomunicaciones y se puede puntualizar dos protocolos con los cuales se maneja las redes de datos tanto inalámbricas como cableadas los cuales son el IEEE 802.3 y el IEEE 802.11.

2.2.1.2 ITU



Figura 30: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
Fuente: UIT. (2014). Recuperado de <http://www.itu.int/es/Pages/default.aspx>

La Unión Internacional de Telecomunicaciones es la entidad de las Naciones Unidas destinada a regular, administrar y controlar los servicios y operaciones tanto de la empresa privada como pública en las telecomunicaciones a nivel internacional.

Actualmente está conformado por tres sectores:

- UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

¹⁴ **IEEE:** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

- UIT-R: Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones.
- UIT-D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT.

2.2.1.3 IETF¹⁵



Figura 31: Grupo de trabajo de Ingeniería de Internet.

Fuente: The Internet Engineering Task Force. (2014). Recuperado de <http://www.ietf.org>

El Grupo de trabajo de Ingeniería de Internet es el organismo sin fines de lucro encargado de administrar estandarizar y regular las RFC¹⁶ en los que se proponen y se estandariza temas técnicos para el trabajo y desarrollo de las redes de computadoras en internet.

2.2.1.4 WIFI Alliance



Figura 32: Entidad de certificación para redes wi-fi.

Fuentes: Wi-Fi CERTIFIED™. (2014). Recuperado de <http://www.wi-fi.org/>

Es una organización internacional integrada por empresas líderes dedicadas a las comunicaciones inalámbricas, se encarga de certificar equipos de telecomunicaciones que

¹⁵ **IETF:** The Internet Engineering Task Force (Grupo de trabajo de Ingeniería de Internet).

¹⁶ **RFC:** Request for Comments (Petición de Comentarios).

cumplan con los estándares IEEE 802.11, WPA2¹⁷ y WMM¹⁸ en características técnicas y de operación que exige estas normas.

2.2.1.5 WIMAX Forum



Figura 33: Logotipo del WIMAX Forum.

Fuente: WIMAX Forum. (2014). Recuperado de <http://www.wimaxforum.org/>

Es una entidad mundial que trabaja para la certificación de equipos y dispositivos de redes inalámbricas que cumplan con los estándares impuestos por la IEEE 802.16 para brindar servicios de alto rendimiento con soporte a usuarios fijos, portátiles y móviles.

2.2.2 Tecnologías inalámbricas desarrolladas

Las actuales tecnologías se pueden dividir en tres categorías principales:

- Redes Inalámbricas de área personal (WPAN)
- Redes Inalámbricas de área local (WLAN)
- Redes Inalámbricas de área metropolitana (WMAN)

La principal diferencia entre la clasificación es la cobertura geográfica de operación de cada tecnología las WPAN normalmente cubre distancias entre decenas de metros, las WLAN

¹⁷ **WPA2:** Wi-Fi Protected Access 2 (Acceso Protegido Wi-Fi 2).

¹⁸ **WMM:** Wi-Fi Multimedia.

abarca cientos de metros hasta algunos kilómetros y las WMAN cubren cientos de kilómetros.

Las tecnologías más importantes en cada distribución se muestran en la Figura 34.

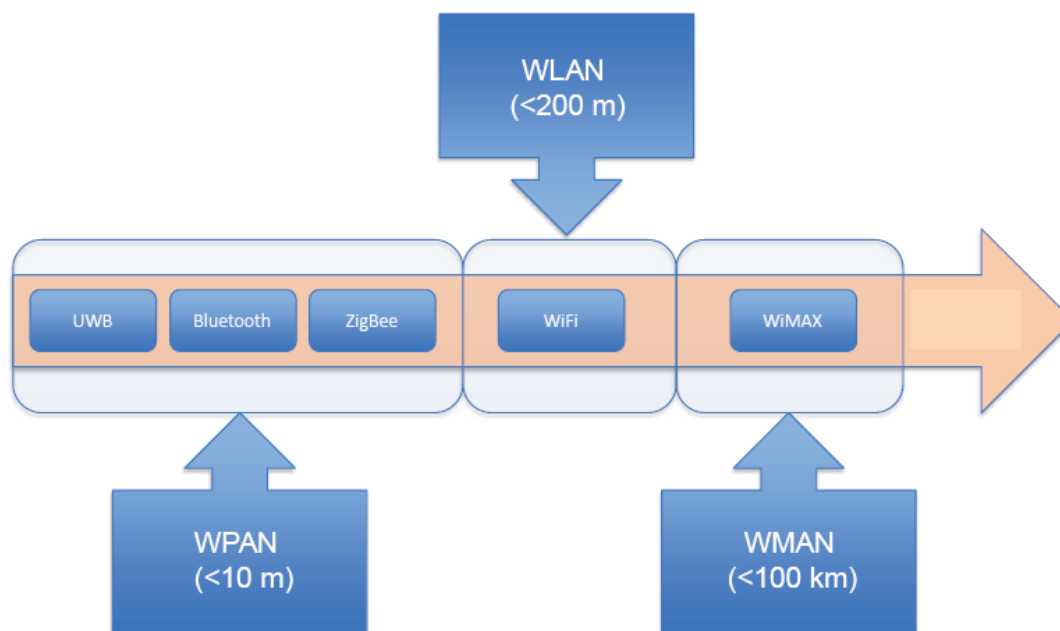


Figura 34: Distribución de redes inalámbricas.

Fuente: Jack L. B., Julia A., Jared S. E., William T.M. (Junio del 2013). *Wireless Networking Understanding Internetworking Challenges*. Canada. Wiley-IEEE Press

2.2.2.1 WPAN

UWB: Ultrawideband permite transmitir paquetes muy grandes en distancias cortas menores de 10 metros, trabaja en la frecuencia de los 500 MHz con una velocidad de 480 Mbits/s. El estándar encargado de administrar y regular las características técnicas es el IEEE 802.15.3a y su utilización está aplicada en transmisión de voz y video streaming, además de la conexión inalámbrica de periféricos para computadoras de escritorio y conexión de WUSB de gran velocidad.

Bluetooth: Es una tecnología de corto alcance su cobertura es de 10 m y con repetidores hasta 100 m, permite transmitir tanto voz como datos, utiliza la frecuencia (ISM¹⁹) en 2.4 GHz, tiene una velocidad de transferencia de hasta 720 Kbits/s y el estándar actual para la regulación y administración técnica es el IEEE 802.15.1. Actualmente es utilizado en conectividad de equipos informáticos como teléfonos inteligentes, iPads y iPhone.

ZigBee: Esta tecnología tiene un alcance de 10 metros en cobertura, utiliza las frecuencias 2.4 (ISM) con una velocidad de transferencia de 250 Kbits/s. Al igual que las demás tecnologías tiene su estándar de regulación IEEE 802.15.4. Sus aplicaciones son enfocadas al establecimiento de redes pequeñas para casas inteligentes e interconexión de artefactos electrónicos apegados a la domótica.

2.2.2.2 WLAN

WI-FI: La red inalámbrica de área local más utilizada a nivel mundial es el Wi-Fi, tiene un alcance de cobertura mayor de 200 m depende de la potencia de los radios y las características de las antenas utilizadas. Ocupa las frecuencias (ISM) en 2.4 y 5 Ghz con una velocidad de transferencia mayor a los 11 Mbits/s y puede llegar hasta los 54 Mbits/s dependiendo de la versión del estándar. Esta tecnología trabaja en la administración y regulación técnica según el estándar IEEE 802.11 y sus diferentes versiones y mejoras como se muestra en la Figura 35. Sus principales aplicaciones son redes inalámbricas locales en casa edificios y oficinas, además para radioenlaces dependientes de los equipos y versión del estándar utilizado.

¹⁹ **ISM:** Industrial Scientific Medical

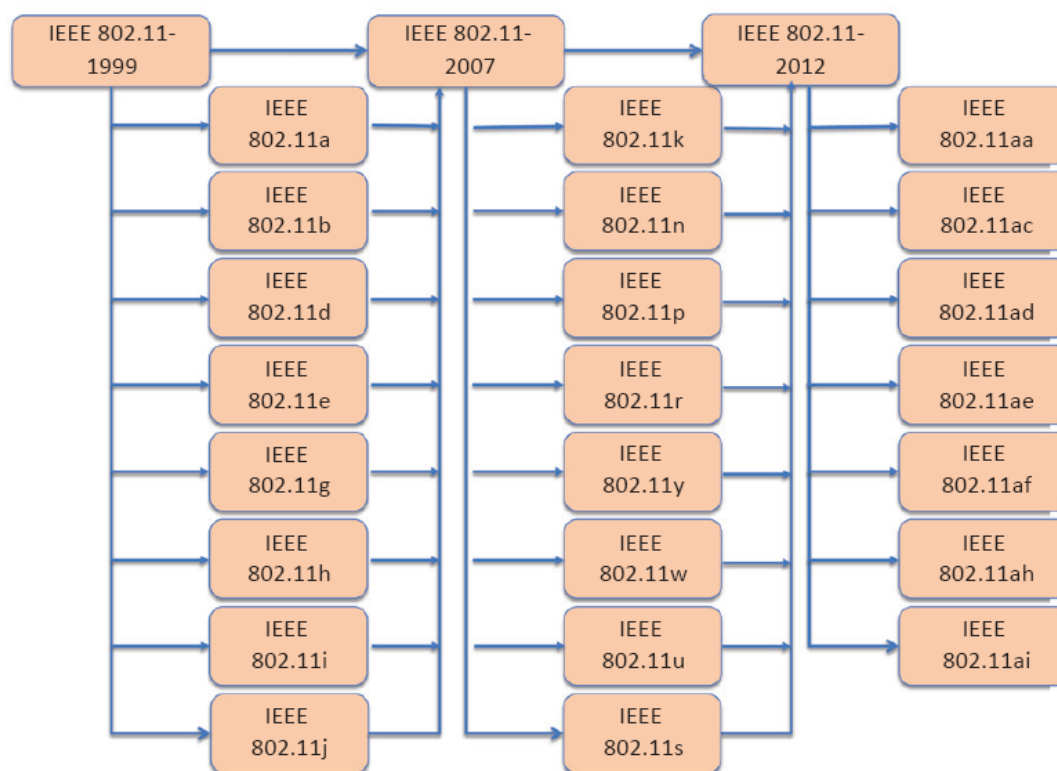


Figura 35: Distribución de tecnologías wi-fi según el año de creación.

Fuente: Jack L. B., Julia A., Jared S. E., William T.M. (Junio del 2013). *Wireless Networking Understanding Internetworking Challenges*. Canadá. Wiley-IEEE Press

2.2.2.3 WMAN

Este grupo pertenece a los servicios de última milla destinados a brindar alta disponibilidad y QoS²⁰. Entre las tecnologías más importantes esta WIMAX.

2.3 WIMAX

Introducción

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WIMAX) es la marca que certifica los productos que cumplen con el estándar IEEE 802.16 y que son interoperables con los equipos de otros fabricantes. La organización encargada de emitir este certificado es el WIMAX

²⁰ **QoS:** Quality of Service (Calidad de Servicio)

Forum, una entidad sin ánimo de lucro cuyo objetivo es promover el despliegue de servicios de banda ancha inalámbrica y formada por fabricantes de equipos y componentes electrónicos, operadores y proveedores de servicios que hacen uso de esta tecnología.

2.3.1 IEEE 802.16

IEEE 802.16, más conocido como WIMAX, es el fruto del trabajo realizado entre 2002 hasta la actualidad en el IEEE. Es un estándar de comunicaciones inalámbricas de banda ancha para redes de área metropolitana (MAN).

Originalmente concebido como un estándar para el acceso inalámbrico fijo (FWA²¹), Es decir, posibilitar redes inalámbricas de altas prestaciones en áreas metropolitanas sin línea de vista, viabilizar la distribución de conectividad por medios inalámbricos a distancias del orden de decenas de kilómetros en zonas semiurbanas y rurales, soportar calidad de servicio (QoS).

Durante la evolución del estándar se modificó distintos parámetros según las necesidades de los usuarios en consecuencia se obtuvo algunas versiones descritas en Tabla 15 con la fecha de aprobación del IEEE y el tipo de documento.

²¹ **FWA:** Fixed-wireless Access (*Acceso inalámbrico fijo*)

Tabla 15: Referencia histórica del protocolo IEEE 802.16**Fuente:** IEEE Std 802.16™-2009, IEEE, 29 May 2009

Estándar	Fecha Aprobada por la IEEE	Tipo de Documento
IEEE 802.16	6 de Diciembre del 2001	Documento Inicial
IEEE 802.16c	12 de Diciembre del 2002	Modificación
IEEE 802.16a	29 de Junio del 2003	Modificación
IEEE 802.16-2004	24 de Junio del 2004	Documento Acumulativo
IEEE 802.16f	22 de Septiembre del 2005	Modificación
IEEE 802.16e	8 de Noviembre del 2005 7 de Diciembre del 2005	Correcciones Modificación
IEEE 802.16g	Diciembre del 2007	Modificación
IEEE 802.16-2009	Mayo del 2009	Documento Acumulativo
IEEE 802.16j	Mayo del 2009	Modificación
IEEE 802.16h	Junio del 2010	Modificación
IEEE 802.16m	Marzo del 2011	Modificación

El estándar IEEE 802.16-2009, ratificado en Mayo de 2009, revisa y consolida las versiones anteriores del estándar: 802.16-2001, 802.16a-2003, 802.16c-2002, 802.16-2004 y 802.16e-2005, 802.16f, y 802.16g, además de añadir alguna funcionalidad adicional. Cabe señalar que el nombre WIMAX, por el que esta tecnología es ampliamente conocida, no se refiere a la tecnología en sí misma, si no al nombre del certificado de interoperabilidad que reciben los equipos que cumplen con las especificaciones definidas en el estándar 802.16-2009.

2.3.1.1 Multiplexación

El IEEE 802.16 utiliza tres tipos de multiplexación según su versión el OFDM²², OFDMA²³ y SOFDMA²⁴ que son tecnologías similares ya que su evolución ha dependido de las mejoras implementadas en cada una de ellas:

Este tipo de Multiplexación empezó con OFDM que tiene la función de enviar varias ondas portadoras con información moduladas mediante QAM²⁵ o PSK²⁶ a un solo usuario, para hacer más eficiente la comunicación se tomó el concepto básico de OFDM pero con la capacidad de enviar símbolos de información para diferentes usuarios lo que es nombrado OFDMA en la actualidad.

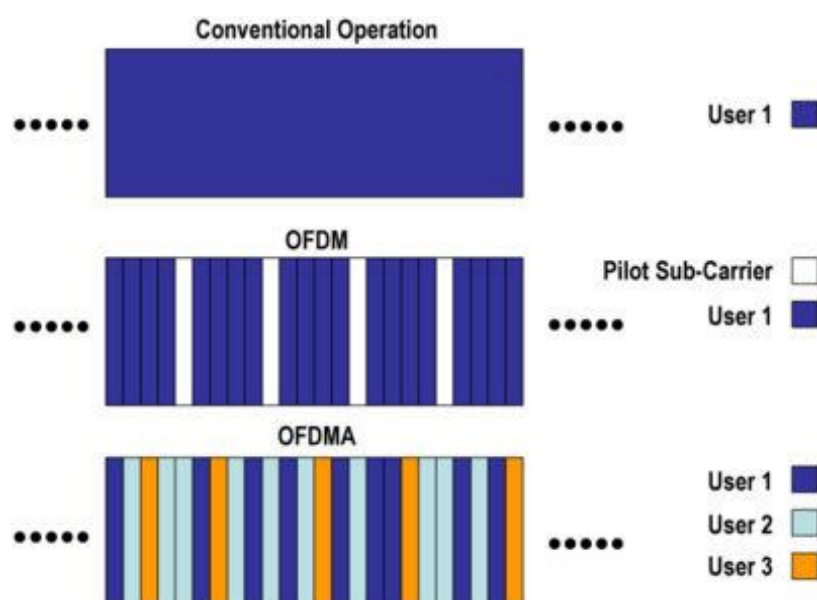


Figura 36: Diferencia entre multiplexación OFDM – OFDMA.

Fuente: Hill Associates Wiki. (2008). Recuperado de <http://www.hill2dot0.com/wiki/index.php?title=OFDMA>

²² **OFDM:** Multiplexación Frequency-Division Orthogonal (Multiplexación por división de frecuencia ortogonal)

²³ **OFDMA:** Orthogonal Frequency-Division Multiple Access (OFDM multiusuario)

²⁴ **SOFDMA:** Scalable Orthogonal Frequency-Division Multiple Access (OFDMA escalable)

²⁵ **QAM:** Quadrature amplitude modulation (Modulación de amplitud en cuadratura)

²⁶ **PSK:** Phase-shift keying (Modulación por desplazamiento de fase)

SOFDMA es la multiplexación nombrada para escalar sus funciones de OFDMA en las frecuencias que trabaja el estándar que es desde la 1.25 a 20 MHz para cumplir con las diversas asignaciones del espectro.

2.3.1.2 Duplexación

Es utilizado para realizar comunicaciones en full-dúplex es decir canales de envío y recepción y pueden trabajar en el tiempo y la frecuencia, en el estándar IEEE 802.16 se aplican según la versión y las subcapas utilizadas.

La duplexación por división de tiempo TDD²⁷ trabaja mediante intervalos de tiempo que dividen al canal, su principal ventaja es cuando hay asimetría en las velocidades de bajada y subida de información ya que al momento de aumentar el tráfico en la subida de información este aumenta su capacidad de transmisión al igual con la bajada de información.

La duplexación por división de frecuencia FDD²⁸ trabaja en la división de todo el canal en frecuencias diferentes, su principal ventaja es cuando trabajan en forma simétrica las comunicaciones y no producen interferencia además se elimina latencia producida entre la subida y bajada de información con respecto al TDD.

2.3.1.3 Modulación y Codificación Adaptiva (ACM)

El sistema ACM²⁹ trabaja de acuerdo al nivel de señal que presenta el radioenlace y ocupa modulaciones:

- **BPSK:** Modulación por desplazamiento de fase binario
- **QPSK:** Modulación por desplazamiento de fase binario en cuadratura

²⁷ **TDD:** time-division duplexing (Duplexación por división de tiempo)

²⁸ **FDD:** Frequency-division duplexing (Duplexación por división de frecuencia)

²⁹ **ACM:** *Adaptive modulation and coding* (Modulación y codificación adaptiva)

- **16 QAM:** Modulaci3n de amplitud en cuadratura 16
- **64 QAM:** Modulaci3n de amplitud en cuadratura 64

2.1.3.4 Antenas

El sistema WIMAX tiene la capacidad de utilizar antenas adaptivas (AAS³⁰) y tecnologa MIMO³¹ para multipropagaci3n debido a las funciones del IEEE 802.16 es necesario complementar con este tipo de antenas, el objetivo es tener mayor cobertura sin aumentar el n3mero de celdas para la retransmisi3n y direccionar el espectro a los enlaces y usuarios para mayor eficiencia en la trasmisi3n y recepci3n de datos.

2.1.3.5 Frecuencias utilizadas

El grupo IEEE 802.16 en su primera publicaci3n establecida trabajar en las frecuencias 10 a 66 GHz 3nicamente con LOS, con una modificaci3n del est3ndar en la versi3n IEEE 802.16a se ampli3 la frecuencia de trabajo desde los 2 a 11 GHz con sistemas NLOS y LOS.

Desde la 3ltima actualizaci3n del est3ndar menciona dos grupos importantes de frecuencias, las licenciadas que se encuentran en el rango desde los 11 hasta los 66 GHz y las no licenciadas que est3n debajo de los 11 GHz pero la asignaci3n de las bandas depende de las leyes de cada pa3s y su licenciamiento es aut3nomo, en la figura 37 se establece las frecuencias m3s utilizada por regiones en el mundo.

³⁰ **AAS:** Sistema avanzado de antenas

³¹ **MIMO:** Multiple-input Multiple-output (M3ltiples entrada m3ltiples salidas)

Región o País	Banda de frecuencia para WiMAX ^a
EE.UU.	2.3, 2.5 y 5.8GHz
Sudamérica y Centroamérica	2.3, 3.5 y 5.8GHz
Europa	3.5, 5.8GHz y quizás 2.5GHz
Sudeste Asiático	2.3, 2.5, 3.3, 3.5 y 5.8GHz
Oriente Medio y África	3.5 y 5.8GHz

Figura 37: Frecuencias utilizadas por WIMAX en distintas Regiones.

Fuente: Cadavieco D.L. (2012). WIMAX. Aproximación técnica al estándar IEEE 802.16 y breve descripción de su infraestructura como tecnología de última milla Recuperado de <http://www.dea.icaei.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/WiMAX.pdf>

2.3.1.6 Cobertura y Tasas de transferencia

Para descripción de las tasas de transferencia y cobertura las diferentes versiones de WIMAX se pueden dividir en tres grupos: Acceso Fijo, Movilidad Completa WIMAX 2.

La Tabla 16 muestra los diferentes rangos y cobertura de cada distribución además que en que versión del estándar se establece estas características.

Tabla 16: Cobertura y tasa de transferencia WIMAX.

Fuente: Cadavieco D.L. (2012). WIMAX. Aproximación técnica al estándar IEEE 802.16 y breve descripción de su infraestructura como tecnología de última milla Recuperado de <http://www.dea.icaei.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/WiMAX.pdf>

	WIMAX Acceso Fijo	WIMAX Movilidad Completa	WIMAX 2
Familia	802.16-2004	802.16e	802.16m
Uso Primario	WMAN	WMAN	WMAN
Cobertura	50 Km	50 Km	50 Km
Tasas de Transferencia	70 Mbps	20 Mbps	100 Mbps

2.3.1.7 QoS

Esta tecnología cuenta con su mayor característica que diferencia a las demás tecnologías inalámbricas brinda calidad y servicio en capa MAC para brindar prioridades de tráfico a distintos servicios, estas características trabajan mediante un CID y una clase de servicio asociada SFID.

Para el funcionamiento de QoS el estándar divide en 4 métodos:

Servicio garantizado no solicitado (UGS): la estación base asigna periódicamente espacio disponible en el enlace ascendente para cada conexión de este tipo que se haya establecido. (servicios CBR³², por ejemplo VoIP).

- **Servicio con sondeo en tiempo real (rtPS):** diseñado para el soporte de conexiones en tiempo real que generen paquetes de tamaño variable según intervalos de tiempo constantes (servicios VBR³³, por ejemplo Video streaming).

- **Servicio de sondeo en tiempo diferido (nrtPS):** diseñado para el soporte de conexiones que no presentan requisitos de tiempo real (VBR, por ejemplo FTP).

- **Servicio best effort (BE):** pensado en el tráfico que no requiere QoS de este tipo, (por ejemplo acceso a Web).

2.3.2 Arquitectura de IEEE 802.16

La arquitectura se basa en el modelo general OSI³⁴ con sus 7 capas, trabaja en la capa física y enlace de datos su distribución se realiza como se muestra en la figura 37 para brindar QoS y brindar servicios BWA³⁵ orientados en aplicaciones multimedia y aplicadas a última milla.

³² **CBR:** Constant Bit Rate (tasa de velocidad constante).

³³ **VBR:** Variable Bit Rate (tasa de velocidad variable)

³⁴ **OSI:** Organización Internacional de *Estándares*.

³⁵ **BWA:** Broadband wireless Access (Acceso de banda ancha inalámbrico).

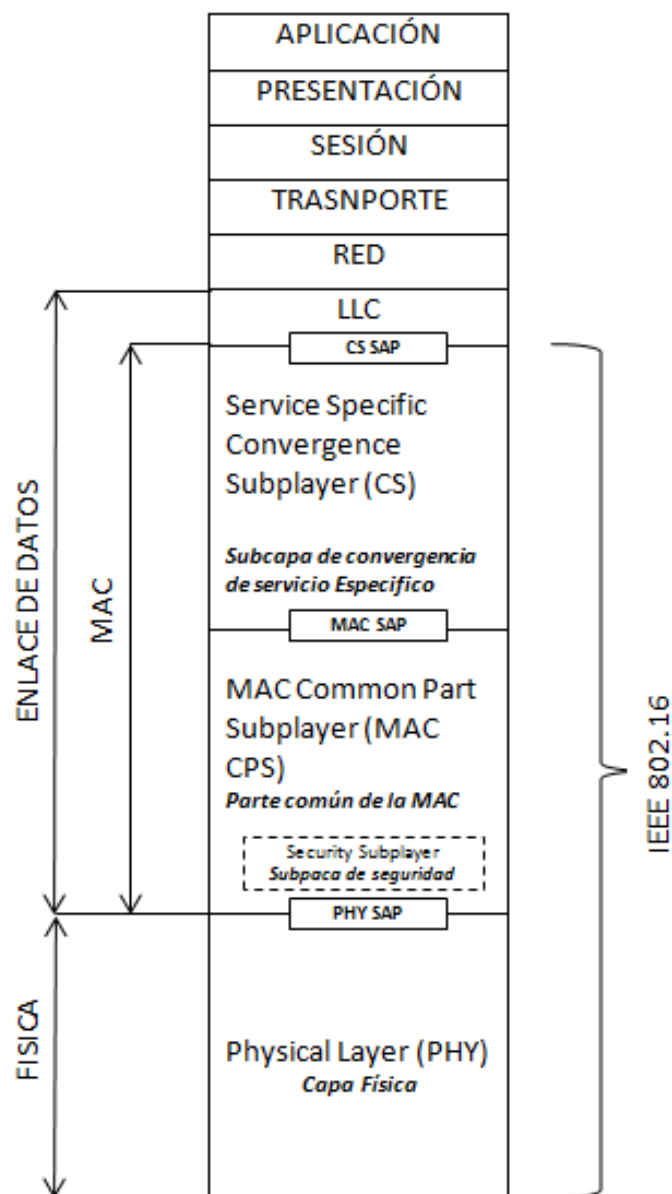


Figura 38: Arquitectura de capas IEEE 802.16.
Fuente: IEEE Std 802.16™-2009, IEEE, 29 May 2009.

2.3.2.1 Capa Física PHY

El estándar trabaja mediante la asignación de un interface de aire que es un modelo de Multiplexación según la necesidad del enlace, la distribución se basa en las bandas utilizadas para trabajar y la capa asigna a cualquier grupo descrito en la Tabla 17.

Tabla 17: Modelos de _Interfaces de aire en la capa PHY.

Fuente: IEEE Std 802.16™-2009, IEEE, 29 May 2009.

DESIGNACIÓN	APLICACIÓN DE FRECUENCIAS	ALTERNATIVA DE DUPLICACIÓN
Wireless MAN-SC	10 – 66 GHz	TDD FDD
Fixed WirelessMAN-OFDM™	Debajo de los 11 GHz (bandas licenciadas)	TDD FDD
Fixed WirelessMAN-OFDMA	Debajo de los 11 GHz (bandas licenciadas)	TDD FDD
WirelessMAN-OFDMA TDD Publicación 1.0	Debajo de los 11 GHz (bandas licenciadas)	TDD
WirelessMAN-OFDMA TDD Publicación 1.5	Debajo de los 11 GHz (bandas licenciadas)	TDD
WirelessMAN-OFDMA FDD Publicación 1.5	Debajo de los 11 GHz (bandas licenciadas)	FDD
WirelessHUMAN™	Debajo de los 11 GHz (bandas no licenciadas)	TDD

2.3.2.2 Wireless MAN-SC

LA SC (Single-carrier) en español un solo portador es utilizada en las frecuencias desde los 10 GHz hasta los 66, permite la duplexación TDD y FDD además divide a la transmisión en un enlace de uplink y downlink debido a que utiliza TDMA como tecnología de control de acceso al medio.

2.3.2.3 Fixed WirelessMAN-OFDM

Está basado para redes con NLOS en bandas que trabajan debajo de los 11 GHz, utiliza OFDM con 256 subportadoras, soporta duplexación TDD y FDD, distribuye las técnicas de

modulación dependiendo de las bandas de frecuencia utilizadas, en bandas licenciadas utiliza BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM y en no licenciadas solo 64QAM.

2.3.2.4 *WirelessMAN-OFDMA*

Contiene las tres publicaciones 1.0, 1.5 y 1.5 según la tabla 16, utiliza multiplexación OFDMA que utiliza 2048 subportadoras y canales entre 1,5 a 20 MHz, opera en redes NLOS y puede trabajar con duplexación TDD y FDD, además utiliza las técnicas de modulación BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM.

Es principalmente utilizado para brindar anchos de banda variable debido a que utiliza tamaños de FFT especificados en 2048, 1024, 512 o 128.

2.3.2.5 *WirelessHUMAN*

Es aplicada a redes metropolitanas de alta velocidad bajo bandas de frecuencia no licenciadas, utiliza TDD como modo de duplexación. El objetivo principal es evitar la interferencia con IEEE 802.11a con la actual canalización y la estrategia es distribuir las frecuencias según la Tabla 18.

Tabla 18: Distribución de bandas de frecuencia para evitar interferencias.

Fuente: IEEE Std 802.16™-2009, IEEE, 29 May 2009.

Dominio de Regulación	Bandas [GHz]	Canalización	
		20 MHz	10 MHz
Estados Unidos	U-NII media 5.25 – 5.35	56, 60, 64	55, 57, 59, 61, 63, 65, 67
	U-NII superior 5.47 – 5.735	149, 153, 157, 161, 165,	148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166
Europa	CEPT B 5.47 – 5.725	100, 104, 108, 112, 116, 120, 124, 128, 132, 136	99, 101, 103, 105, 107, 109, 111, 113, 115, 117, 119, 121, 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137
	CEPT banda 5.725 – 5.875	148, 152, 156, 160, 164, 168	147, 149, 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163, 165, 167, 169

2.3.2.6 Capa MAC

El estándar distribuye a la capa MAC en 3 subcapas la CS, MAC CPS y un a subcapa de seguridad como se muestra en la figura 36. Esta tecnología esta orienta a conexión y trabaja con el método de corrección de errores HARQ³⁶.

2.3.2.7 Service Specific Convergence Sublayer (CS)

La capa de convergencia de servicio específico tiene como principal función clasificar paquetes y mapear tráfico que envían las capas superiores. Además mediante las reglas PHY eliminar cabeceras innecesarias con el objetivo de evitar reenvió de datos redundantes.

2.3.2.8 Medium Access Control Common Part Sublayer (MAC-CPS)

La subcapa de parte común tiene entre sus funciones la de generar las tramas MSDU³⁷, distribuir recursos para brindar QoS, administra los errores de trasmisión que se producen en un enlace inalámbrico, economiza energía de la estación subscriptora cuando no tiene tráfico y permite modos de operación Multicast y Broadcast.

2.3.2.9 Sublayer Security

La Subcapa de seguridad tiene la finalidad de autenticar mediante encriptación de claves utilizando el protocolo PKM³⁸ v2 para la distribución de la clave entre la estación base y los clientes.

³⁶ **HARQ:** Hybrid Automatic Repeat Request (solicitud de repetición automática híbrida)

³⁷ **MSDU:** MAC service data unit (Servicios de unidad de datos MAC)

³⁸ **PKM:** Privacy Key Management (Administración de claves privadas)

2.3.2.10 Formato de la trama MAC

El estándar IEEE 802.16 define dos tipos de tramas la GMH³⁹ que es una trama genérica y la segunda que es el encabezado MAC sin payload utilizado principalmente para peticiones de ancho de banda (BR⁴⁰).

La tecnología WIMAX trabaja principalmente en el encabezado de su trama para brindar los beneficios mencionados por este estándar y su descripción se presenta en la figura 39.

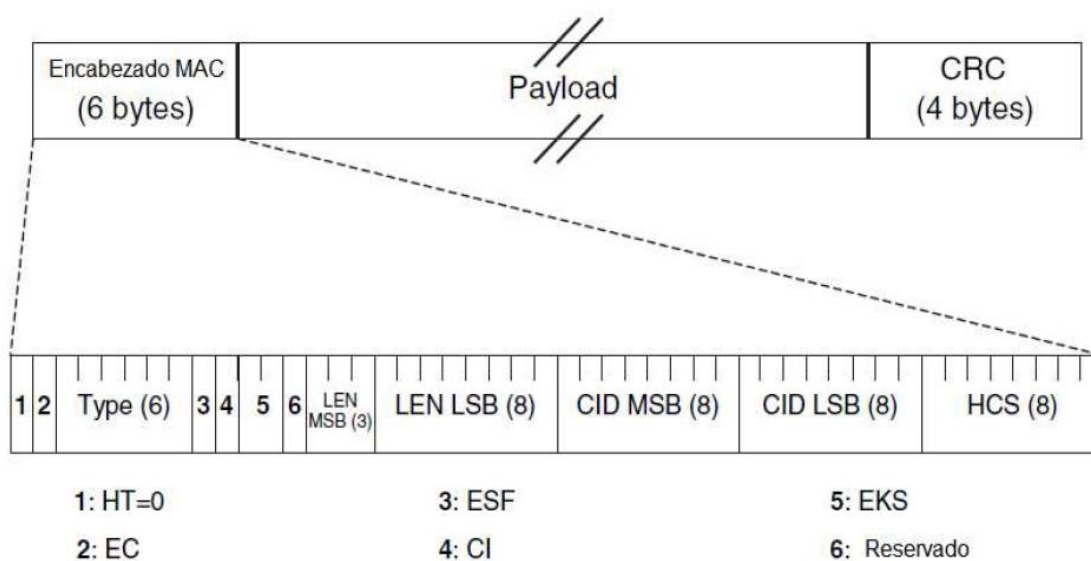


Figura 39: Formato de la trama WIMAX.
Fuente: IEEE Std 802.16™-2009, IEEE, 29 May 2009.

³⁹ **GMH:** Generic Mac Header (Encabezado genérico de la MAC)

⁴⁰ **BR:** request Bandwidth (petición de ancho de banda)

Para la descripción de cada campo de la cabecera se presenta cada función específica en la

Tabla 19:

Tabla 19: Descripción del contenido en bits de la cabecera de la trama WIMAX.

Fuente: IEEE Std 802.16™-2009, IEEE, 29 May 2009.

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

La cabecera aporta un total de 10 bytes al total de la trama y es donde WIMAX realiza sus modificaciones para brindar las funciones del protocolo, la estructura ya descrita de la cabecera se muestra en la Figura 40.

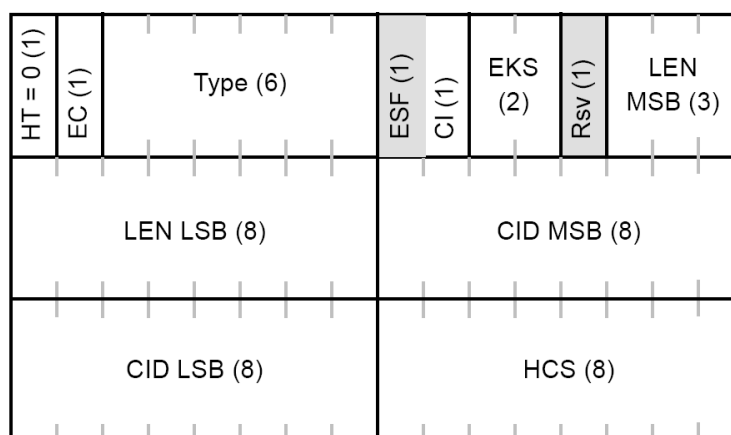


Figura 40: Estructura de la cabecera de la trama en WIMAX.

Fuente: IEEE Std 802.16™-2009, IEEE, 29 May 2009.

2.4 Servicios.

Las aplicaciones o servicios que se presentan en este capítulo son los fundamentos teóricos que se necesitan para el diseño de los objetivos planteados en el proyecto, estos son la tecnología VoIP, Video Streaming y Seguridad de la red con sus especificaciones.

2.4.1 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.

2.4.1.1 Estándar de VoIP

H.323 Estándar definido por la UIT inicialmente para normalizar videoconferencias en redes IP, después de su evolución y la versión actual H.323-2009 se define como un protocolo para servicios audiovisuales. Sus principales características aplicadas en VoIP son:

- Trabaja para evitar posibles caídas en el rendimiento mediante el control de tráfico en la red.
- Es independiente de la topología física utilizada.
- Puede ser implementado tanto en hardware como en software.
- Brinda servicios para poder brindar el servicio de telefonía IP.

- Las desventajas presentadas son que no brinda calidad y servicio y tiene problemas al momento de trabajar con el NAT⁴¹.

SIP⁴²: El protocolo de inicio de sesión es un estándar definido por la IETF especificado en el RFC 3261 con el objetivo de pasar a la telefonía como un servicio de internet. Tiene el objetivo principal de establecer modificar y terminar una sesión de contenido interactivo entre múltiples usuarios de una red IP.

Trabaja en el modo cliente servidor integrada en una infraestructura web usa los puertos 5060 en TCP y UDP para distintas aplicaciones, cuenta con flexibilidad para la asignación de más funciones y características.

2.4.1.2 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.

IAX2: (Inter-Asterisk eXchange Protocol) es protocolo libre desarrollado para centrales IPBX por la empresa Digium, trabajar con centrales Asterisk y su interconexión.

⁴¹ **NAT:** Network Address Translation (Traducción de direcciones de red)

⁴² **SIP:** Session Initiation Protocol (Protocolo de inicio de sesiones)

Tabla 20: Comparación de protocolo VoIP.

Fuente: VoIP Foro. (2013). Recuperado de <http://www.voipforo.com>

Características	H.323	SIP	IAX2
Disponibilidad	Baja	Alta	Alta
Interoperabilidad	Permite	Permite	Permite
Seguridad	Utiliza SSL y H.235	Utiliza encriptaciones como SSH y S-HTTP	Utiliza algoritmo de cifrado MD5
Puertos	1024, 65535	5060	4569
Protocolo de Transporte	TCP/UDP	TCP/UDP	UDP
Presenta problemas en NAT	Si requiere dispositivo gatekeeper	Si requiere dispositivo STUN	No tiene problemas

2.4.1.3 Arquitectura de VoIP

Para la implementación de este servicio son necesarios los siguientes elementos principales para cualquier arquitectura que utilice la tecnología VoIP.

Terminales: Son dispositivos capaces de emitir y recibir las señales de voz codificada mediante altavoces y micrófonos, estos pueden ser softphone en software para la instalación en computadores o teléfonos físicos que soportan la tecnología VoIP.

Servidor VoIP: Tiene como objetivo la administración y gestión de llamadas en tiempo real, cuenta con la función de enrutar y controlar el tráfico de voz en la red, además de tener la posibilidad de adaptarse a la red PSTN⁴³ para poder brindar telefonía IP.

Gateway: Es la puerta de enlace capaz de transformar la señal analógica de voz a digital nombrado también ATA⁴⁴ y proporciona la conectividad entre la tecnología VoIP y la PSTN.

⁴³ PSTN: *public switched telephone network (Red de telefonía conmutada pública)*

2.4.1.4 Códec:

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 presentados en la tabla 21 con sus características.

Tabla 21: Características de codec para VoIP.

Fuente: VoIP Foro. (2013). Recuperado de <http://www.voipforo.com>

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

2.4.2 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.

⁴⁴ **ATA:** analog telephony adapter (adaptador de teléfono analógico)

2.4.2.1 Protocolos streaming

Para la aplicación del streaming se destina dos protocolos de aplicados a las necesidades de esta tecnología:

UDP: Al momento de escoger una tecnología que pretenda trabajar con streaming es necesario que permita ser utilizada con el protocolo UDP debido a que las transmisiones multimedia tienen errores al momento de enviar y recibe contenido, en estos sistemas no es necesario la corrección de errores debido a que son muy imperceptibles y el protocolo UDP permite esta forma de transmisión.

RTSP: El protocolo de flujo en tiempo real (*Real Time Streaming Protocol*) es no orientado a conexión y su trabajo es mantener una sesión asociada desde el servidor a su cliente, su funcionamiento se basa en trabajar con TCP para datos de control y UDP para datos de voz y video.

2.4.2.2 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.

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

H.264: fue desarrollada por la UIT-T también denominado MPEG⁴⁵-4 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

⁴⁵ **MPEG:** *Moving Picture Experts Group (Grupo de expertos en imagen y películas)*

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-Pixeles y el filtro de bucle adaptivo que tienen como objetivo reducir ancho de banda y velocidad para la transmisión de video.

2.4.3 Seguridad de redes

La seguridad en una red de datos hoy en día tiene un papel importante en la implementación de estos sistemas debido a la cantidad de información y delitos informáticos que pueden ser manipulados o realizados desde cualquier red de computadoras que utilicen acceso a internet.

Para el presente proyecto se tomar en cuenta la seguridad básica sobre una red de computadoras como es el control a gestión de puertos a utilizarse, filtro de contenido web y la administración y acceso a la red inalámbrica mediante un portal cautivo.

2.4.3.1 Firewall

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

Brinda seguridad informática para aplicar las políticas exigidas en la red tanto para la conexión a internet, como para la red interna. 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.

Existen varias herramientas para realizar estos filtros, las más conocida son las ACL⁴⁶ y las Iptables que son utilizadas por fabricantes para el desarrollo de sus equipos destinados a seguridades informáticas.

Existen diferentes topologías para la instalación de un firewall, la posición de un firewall en la red depende del nivel de seguridad y las aplicaciones de la misma. Existen tres formas comunes para la instalación de firewall.

⁴⁶ **ACL:** *access control list (Listas de control de acceso)*

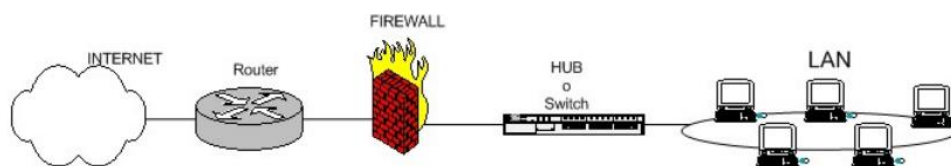


Figura 41: Topología de un firewall entre una red local e internet.
Fuente: Altadil P. (2008). IPTABLES Manual Práctico. Recuperado de <http://www.pello.info/filez/firewall/iptables.html>

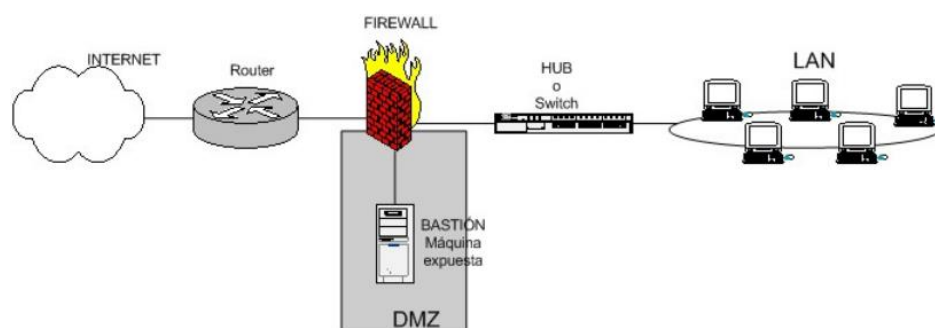


Figura 42: Firewall entre una red local, internet y una zona DMZ⁴⁷ para servidores.
Fuente: Altadil P. (2008). IPTABLES Manual Práctico. Recuperado de <http://www.pello.info/filez/firewall/iptables.html>

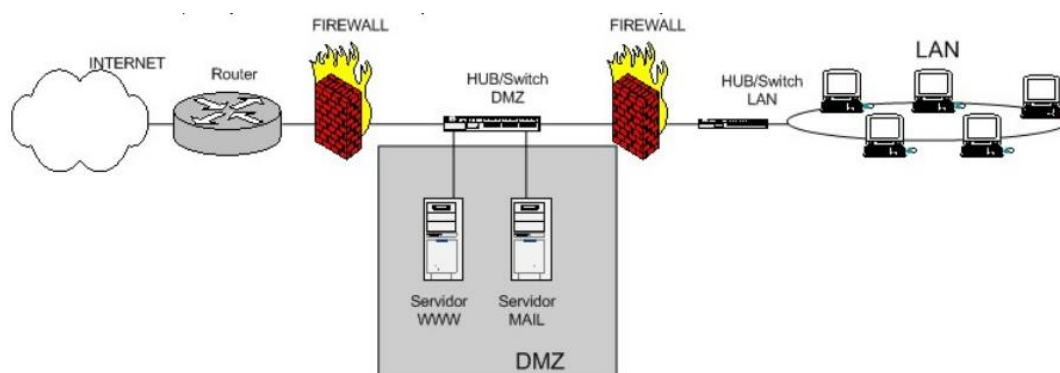


Figura 43: Diseño de una doble seguridad entre la red local, DMZ, internet.
Fuente: Altadil P. (2008). IPTABLES Manual Práctico. Recuperado de <http://www.pello.info/filez/firewall/iptables.html>

⁴⁷ DMZ: Demilitarized Zone (Zona desmilitarizada).

- **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.

2.4.3.2 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.

Para las aplicaciones del proyecto se describe el control de acceso para filtrado de contenido web mediante un servidor proxy web.

La función principal del servidor proxy web es filtrar contenido HTTP⁴⁸ y HTTPS⁴⁹ en la web⁵⁰ con la URL⁵¹ 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.

⁴⁸ **HTTP:** Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de transferencia de hipertexto)

⁴⁹ **HTTPS:** Hypertext Transfer Protocol Secure (Protocolo de transferencia de hipertexto seguro)

⁵⁰ **WEB:** World Wide Web (*Red informática mundial*)

⁵¹ **URL:** *uniform resource locator (Localizador de recursos uniformes)*

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.

Las topologías aplicadas en un servidor proxy web son similares al firewall lo que se realiza generalmente es que en el mismo servidor se cuente con los dos elementos de red.

2.4.3.3 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.

Esta aplicación es usada ampliamente en redes inalámbricas o Hot Spot 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.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS REGULATORIO

En el presente capítulo se detalla la estructura institucional de las telecomunicaciones y las entidades que la conforma, además los aspectos legales que se encuentran vigentes en el país para el establecimiento de una red con las características propuestas en el proyecto y el cumplimiento de los requisitos, formularios que imponen las entidades de control.

3.1 Modelo de legislación en el Ecuador para las Telecomunicaciones

Para la administración de las telecomunicaciones en el Ecuador el modelo de legislación a seguir se basa en la pirámide de Kelsen donde nos muestra los niveles que toman los documentos oficiales emitidos por las diferentes entidades públicas que trabajan para este sector.



Figura 44: Modelo de legislación para las telecomunicaciones en el Ecuador.

Fuente: Modificado por Edwin Túquerrez a partir del Análisis de los cambios efectuados en la regulación de los servicios de telecomunicaciones y consecuencias sobre un ISP a julio 2009. (Geovanny Carrillo).

Según la Figura 44 la constitución está en el primer nivel del modelo utilizado, para el proyecto se tomará en cuenta lo que se menciona en este documento para trabajar de acuerdo a la normativa por la cual se rige el país.

3.1.1 Extractos de la constitución para las Telecomunicaciones.

De acuerdo a la constitución de la República del Ecuador aprobada por la Asamblea Constituyente el 24 de Julio del 2008 en el título dos, capítulo segundo se establece “Derechos del buen vivir” en la sección tercera “Comunicación e Información” en su artículo 16 nos dice que “todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a: el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación”.

También menciona en el artículo 17 que “el estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, y al efecto facilitará la creación y el fortalecimiento de medios de comunicación públicos, privados y comunitarios, así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en especial para las personas y colectividades que carezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada”.

3.1.2 Leyes, Reglamentos y resoluciones para redes de Telecomunicaciones.

Para los siguientes niveles el proyecto toma referencia a la Ley Especial de Telecomunicaciones con los capítulos: uno, dos, cuatro, cinco, seis y sus respectivos artículos descritos en la Ley Especial de Telecomunicaciones que son relevantes en el desarrollo de la propuesta. Además las resoluciones SNT-2011-0617 y 417-15-CONATEL-2005, donde se describe las redes de acceso universal y los requisitos para operar un sistema de modulación digital de banda ancha.

3.2 Estructura organizacional de las telecomunicaciones en el Ecuador

Actualmente en el Ecuador la estructura de las telecomunicaciones cuenta con su propio ministerio que tiene a cargo varias instituciones adscritas que se distribuyen como se muestra en la Figura 45.

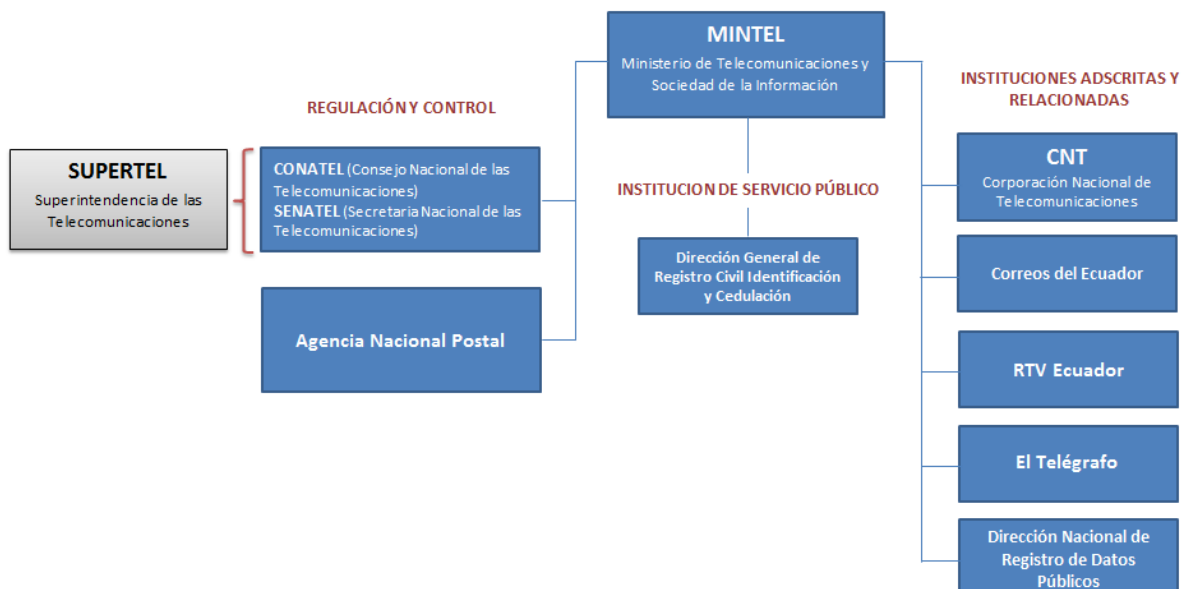


Figura 45: Estructura institucional de las telecomunicaciones en el Ecuador.
Fuente: Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2013).

3.2.1 MINTEL



Figura 46: Ministerio de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.
Fuente: Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2013). Recuperado de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/>

Es el órgano rector del desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación en el Ecuador, que incluyen las telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico, que emite políticas, planes generales y realiza el seguimiento y evaluación de su implementación, coordinando acciones con los actores de los sectores estratégicos para garantizar el acceso igualitario a los servicios y promover su uso efectivo, eficiente y eficaz, que asegure el avance hacia la sociedad de la información para el buen vivir de la población ecuatoriana (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2013).

Entidades Adscritas:

- Dirección Nacional de Registro de Datos Públicos
- Consejo Nacional de Telecomunicaciones
- Radio Pública del Ecuador
- Ecuador Televisión Pública
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones
- El Telégrafo
- Dirección general de Registro Civil Identificación y Cedulación
- Correos del Ecuador
- Agencia Nacional Postal

3.2.2 SENATEL



Figura 47: Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

Fuente: Secretaria Nacional de Telecomunicaciones. (2013). Recuperado de <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/>

Esta entidad tiene la misión principal de fomentar el desarrollo de las Telecomunicaciones en un marco regulatorio convergente, y administrar eficientemente los recursos estratégicos relacionados, a fin de garantizar a la sociedad el acceso a servicios con calidad, diversificados y a precios justos, en todo el territorio nacional (Secretaria Nacional de Telecomunicaciones, 2013).

3.2.3 CONATEL



Figura 48: Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

Fuente: Consejo Nacional de Telecomunicaciones. (2013). Recuperado de <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/conatel/>

Es el ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país, dentro de sus competencias se encuentra las listadas a continuación según (Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2013):

- a.** Dictar las políticas del Estado con relación a las Telecomunicaciones;
- b.** Aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones;
- c.** Aprobar el Plan de Frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico;
- d.** Aprobar las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones;
- e.** Aprobar los pliegos tarifarios de los servicios de telecomunicaciones abiertos a la correspondencia pública, así como los cargos de interconexión que deban pagar obligatoriamente los concesionarios de servicios portadores, incluyendo los alquileres de circuitos;
- f.** Establecer términos, condiciones y plazos para otorgar las concesiones y autorizaciones del uso de frecuencias así como la autorización de la explotación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones;
- g.** Designar al Secretario del CONATEL;
- h.** Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción de contratos de concesión para la explotación de servicios de telecomunicaciones;
- i.** Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción de contratos de concesión para el uso del espectro radioeléctrico;
- j.** Expedir los reglamentos necesarios para la interconexión de las redes;
- k.** Aprobar el plan de trabajo de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones;

- l.** Aprobar los presupuestos de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones;
- m.** Conocer y aprobar el informe de labores de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones así como de sus estados financieros auditados;
- n.** Promover la investigación científica y tecnológica en el área de las telecomunicaciones;
- o.** Aprobar los porcentajes provenientes de la aplicación de las tarifas por el uso de frecuencias radioeléctricas que se destinarán a los presupuestos del CONATEL, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones;
- p.** Expedir los reglamentos operativos necesarios para el cumplimiento de sus funciones;
- q.** Declarar de utilidad pública con fines de expropiación, los bienes indispensables para el normal funcionamiento del sector de las telecomunicaciones;
- r.** En general, realizar todo acto que sea necesario para el mejor cumplimiento de sus funciones y de los fines de esta Ley y su Reglamentación; y,
- s.** Las demás previstas en esta ley y sus reglamentos.

3.2.4 SUPERTEL



Figura 49: Superintendencia de Telecomunicaciones.

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones. (2013). Recuperado de <http://www.supertel.gob.ec/>

Vigilar, auditar, intervenir y controlar técnicamente la prestación de los servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, televisión y el uso del espectro radioeléctrico, para que se

proporcione con eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad, transparencia y equidad; fomentando los derechos de los usuarios a través de la participación ciudadana, de conformidad al ordenamiento jurídico e interés general (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2013).

3.3 Red de Acceso Universal de Internet

Para el desarrollo legal del proyecto se acoge a las definiciones y requisitos que solicita la SENATEL mediante la Resolución TEL-534-14-CONATEL-2011 (Redes de Acceso Universal de Internet) emitida el 11 de Julio del 2011, además de cumplir con los índices de calidad para la operación de estas redes y obligaciones de los proveedores que deben cumplir mediante la Resolución SNT-2011-0617.

3.3.1 Definiciones:

Las definiciones para las redes de acceso universal de internet se basan en la resolución TEL-534-14-CONATEL -2011 emitida por la SENATEL que menciona lo siguiente:

Red de Acceso Universal de Internet.- Es la red Física o inalámbrica que permite el acceso a las tecnologías de la Información y Comunicación, TIC, conforme a las definiciones de beneficiarios y proveedores de red de acceso universal de internet, cuyo principal objetivo es proporcionar acceso a internet, amparadas en Convenios Financiamiento y/o Cooperación suscritos con la MINTEL.

Proveedor de Red de Acceso Universal de Internet.- Son las instituciones públicas o privadas definidas en los Convenios de Financiamiento y/o Cooperación suscritos con la

MINTEL de acuerdo al Reglamento del FODETEL⁵² vigente, que implementarán las Redes de Acceso Universal de Internet, con infraestructura propia o contratada a concesionarios de servicios finales o portadores debidamente autorizados.

Beneficiarios de una Red de Acceso Universal de Internet.- Son los habitantes del territorio nacional considerados dentro de centros de educación, salud, seguridad, juntas parroquiales entre otras aprobadas por el MINTEL como beneficiarios y que consten como tal en los Convenios de Financiamiento y/o Cooperación que suscriba el MINTEL con el proveedor de la Red de Acceso Universal de Internet, conforme el Reglamento del FODETEL vigente.

3.3.2 Requisitos:

Los requisitos que se exige para la implementación de Redes de Acceso Universal de Internet son descritos a continuación según su la resolución SNT-2011-0617.

- Deben ser implementadas por proveedores de redes de Acceso Universal.
- Tiene el fin exclusivo de brindar servicio de internet a los Beneficiarios de este tipo de redes.
- Las redes establecidas tanto inalámbricas como físicas deben cumplir con los índices de calidad establecidas por la SENATEL y SUPERTEL.
- El área de cobertura debe ser definida donde se encuentran los beneficiarios.
- Solo en el área de cobertura definida se pueden instalar redes de transporte propias o pueden contratar servicios portadores.
- Para llegar a los beneficiarios se puede construir redes de acceso de transporte.

⁵² **FODETEL:** Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones.

- Para brindar el acceso a internet deben contratar el servicio a concesionarios autorizados.

3.3.2.1 Formularios

Para que una entidad pueda operar como proveedora de las redes de acceso universal de internet debe cumplir con los siguientes formularios de autorización:

- Formulario RAUI-001 (Formulario de Información e Identificación del Solicitante).
- Formulario RAUI-002 (Formulario de Beneficiarios de Redes de Acceso Universal de Internet)
- Formulario RAUI-003-001 (Formulario para Descripción Técnica Detallada de cada servicio propuesto y Cobertura)
- Formulario RAUI-003-002 (Formulario para Descripción de Nodos Principales y Secundarios de la Red)
- Formulario RAUI-003-003 (Formulario para Descripción de Enlaces entre Nodos).
- Formulario RAUI-003-004 (Formulario para Descripción de Conexión Internacional).
- Formulario RAUI-003-005 (Formulario para Descripción de Enlaces de Red de Acceso).
- Formulario RAUI-003-006 (Formulario para Descripción de Adjuntos).
- Formularios RAUI-004 (Formularios para Registro de Ampliaciones o Modificaciones de
- la Red de Acceso Universal de Internet).

Los formularios y descripción de cada uno son detallados en el Instructivo de Formularios para Redes de Acceso Universal de Internet que proporciona la SENATEL.

3.3.3 Índices de Calidad

Para que un proveedor de redes de acceso universal de internet pueda cumplir los índices de calidad, debe validar los siguientes indicadores que obliga el CONATEL:

PDA: Porcentaje de averías.

TRA: Tiempo medio de reparación de averías.

PR8: Porcentaje de averías con tiempo de reparación mayor a 8 horas.

PDS: Porcentaje de disponibilidad del servicio.

Estos valores deben ser entregados a la SENATEL y SUPERTEL mensualmente para la evaluación de la red. El análisis y resolución de cada uno de estos índices se encuentran descritos en la Resolución SNT-2011-0617.

3.3.4 Obligaciones del proveedor de las redes de acceso universal de internet

Estas obligaciones son descritas en el artículo séptimo de la Resolución SNT-2011-0617, cuenta con nueve obligaciones según la resolución SNT-2011-0617:

1. Informar a los beneficiarios los aspectos del enlace como es ancho de banda, disponibilidad, velocidad de transmisión y recepción.
2. La administración de la red debe estar a cargo de profesional en el área de las Telecomunicaciones.
3. No se debe bloquear aplicaciones en la red a menos que sea previamente autorizado por la entidad reguladora o sus beneficiarios.

4. Brindar información de seguridad a los beneficiarios mediante sitio web en el intercambio de información por medio de esta red.
5. Informar a los beneficiarios de sus derechos como usuarios.
6. Deben contar con procesos de gestión y atención a los usuarios para el soporte técnico.
7. Informar con anticipación tanto a la entidad reguladora y a los usuarios de cortes programados del servicio.
8. Emitir reportes de calidad de servicio como lo exige la resolución.
9. Cumplir con lo dispuesto en la regulación vigente en la autorización otorgada por el CONATEL.

3.4 Normas de Modulación digital de banda ancha en Ecuador

Para el presente proyecto y su aplicación es necesario estudiar 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.

3.4.1 Normas técnicas

Según la resolución TEL-560-18-CONATEL-2010 en su artículo sexto establece que las frecuencias en donde se aplica la modulación digital de banda ancha son las siguientes mostradas en la Tabla 22.

Tabla 22: Bandas de Frecuencia utilizadas en Modulación Digital.**Fuente:** Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010

BANDA (MHz)	ASIGNACIÓN
902 – 928	ICM
2400 – 2483.5	ICM
5150 – 5250	INI
5250 – 5350	INI
5470 – 5725	INI
5725 – 5850	ICM, INI

Donde las ICM⁵³ son redes aplicadas en la industria la ciencia y la medicina y las INI⁵⁴ están aplicados en la infraestructura nacional de información.

Para la aplicación de estos sistemas según la TEL-560-18-CONATEL-2010 y su artículo séptimo menciona las siguientes configuraciones:

- Sistemas punto – punto
- Sistemas punto – multipunto
- Sistemas móviles.

Según el artículo octavo de la resolución 417-15-CONATEL-2005, establece límites de potencia y emisiones de frecuencia no deseada.

Los equipos deben estar homologados de acuerdo al catálogo técnico del equipo y al Reglamento para la Homologación de Equipos de Telecomunicaciones según la resolución TEL-560-18-CONATEL-2010.

Según el artículo 12 de la resolución TEL-560-18-CONATEL-2010 el certificado de registro dura cinco años y puede ser renovado 30 días antes de su vencimiento.

⁵³ **ICM:** Industria Ciencia y Medicina

⁵⁴ **INI:** Infraestructura Nacional de Información.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA

En el presente capítulo se describe el diseño general de radiocomunicación mediante tecnología WIMAX para dotar de centros de informática con los servicios de internet VoIP y seguridades informáticas a escuelas, casas comunales y barriales previo al estudio realizado en el capítulo uno. Además con la propuesta se planifica brindar cobertura a toda la parroquia con estos servicios para obtener escalabilidad en la red para posteriores usos.

4.1 Características generales

4.1.1 Definición de los centros de informática

Para el presente proyecto se define a los centros de informática como espacios físicos donde se alojan dispositivos de usuario final (host) para el acceso y utilización de los diferentes servicios que se propone. Estos centros de informática se manejan bajo un modelo en referencia a los infocentros que implementa el gobierno actualmente, y comprende los siguientes elementos:

- 6 Computadores de escritorio.
- Un teléfono IP.
- Computador destinado a Videoconferencia (entre las 6 computadoras ya mencionadas).
- Mobiliario de computadores
- Impresora
- Pizarra de tiza líquida



Figura 50: Ejemplo de Infocentro para los centros de informática propuestos

Fuente: La Hora. (2013, 19 de enero). Recuperado de http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101453632/-1/Infocentro_en_Luz_de_Am%C3%A9rica_.html

Según el Capítulo uno actualmente la parroquia cuenta con 24 comunidades y barrios, además de 11 unidades educativas públicas. Con estos antecedentes el diseño propone hacer eficiente los centros de informática que brindarán el servicio tanto para los habitantes de cada barrio y comunidad como para los estudiantes de cada unidad educativa.

Consideraciones para la instalación de un centro de informática:

- Acogerse a la definición de beneficiario de una red de acceso universal de internet.
- Espacio físico tanto en infraestructura como en seguridad para la instalación de equipos informáticos y de redes.
- Espacios centralizados que brinden el servicio tanto a barrios y escuelas en el sector.

Con estas consideraciones el diseño propone los siguientes puntos para considerarles centros de informática en la parroquia de Caranqui en la Tabla 23.

Tabla 23: Definición de centros de informática.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en encuesta realizadas a las unidades educativas de la parroquia de Caranqui.

	Laboratorios informáticos	Consideración
1	Juan de dios Navas –Naranjito	La unidad educativa pertenece a la comunidad
2	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	La unidad educativa pertenece a la comunidad de San Cristóbal Alto y San Cristóbal de Caranqui no cuenta con Casa Comunal.
3	Manzanal	
4	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	San Francisco de Chorlavi no tiene casa barrial.
5	Catzoloma	
6	San Francisco de Chorlavisito	
7	19 de Enero	
8	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	La unidad educativa pertenece a el barrio Ejido de Caranqui y Unión y Progreso no cuenta con casa barrial
9	Chamanal	
10	20 de octubre	
11	Guayaquil de Caranqui	
12	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	Los dos barrios no cuentan con casas barriales y la unidad educativa pertenece y está cerca de ellos.
13	El Naranjal	
14	Yuyucocha	
15	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	La unidad educativa pertenece al barrio
16	Colegio Atahualpa – La Candelaria	La unidad educativa pertenece al barrio
17	José Nicolás Vacas	
18	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	La unidad educativa pertenece al barrio
19	Juan Miguel Suarez	
20	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	La unidad educativa pertenece al barrio y se unieron las dos unidades educativas
21	Santa Lucia del Retorno	
22	Central	

4.1.2 Diseño adoptado para la red Inalámbrica

El diseño adoptado para la red inalámbrica se basa en el modo infraestructura debido a que los diferentes servicios son dependientes de otras redes interconectadas hacia la red de comunicaciones para la parroquia como se muestra en la figura 51.

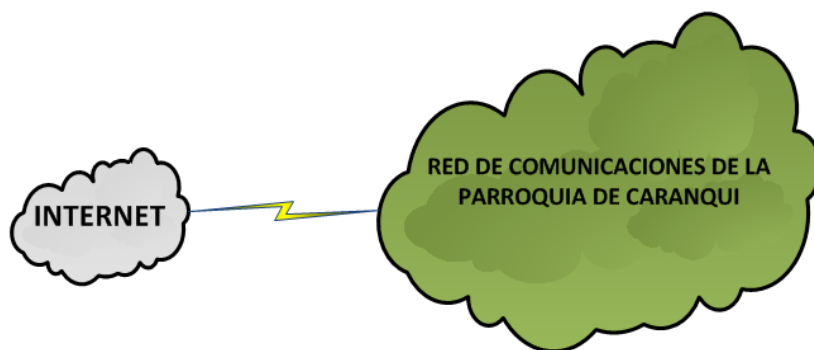


Figura 51: Diseño en modo Infraestructura.
Fuente: Elaborado a partir de los requerimientos del diseño.

4.1.3 Topología

Para la selección de la topología a utilizarse se debe tomar en cuenta la posición geográfica de la parroquia y la cobertura de los puntos a los cuales se brindará los servicios.

La posición actual de los puntos fijos ya descritos y numerados en la Tabla 24 para los servicios en el diseño se muestra en la Figura 52.

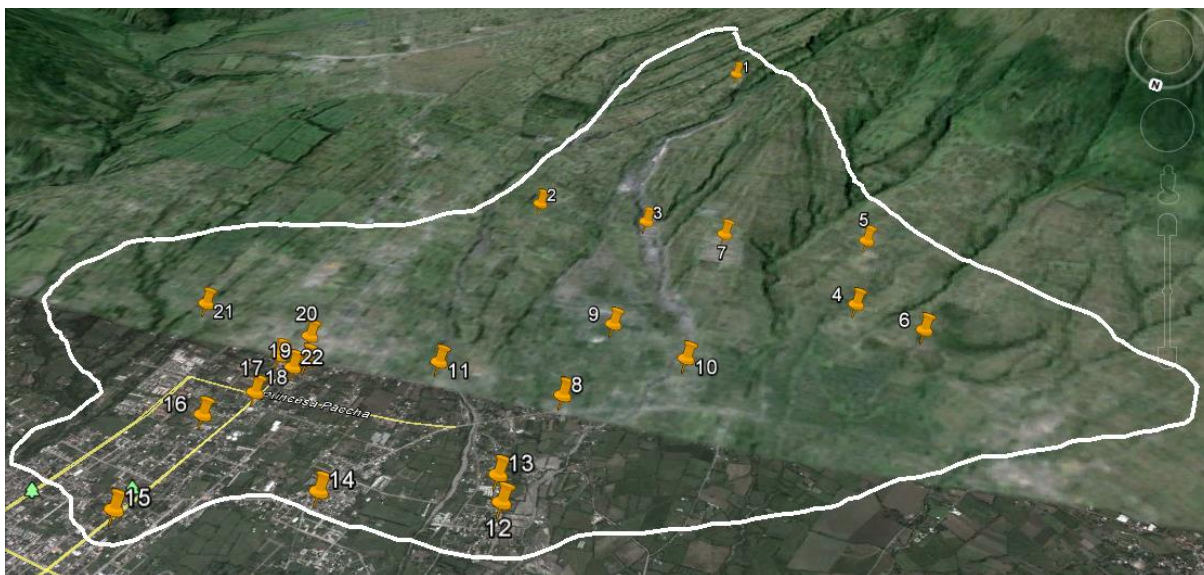


Figura 52: Puntos considerados como centros de informática.
Fuente: Mapas Digitales de Google Earth editado por Edwin Túquerrez.

Tabla 24: Coordenadas geográficas de cada centro de informática.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en encuesta realizadas a las unidades educativas de la parroquia de Caranqui.

Laboratorios informáticos		Posición Geográfica	
1	Juan de dios Navas -Naranjito	W longitud	78° 8' 17.77"
		N Latitud	0° 17' 7.39"
2	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	W longitud	78° 7' 48.55"
		N Latitud	0° 18' 12.61"
3	Manzanal	W longitud	78° 8' 12.43"
		N Latitud	0° 18' 12.61"
4	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	W longitud	78° 8' 58.46"
		N Latitud	0° 18' 29.83"
5	Catzoloma	W longitud	78° 8' 58.04"
		N Latitud	0° 18' 11.47"
6	San Francisco de Chorlavisito	W longitud	78° 9' 11.30"
		N Latitud	0° 18' 35.53"
7	19 de Enero	W longitud	78° 8' 29.60"
		N Latitud	0° 18' 13.99"
8	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	W longitud	78° 8' 13.75"
		N Latitud	0° 19' 10.15"
9	Chamanal	W longitud	78° 8' 16.09"
		N Latitud	0° 18' 48.31"
10	20 de octubre	W longitud	78° 8' 31.52"
		N Latitud	0° 18' 54.37"
11	Guayaquil de Caranqui	W longitud	78° 7' 49.75"
		N Latitud	0° 19' 7.99"
12	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	W longitud	78° 8' 13.39"
		N Latitud	0° 19' 36.97"
13	El Naranjal	W longitud	78° 8' 10.57"
		N Latitud	0° 19' 31.45"
14	Yuyucocha	W longitud	78° 7' 45.67"
		N Latitud	0° 19' 42.91"
15	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	W longitud	78° 7' 18.19"
		N Latitud	0° 19' 55.45"
16	Colegio Atahualpa – La Candelaria	W longitud	78° 7' 17.83"
		N Latitud	0° 19' 32.47"
17	José Nicolás Vacas	W longitud	78° 7' 23"
		N Latitud	0° 19' 24.85"
18	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	W longitud	78° 7' 15.61"
		N Latitud	0° 19' 21.55"
19	Juan Miguel Suarez	W longitud	78° 7' 26.95"
		N Latitud	0° 19' 14.59"
20	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	W longitud	78° 7' 23.83"
		N Latitud	0° 19' 7.87"
21	Santa Lucia del Retorno	W longitud	78° 6' 58.99"
		N Latitud	0° 19' 3.97"
22	Central	W longitud	78° 7' 25.63"
		N Latitud	0° 19' 16.93"

Para la elección de la topología se debe considerar la cobertura en toda la parroquia y soportar la forma semi-vertical con la que cuenta el relieve del suelo, además de considerar que la mayor parte de territorio es visible en lugares estratégicos. Por lo tanto se toma la decisión de utilizar la topología punto multipunto debido a que cumple con los requerimientos mencionados anteriormente.

Para trabajar con esta topología se considera dos configuraciones principales de los radios inalámbricos, en modo maestro o punto de acceso y en modo cliente.

Como se muestra en la figura 53 la transmisión es bidireccional y los clientes no deben estar ubicados necesariamente cercanos a los puntos de acceso, estas prestaciones aportan para la elección de esta topología.

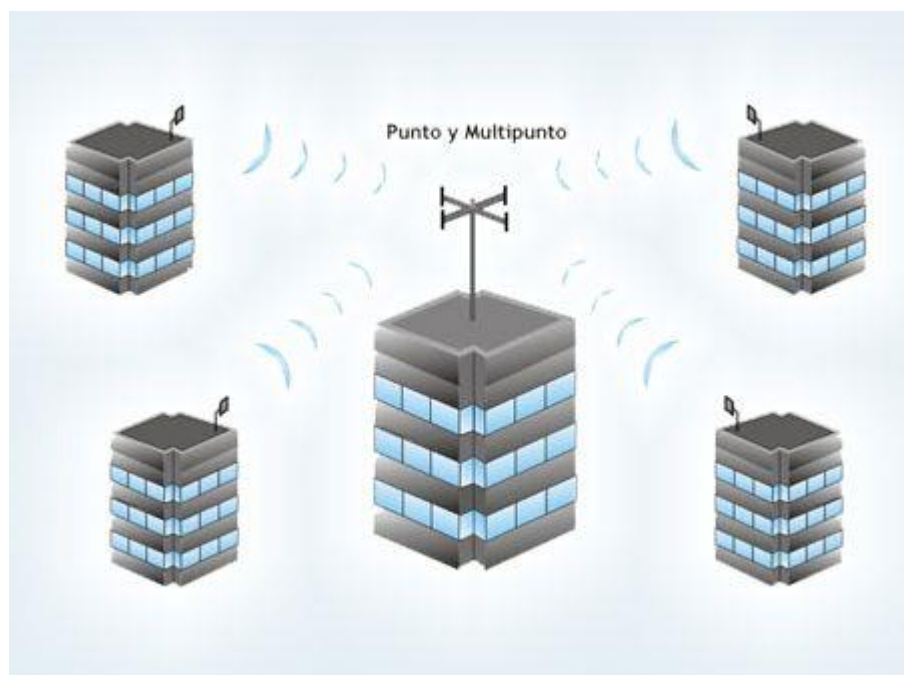


Figura 53: Topología Punto Multipunto
Fuente: Sistemas de Telecomunicaciones. (2011). Recuperado de <http://elandadorinc.net/enlaces/enlaces-inalambricos.html>

4.1.4 Características de la Tecnología inalámbrica WIMAX

Para la utilización de esta tecnología es necesario utilizar un estándar específico del IEEE 802.16 para que se ajuste al diseño presentado:

Frecuencia: Se utiliza las frecuencias en bandas libres definidas en el Ecuador según la *norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha* establecido en la resolución 417-15-CONATEL-2005 vigente y teniendo en cuenta que la tecnología WIMAX en la actualidad soporta este requerimiento en versiones recientes. Para esto se utilizará las frecuencias en 5.8 GHz debido a que permite mayor transmisión de datos por su longitud de onda corta.

LOS: Se utilizará línea de vista directa hacia todos los enlaces debido a que los puntos a interconectar y extensión de la parroquia no son tan distantes y todos los enlaces pueden tener LOS según la posición estratégica a seleccionar para el punto de acceso inalámbrico.

Estándar 802.16-2009: Se utilizará esta versión debido a que esta cumple los dos requisitos anteriores y actualmente la mayor parte de equipos que utilizan esta tecnología soportan esta versión.

4.2 Arquitectura del Diseño

El modelo de arquitectura que seguirá el diseño se basa en cuatro capas para la formación de toda la red y sus servicios como se muestra en la Figura 54.

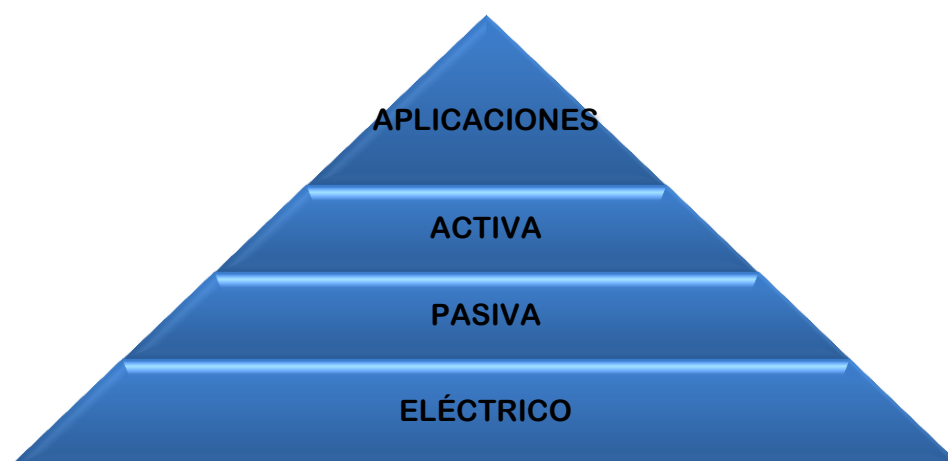


Figura 54: Arquitectura del diseño propuesto.
Fuente: Material del curso Diseño de sistemas de comunicación noveno nivel.

4.2.1 Eléctrico.

4.2.1.1 Requerimientos para los centro de informática.

Para la conformación de los centros de informática se debe tomar en cuenta dos importantes consideraciones tanto en la infraestructura física del lugar donde se alojarán los equipos y las conexiones eléctricas.

4.2.1.1.1 Espacios Físicos

Actualmente las casas comunales cuentan con infraestructura civil donde se realizan reuniones como se muestra en la Figura 55, las unidades educativas en algunos casos cuentan con espacios para salas de computación como se muestra en la Figura 56.



Figura 55: Casa Comunal de San Cristóbal Alto
Fuente: Parroquia de Caranqui.



Figura 56: Sala de informática Unidad Educativa Juan de Dios Navas
Fuente: Parroquia de Caranqui.

La selección del espacio físico a ser utilizado para la instalación de equipos de informática como computadores, impresoras y teléfonos IP, utilizará la infraestructura civil que tienen las casas comunales, barriales y aulas de las unidades educativas actualmente, cumpliendo con los siguientes requerimientos:

- Espacio físico mínimo de 4 metros cuadrados para el alojamiento de las computadoras.
- Este lugar de trabajo no debe tener filtraciones de agua por ningún lugar debido a que puede existir daños eléctricos en cualquiera de los equipos instalados.
- Debe tener seguridad en puertas y ventanas para evitar pérdidas de cualquier implemento instalado.

4.2.1.1.2 Características Eléctricas.

La actual infraestructura eléctrica que tiene cada punto donde se brindará los servicios del proyecto consta de instalaciones básicas. Por lo tanto es necesario la implementación de seguridades eléctricas y revisión del cableado eléctrico para el buen funcionamiento de los equipos de comunicación y los host de usuario final.

Para la implementación de los equipos se debe cumplir con los siguientes requisitos en los espacios físicos destinados al funcionamiento como 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.

4.2.1.2 Requerimientos básicos para equipos de comunicaciones.

4.2.1.2.1 Espacios Físicos.

El diseño exige tres escenarios para espacios físicos en equipos de comunicaciones, el primero es para los centros de informática donde es necesario un Rack de pared como se muestra en la figura 57 para la instalación de un equipo de distribución para los host de usuario final:

Requerimientos físicos para instalación de un rack de pared en los centros de informática:

- Espacio libre de filtraciones de agua.
- Seguridad para que los equipos sean manipulados por personal autorizado.

- Lugares que no superen la temperatura ambiente máxima recomendada de 40⁰ C



Figura 57: Rack de pared para equipos de comunicaciones

Fuente: ROGER Racks Telecomunicaciones. (2013). Recuperado de <http://www.roger-racks.com/Rack-de-pared-con-aire-acondicionado-19-pulgadas.html>

Para la instalación de la antena de recepción en estos centros de informática es necesaria la instalación de un tubo galvanizado, su altura dependerá de los datos que exija el diseño según muestra la Figura 58, para los puntos de acceso son necesarias torres estructurales estandarizadas con características que se especificarán posteriormente.



Figura 58: Antena de recepción para centros de informática

Fuente: BLOGWIFI. (2008, 20 de noviembre). Recuperado de <http://blogwifi.fr/?p=725>

Para el centro de datos donde se alojarán los servidores para toda la red se debe tomar en cuenta un espacio físico amplio para la instalación de un Rack de piso ya que se debe alojar varios equipos para la distribución de los mismos como se muestra en la Figura 59.



Figura 59: Rack de piso para equipos de comunicación

Fuente: Inselec Cia. Ltda. (2012). Recuperado de <http://www.inselec.com.ec/content/product.php?id=214>

4.2.1.2.2 Características Eléctricas.

- 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.

- Implementación de un UPS con las especificaciones dependiendo del número de equipos a utilizar independiente de los host finales para los equipos de telecomunicaciones.
- Pararrayos en antenas principales de distribución y añadir el sistema de tierra al tubo galvanizado de las antenas en cada punto.

Con las consideraciones eléctricas y de espacios físicos ya establecidos se expone en la tabla 25 los requerimientos en cada centro de informática y su representación gráfica se muestra en el ANEXO N.

Tabla 25: Requerimientos físicos y eléctricos en centros de informática.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez basado en las visitas a cada centro de informática.

	Centros de informática	Requerimientos civiles	Requerimientos eléctricos.
1	Juan de dios Navas -Naranjito	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Instalar un sistema a tierra
2	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	1.-Instalar un sistema a tierra 2.- Cambio de red interna: cableado caja térmica y tomacorrientes eléctricos. 3.- puesta de techo falso.
3	Manzanal	1.- Cubierta para evitar filtraciones de agua 2.- Seguridad con cerraduras en puerta e instalación de vidrios en ventanas	1.- Instalación de puesta a tierra 2.- Protección de acometida eléctrica 3.- instalación de nuevos tomacorrientes
4	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	Cubierta para evitar filtraciones de agua	Instalación de puesta a tierra
5	Catzoloma	1.- Cubierta para evitar filtraciones de agua 2.- Seguridad con cerraduras en puerta e instalación de vidrios en ventanas	1.- Instalación de puesta a tierra 2.- Protección de acometida eléctrica 3.- instalación de nuevos tomacorrientes 4.- Cambio de conductores eléctricos.
6	San Francisco de Chorlavisito	Cubierta para evitar filtraciones de agua	Instalación de puesta a tierra
7	19 de Enero	Cubierta para evitar filtraciones de agua	Instalación de puesta a tierra
8	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Instalar un sistema a tierra
9	Chamanal	Cubierta para evitar filtraciones de agua	Instalación de puesta a tierra
10	20 de octubre	Cubierta para evitar filtraciones de agua	Instalación de puesta a tierra

11	Guayaquil de Caranqui	Cubierta para evitar filtraciones de agua	1.- Instalación de puesta a tierra. 2.- Instalación de nuevos tomacorrientes
12	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Instalar un sistema a tierra
13	El Naranjal	Seguridad con cerraduras en puerta e instalación de vidrios en ventanas	1.- Instalación de puesta a tierra 2.- Protección de acometida eléctrica 3.- instalación de nuevos tomacorrientes 4.- Cambio de conductores eléctricos.
14	Yuyucocha	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Instalar un sistema a tierra
15	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Instalar un sistema a tierra
16	Colegio Atahualpa – La Candelaria	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Ya cuenta con los requerimientos eléctricos.
17	José Nicolás Vacas	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Instalar un sistema a tierra
18	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Instalar un sistema a tierra
19	Juan Miguel Suarez	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Instalar un sistema a tierra
20	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Instalar un sistema a tierra
21	Santa Lucia del Retorno	1.- Cubierta para evitar filtraciones de agua 2.- Seguridad con cerraduras en puerta e instalación de vidrios en ventanas	1.- Instalación de puesta a tierra 2.- Protección de acometida eléctrica 3.- instalación de nuevos tomacorrientes 4.- Cambio de conductores eléctricos.
22	Central	Ya cuenta con espacio destinado a equipos informáticos	Ya cuenta con los requerimientos eléctricos.

4.2.2 Pasiva

4.2.2.1 Topología general de conectividad

Para el diseño de conectividad se debe tomar en cuenta la topología seleccionada en este caso punto multipunto, con este modelo se identifica puntos de distribución que deben cumplir los siguientes requisitos:

- Puntos centralizados con respecto a los clientes en el diseño para tener eficiencia en la cobertura.
- Deben tener espacios físicos con acceso a la red eléctrica y deben cumplir seguridades ya que se instalarán equipos de radiofrecuencia y comunicación.
- Estos puntos deben ser implementados en lugares altos con respecto a las Estaciones de los clientes para posibilitar la línea de vista hacia los clientes.

Con estas consideraciones y tomando en cuenta el relieve del suelo en la parroquia se debe seleccionar el mejor sitio tanto en cobertura para toda la parroquia como el costo que representa instalar una torre estandarizada para el proyecto.

Actualmente en las calles Juana Atabalipa y Princesa Cory Cory la empresa Pública Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) cuenta con una torre de telefonía celular como se muestra en la Figura 60.



Figura 60: Torre estructural de la CNT.
Fuente: Parroquia de Caranqui.

La torre representada en la Figura 61 por el icono rojo CNT representa la ubicación exacta donde se sitúa la actual torre en la parroquia de Caranqui, tiene una altura aproximadamente de 36 metros y trabaja para brindar servicios de telefonía celular según fuente de la CNT, con estos datos se realiza una simulación desde este punto para la cobertura general de toda la parroquia y se confirmará la utilización de este punto como estación base para la red inalámbrica del proyecto.

La utilización de esta torre se sustenta en base a la resolución 163-06-CONATEL-2009 que menciona el uso compartido de infraestructura, además a políticas internas de la CNT.

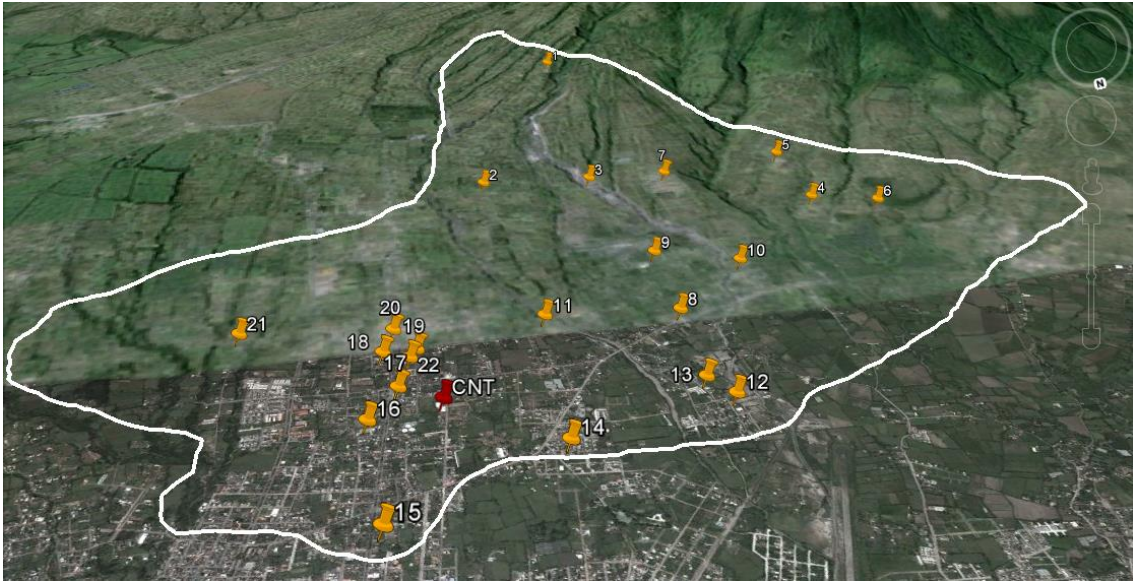


Figura 61: Posición geográfica de la torre estructural de la CNT en Caranqui.
Fuente: Editado por Edwin Túquerrez a partir de mapas Digitales de Google Earth.

Posición Geográfica Estación Base (EB)

Latitud: 0° 19' 29.11" N

Longitud: 78° 7' 29.35" O

Altura: 36 metros

Para la simulación de la cobertura para todos los enlaces se utilizará los simuladores que existen actualmente entre los cuales se menciona los más importantes:

- Radio Mobile
- AirLink
- Link Planner

Se requiere las siguientes características para la simulación y se realiza una comparación mediante la Tabla 26 de cada simulador.

Tabla 26: Comparación de Simuladores

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en características de cada simulador.

Características	Radio Mobile	AirLink	Link Planner
Soporta frecuencias de trabajo de 5.8 GHz	SI	SI	SI
Muestra de resultados en escalas reales de acuerdo a mapas del sitio de simulación	SI	SI	SI
Puede trabajar con especificaciones de antenas de varias marcas y no se remite a una sola	SI	SI	SI
Brinda resultados de zona de fresnel	SI	NO	NO
Puede analizar el patrón de radiación individual por cada enlace de ser necesario	SI	SI	SI

Con los datos en la Tabla 26 se puede verificar las características de cada simulador, AirLink y LinkPlanner son propietarios de Ubiquiti y Motorola respectivamente lo que limita su trabajo a sistemas y equipos solo con las marcas mencionadas.

Las simulaciones necesarias para este proyecto utilizarán RadioMobile debido a su principal prestación que es libre e interoperable sin límites de marcas.

Con la herramienta Polar radio converage que brinda el simulador Radio Mobile se realizó la simulación para verificar la cobertura que tendría un sistema de telecomunicaciones desde el punto mencionado en la Figura 61.

La escala en dBm que se muestra en la Figura 62 ayuda a verificar con colores las señales de sensibilidad de recepción que puede recibir un radio en modo cliente según su posición en toda la parroquia. El color verde demuestra que en toda la parroquia existiría cobertura desde

este punto y se verificará en cada punto cliente del diseño la primera zona de fresnel para corroborar estos resultados.



Figura 62: Escala en dBm del simulador Radio Mobile.

Fuente: Simulación Radio Mobile.

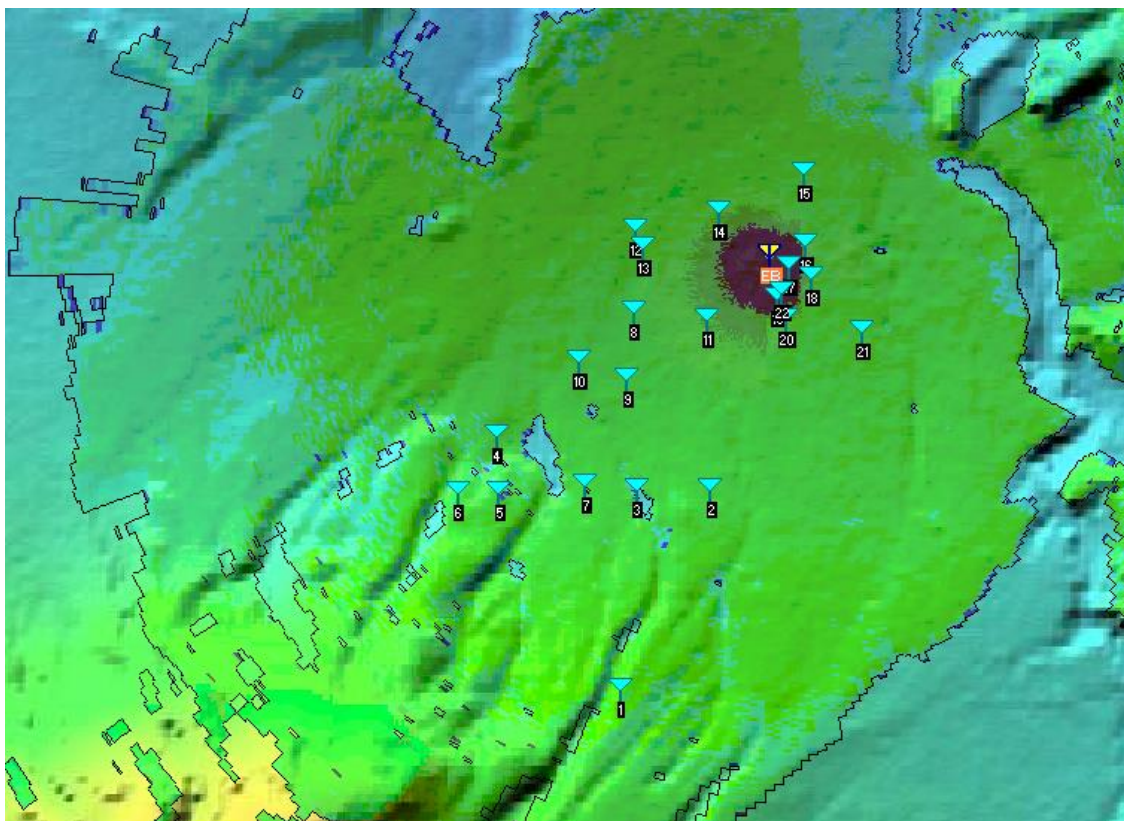


Figura 63: Simulación de cobertura desde punto CNT

Fuente: Simulación Radio Mobile.

La cobertura según la simulación en la Figura 63 es óptima para nuestro diseño por lo tanto se confirma el punto de referencia como alojamiento de los puntos de acceso inalámbricos a ser utilizados en el proyecto. El arrendamiento de la torre es una opción ya que si no se concreta esta solución se deberá instalar una torre con la misma altura y características similares que presenta la torre mencionada.

La simulación del proyecto en comunicación inalámbrica depende de los equipos a ser utilizados, la selección depende de las características técnicas que se necesiten en cada nodo. Para la topología general es necesario seleccionar primero el tipo de antena según su función y definir la distancia de cada nodo hacia la Estación Base y la demanda de ancho de banda para brindar los servicios que establecerán las características de los equipos a ser utilizados.

4.2.2.1.1 Requerimientos técnicos en cada cliente

Las estaciones clientes constan de un radio y una antena directiva en cada nodo, sus requerimientos técnicos dependen de la distancia hacia la EB a la que se encuentran y la demanda de velocidad de transferencia en cada nodo con respecto al número de host finales con los que estos cuentan.

4.2.2.1.2 Distancia desde las estaciones clientes hasta la Estación Base.

Las distancias se definieron como se muestra en la topología general Figura 64 mediante su posición geográfica de cada cliente hacia la EB con la ayuda de la herramienta Google Earth según muestra el ejemplo de la Figura 65 y cada distancia se define en la Tabla 27.

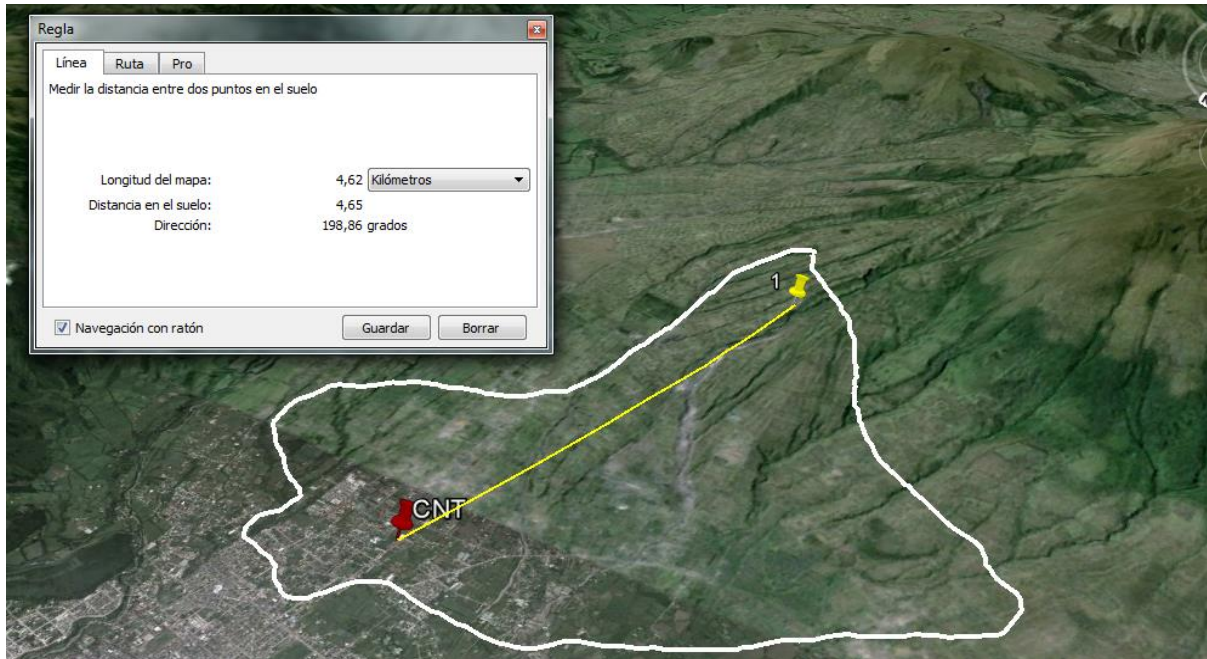


Figura 64: Ejemplo de distancia entre clientes y EB
Fuente: Mapas digitales de Google Earth editado por Edwin Túquerrez.

Tabla 27: Distancias entre clientes y EB.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez basado en medidas tomadas en Google earth

	Laboratorios informáticos	Distancia hacia la EB
1	Juan de dios Navas –Naranjito	4.62 Km
2	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	2.43 Km
3	Manzanal	2.71 Km
4	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	3.30 Km
5	Catzoloma	3.64 Km
6	San Francisco de Chorlavisito	3.96 Km
7	19 de Enero	2.97 Km
8	Oscar Efren Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	1.49 Km
9	Chamanal	1.92 Km
10	20 de octubre	2.20 Km
11	Guayaquil de Caranqui	0.91 Km
12	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	1.38 Km
13	El Naranjal	1.27 Km
14	Yuyucocha	0.66 Km
15	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	0.88 Km
16	Colegio Atahualpa – La Candelaria	0.37 Km
17	José Nicolás Vacas	0.24 Km
18	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	0.48 Km
19	Juan Miguel Suarez	0.45 Km
20	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	0.68 Km
21	Santa Lucía del Retorno	1.22 Km
22	Central	0.39 Km

4.2.2.1.3 Velocidad de transferencia por cada nodo.

Para este cálculo se toma en cuenta las 5 computadoras de escritorio, un teléfono IP y una computadora destinada para videoconferencia según el modelo del centro de informática.

En la Tabla 28 se describe el número de computadores de escritorio en cada nodo, algunos nodos ya cuentan con computadores de las unidades educativas y si estos brindarán el servicio al barrio o comunidad se sumarán las 6 computadoras adicionales.

Tabla 28: Número de computadores por cada centro de informática.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en encuesta realizadas a las unidades educativas de la parroquia de Caranqui.

	Laboratorios informáticos	PC - UE	PC - B - C	Total
1	Juan de dios Navas –Naranjito	32	6	38
2	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui		12	12
3	Manzanal		6	6
4	Turupamba – San Francisco de Chorlavi		12	12
5	Catzoloma		6	6
6	San Francisco de Chorlavisito		6	6
7	19 de Enero		6	6
8	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	10	12	22
9	Chamanal		6	6
10	20 de octubre		6	6
11	Guayaquil de Caranqui		6	6
12	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	8	12	20
13	El Naranjal		6	6
14	Yuyucocha		6	6
15	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas		6	6
16	Colegio Atahualpa – La Candelaria	20	6	26
17	José Nicolás Vacas	4		6
18	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar		6	6
19	Juan Miguel Suarez	15		15
20	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	22	6	28
21	Santa Lucía del Retorno		6	6
22	Central		6	6
				257

- PC –UE corresponde a Computadores de las Unidades Educativas
- PC-B-C corresponde a Computadores de Barrios y Comunidades

A esta demanda se debe añadir el tráfico que generan los otros dispositivos de redes como son el servicio del portal cautivo, el teléfono IP y la computadora destinada a videoconferencia.

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
TOTAL	1.728 Kbps	1,728 Kbps

En el ejemplo anterior la demanda mínima por cada laboratorio informático en velocidad de transferencia está basada en 1.728 Kbps y el mismo cálculo se realiza por cada laboratorio informático y sus resultados se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29: Velocidades de transferencia por cada nodo cliente.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en el cálculo de la demanda de tráfico en cada dispositivo.

Laboratorios informáticos		Total de PC finales	Velocidad de transferencia Simétrico
1	Juan de dios Navas –Naranjito	38	5,824 Kbps
2	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	12	2,496 Kbps
3	Manzanal	6	1,728 kbps
4	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	12	2,496 Kbps
5	Catzoloma	6	1,728 kbps
6	San Francisco de Chorlavisito	6	1,728 kbps
7	19 de Enero	6	1,728 kbps
8	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	22	3,776 Kbps
9	Chamanal	6	1,728 kbps
10	20 de octubre	6	1,728 kbps
11	Guayaquil de Caranqui	6	1,728 kbps
12	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	20	3,520 Kbps
13	El Naranjal	6	1,728 kbps
14	Yuyucocha	6	1,728 kbps
15	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	6	1,728 kbps
16	Colegio Atahualpa – La Candelaria	26	4,288 Kbps
17	José Nicolás Vacas	6	1,728 Kbps
18	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	6	1,728 kbps
19	Juan Miguel Suarez	15	2,880 Kbps
20	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	28	4,544 Kbps
21	Santa Lucía del Retorno	6	1,728 kbps
22	Central	6	1,728 kbps
VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA TOTAL		257	54,016 Kbps

Según la tabla 29 cada nodo tiene su demanda de velocidad de transferencia para los diferentes servicios en el diseño, para la salida a internet la demanda general se calcula según la formula mencionada sugiriendo la utilización del internet en un 40 % al mismo tiempo:

$$VT = VTT * 40 \%$$

Ecuación 8: Cálculo de la velocidad de Transferencia.

Fuente: Networking Tips. (2010, 6 de marzo). Recuperado de <http://blog.acostasite.com/search/label/ancho%20de%20banda>

$$VT = VTT * 40 \%$$

VT = Velocidad de Transferencia

$$VT = 54,016 \text{ Kbps} * 40 \%$$

VTT = Velocidad de transferencia Total

$$VT = 21,606 \text{ Kbps}$$

4.2.2.1.4 Diseño General

En la topología general se define una estación base denominada (EB) con tres antenas sectoriales de 120° con sus respectivos radios, el primer radio y antena sectorial asociaría a 8 estaciones cliente, el segundo a 8 estaciones cliente y el tercero a 5 estaciones cliente respectivamente, además existe un enlace Backhaul desde la EB hasta la junta parroquial del barrio central en donde se encuentran los servidores y la salida al internet. En el enlace Backhaul es necesario dos radios con antenas directivas para brindar el servicio.

Para cada estación de los puntos ya definidos en la sección 4.1.1 es necesario un radio con una antena directiva que cumplan con los requisitos de cada cliente.

Según este modelo establecido la topología general de conectividad inalámbrica se muestra en la Figura 61 y la descripción de cada punto en la Tabla 30.

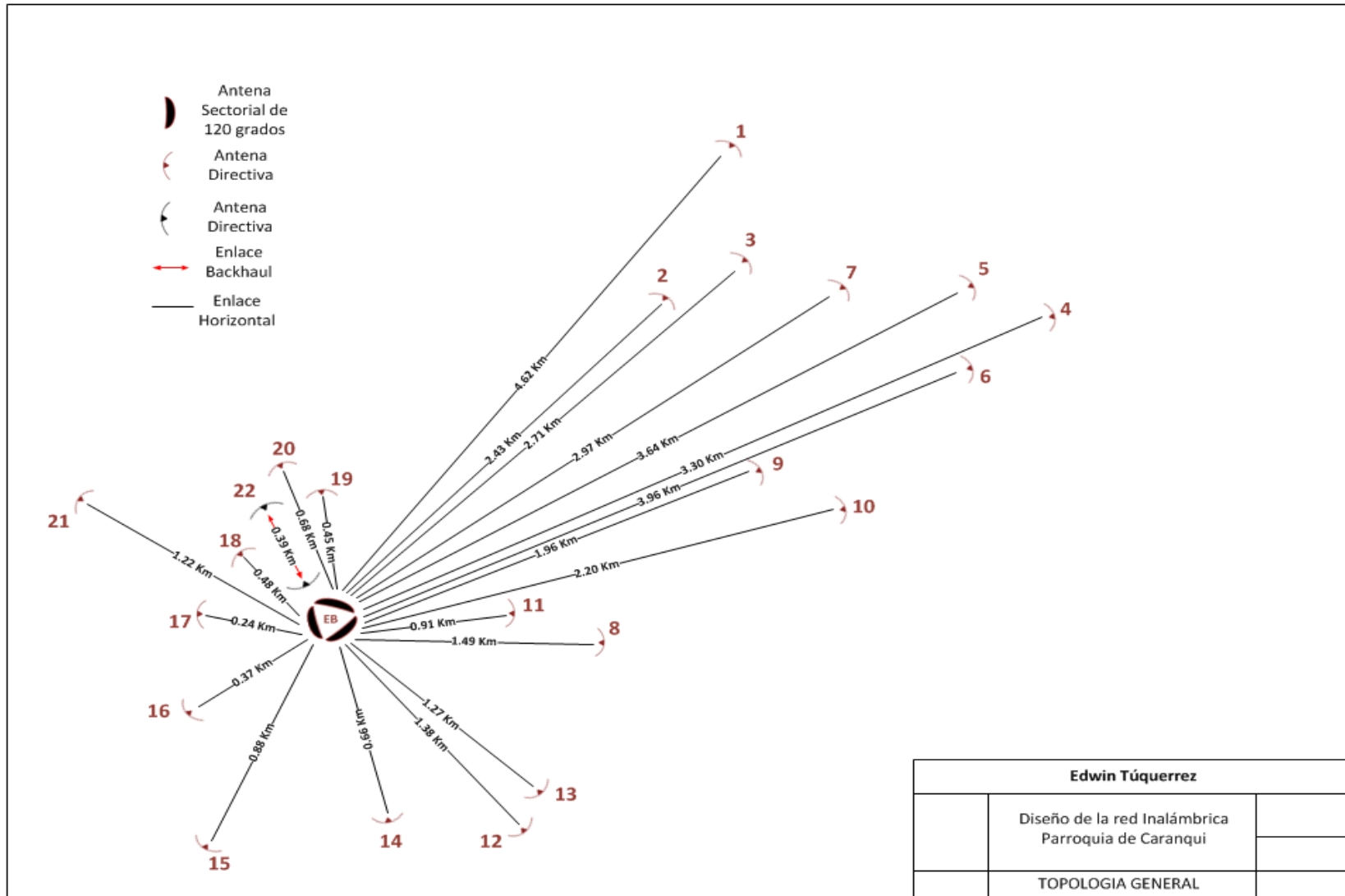


Figura 65: Topología General
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez

Tabla 30: Datos es de los centros de informática.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez basado en los datos del diseño general.

	Laboratorios informáticos	Posición Geográfica	Distancia hacia la EB	V.T. simétrico
1	Juan de dios Navas -Naranjito	W longitud 78° 8' 17.77" N Latitud 0° 17' 7.39"	4.62 Km	5,824 Kbps
2	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	W longitud 78° 7' 48.55" N Latitud 0° 18' 12.61"	2.43 Km	2,496 Kbps
3	Manzanal	W longitud 78° 8' 12.43" N Latitud 0° 18' 12.61"	2.71 Km	1,728 kbps
4	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	W longitud 78° 8' 58.46" N Latitud 0° 18' 29.83"	3.30 Km	2,496 Kbps
5	Catzoloma	W longitud 78° 8' 58.04" N Latitud 0° 18' 11.47"	3.64 Km	1,728 kbps
6	San Francisco de Chorlavisito	W longitud 78° 9' 11.30" N Latitud 0° 18' 35.53"	3.96 Km	1,728 kbps
7	19 de Enero	W longitud 78° 8' 29.60" N Latitud 0° 18' 13.99"	2.97 Km	1,728 kbps
8	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	W longitud 78° 8' 13.75" N Latitud 0° 19' 10.15"	1.49 Km	3,776 Kbps
9	Chamanal	W longitud 78° 8' 16.09" N Latitud 0° 18' 48.31"	1.92 Km	1,728 kbps
10	20 de octubre	W longitud 78° 8' 31.52" N Latitud 0° 18' 54.37"	2.20 Km	1,728 kbps
11	Guayaquil de Caranqui	W longitud 78° 7' 49.75" N Latitud 0° 19' 7.99"	0.91 Km	1,728 kbps
12	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	W longitud 78° 8' 13.39" N Latitud 0° 19' 36.97"	1.38 Km	3,520 Kbps
13	El Naranjal	W longitud 78° 8' 10.57" N Latitud 0° 19' 31.45"	1.27 Km	1,728 kbps
14	Yuyucocha	W longitud 78° 7' 45.67" N Latitud 0° 19' 42.91"	0.66 Km	1,728 kbps
15	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	W longitud 78° 7' 18.19" N Latitud 0° 19' 55.45"	0.88 Km	1,728 kbps

16	Colegio Atahualpa – La Candelaria	W longitud 78° 7' 17.83" N Latitud 0° 19' 32.47"	0.37 Km	4,288 Kbps
17	José Nicolás Vacas	W longitud 78° 7' 23" N Latitud 0° 19' 24,85"	0.24 Km	1,728 Kbps
18	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	W longitud 78° 7' 15.61" N Latitud 0° 19' 21.55"	0.48 Km	1,728 kbps
19	Juan Miguel Suarez	W longitud 78° 7' 26.95" N Latitud 0° 19' 14.59"	0.45 Km	2,880 Kbps
20	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	W longitud 78° 7' 23.83" N Latitud 0° 19' 7.87"	0.68 Km	4,544 Kbps
21	Santa Lucia del Retorno	W longitud 78° 6' 58.99" N Latitud 0° 19' 3.97"	1.22 Km	1,728 kbps
22	Central	W longitud 78° 7' 25.63" N Latitud 0° 19' 16.93"	0.39 Km	21,606 kbps

4.2.2.2 Definición de características de equipos para conectividad WIMAX.

Para la selección de dispositivos de comunicación para todo el diseño se clasifica en tres equipos importantes para la respectiva selección:

- Estación Base.
- Estaciones de Clientes.
- Estaciones para enlaces Backhaul.

Para la simulación de los radioenlaces del proyecto es necesario trabajar con un equipo ya seleccionado debido a que es necesario los datos técnicos del dispositivo para el software de simulación.

La selección de los equipos toma en cuenta marcas reconocidas en el mercado como son Alvarion, Alentia System y Airspan, además se presenta los requisitos necesarios para el diseño y se realiza una selección mediante tablas de comparación.

4.2.2.2.1 Requerimientos y selección de Estación Base.

- 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
- 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° de cobertura.

Tabla 31: Selección del dispositivo para la Estación Base

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en las hojas de datos técnicos de cada uno de los dispositivos.

Requisito	Alvarion (BreezeACCESS VL)	Albentia (ARBA Pro)	Airspan (MicroMaxd Base Station)
Soporta IEEE 802.16d	SI	SI	SI
Bandas 5.725 – 5,850 GHz	SI	SI	SI
Potencia >= 1 W (30 dBm)	SI	SI	SI
Ancho de banda del canal 20 MHz	SI	SI	NO
Duplexación TDD , FDD	SI	SI	SI
Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM)	SI	SI	SI
Velocidad de Transferencia de 21 Mbps	SI	SI	SI
Cobertura de mínimo 4,62 Km de recepción	si	si	si
Antena Sectorial de 120° o conector N para antena externa	SI	SI	NO
Permite escalabilidad al añadir nuevos usuarios	SI	SI	SI
Permite escalabilidad para diferentes marcas	NO	SI	NO
Precio	2.930	4.166	3.500

Según la Tabla 31 la marca que cumple con los requisitos solicitados en el diseño es la línea Albentia (ARBA Pro) y para la simulación se utilizará el modelo PRO-BS-1150.

Se utilizará 3 equipos iguales para la cobertura de toda la parroquia debido a que utilizando equipos de la misma marca favorece la administración de la red y su mantenimiento.



Figura 66: Estación Base Albenia PRO-BS-1150.
Fuente: Hoja de datos técnicos Albenia Modelo PRO-SU-1150

4.2.2.2 Requerimientos para selección de Estaciones 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 directiva.
- Puede trabajar con otras marcas en la Estación Base.

Tabla 32: Selección de dispositivo para estación cliente.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en las hojas de datos técnicos de cada uno de los dispositivos.

Requisito	Alvarion (BreezeACCESS VL Subscriber Unit)	Albentia (ARBA Pro)	Airspan (Outdoor CPE ProST)
Soporta IEEE 802.16d	SI	SI	SI
Bandas 5.725 – 5,850 GHz	SI	SI	SI
Potencia >= 1 W (30 dBm)	SI	SI	SI
Ancho de banda del canal 20 MHz	SI	SI	NO
Duplexación TDD , FDD	SI	SI	SI
Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM)	SI	SI	SI
Velocidad de Transferencia de 5 Mbps simétrico	SI	SI	SI
Cobertura de mínimo 4,62 Km de recepción	Si	Si	Si
Antena Sectorial directiva incluida o conector N para una antena exterior	SI	SI	NO
Puede trabajar con otras marcas de antenas en Estación Base.	NO	SI	NO
Precio	601.48	896.99	215

Para las estaciones de los clientes según la Tabla 32 se utilizará la marca Albentia debido a que cumple con todo los requisitos del diseño, el modelo que se utilizará es PRO-SU-1150.

Se utilizará para la simulación el mismo modelo para todos los clientes para hacer eficiente la administración y mantenimiento.



Figura 67: Unidad suscriptor Albentia PRO-SU-1150
Fuente: Hoja de datos técnicos Albentia Modelo PRO-SU-1150

4.2.2.2.3 Requerimientos y selección de enlace punto a punto.

- 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 y 10Mhz
- Duplexación TDD , FDD
- Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM)
- Permitir una velocidad de trasferencia de hasta 21 Mbps simétrico
- Puede incluir una antena o proporcionar un conector N para sumar antena directiva.

Tabla 33: Selección de dispositivo para enlace punto a punto

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en las hojas de datos técnicos de cada uno de los dispositivos.

Requisitos	Alvarion (BreezeACCESS VL)	Albentia (ARBA Pro)	Airspan (MicroMaxd Base Station)
Soporta IEEE 802.16d	SI	SI	SI
Bandas 5.725 – 5,850 GHz	SI	SI	SI
Potencia >= 1 W (30 dBm)	SI	SI	SI
Ancho de banda del canal 20 MHz y 10 MHz	SI	SI	NO
Duplexación TDD , FDD	SI	SI	SI
Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM)	SI	SI	SI
Velocidad de Transferencia de 21 Mbps	SI	SI	SI
Incluye una antena directiva o proporciona un conector N para una antena externa	NO	SI	NO
Precio	2.930	4.166	3.500

Según la Tabla 33 la marca que cumple con los requisitos solicitados en el diseño es la línea Albentia (ARBA Pro) y para la simulación se utilizará el modelo PRO-BS-1150 en la estación base para trabajar en modo Master y el modelo es PRO-SU-1150 en modo cliente, para la conectividad punto a punto es necesario añadir una antena directiva.

Requisitos para antena directiva

- Trabaja en las bandas libre 5.725 – 5,850 GHz
- Soporta polarización vertical y horizontal
- Puede trabajar en distancias mínimas de 0.39 Km

Tabla 34: Selección de antena direccional para enlace punto a punto

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en las hojas de datos técnicos de cada uno de los dispositivos.

Requisitos	Netkrom Wideband Parabolic Grid Antena	Ubiquiti Rocket Dish Airmax
Trabaja en las bandas 5.725 – 5.850 GHz	SI	SI
Soporta polarización vertical y horizontal	SI	SI
Puede trabajar en distancias mínimas de 0.39 Km	NO	SI
Precio	102	149,99

Para el punto de acceso y la estación cliente en el enlace punto a punto se utilizará la antena modelo Ubiquiti Rocket Dish Airmax modelo RD-5G-34.

**Figura 68:** Antena direccional Dish Airmax RD-5G-34

Fuente: Recuperado de <http://www.tecnosmart.com.ec/v2/antena-sectorial-ubiquiti-rocket-dish-5-8ghz-30dbi-airmax-2x2-ntp-rd-5g30-1.html>

4.2.2.3 Simulación de Radioenlaces

La simulación de sistemas de radioenlace se utiliza para verificar si es óptimo o no implementar un sistema inalámbrico con equipos y condiciones que establece el lugar de trabajo, según los resultados que nos brinde las simulaciones se puede aprobar o no la instalación del sistema.

Para la simulación utilizaremos el software Radio Mobile que utiliza mapas topográficos de la zona donde se montará el sistema inalámbrico, además brinda datos que pueden ser interpretados para los objetivos de este proyecto.

Los datos necesarios para la simulación son los que nos proporcionan los equipos a utilizar y además los datos del medio y las posiciones geográficas de cada punto.

Los enlaces Punto Multipunto están definidos mediante el modelo de los siguientes equipos seleccionados:

Datos

Punto de Acceso: PRO-BS-1150

- Potencia de Trasmisión: 29 dBm
- Sensibilidad del receptor: -74 dBm
- Perdida de los conectores: Ninguna debido a que tiene integrada la antena
- Tipo de antena integrada: Sectorial de 120°
- Frecuencia: 5.15 – 5.85 GHz
- Ganancia de la Antena: 23 dBi
- Altura de la antena: 36 metros

Puntos de clientes: PRO-SU-1150

- Potencia de Trasmisión: 26 dBm
- Sensibilidad del receptor: -74 dBm
- Perdida de los conectores: Ninguna debido a que tiene integrada la antena
- Tipo de antena: Directiva

- Frecuencia: 5.15 – 5.85 GHz
- Ganancia de la Antena: 23 dBi
- Altura de la antena: 6 metros

4.2.2.3.1 Simulación de Zonas de Fresnel por cada enlace punto multipunto.

La figura muestra la posición de todas las estaciones cliente con dirección a la estación base para la simulación que mostrará si hay o no línea de vista y la primera zona de fresnel.

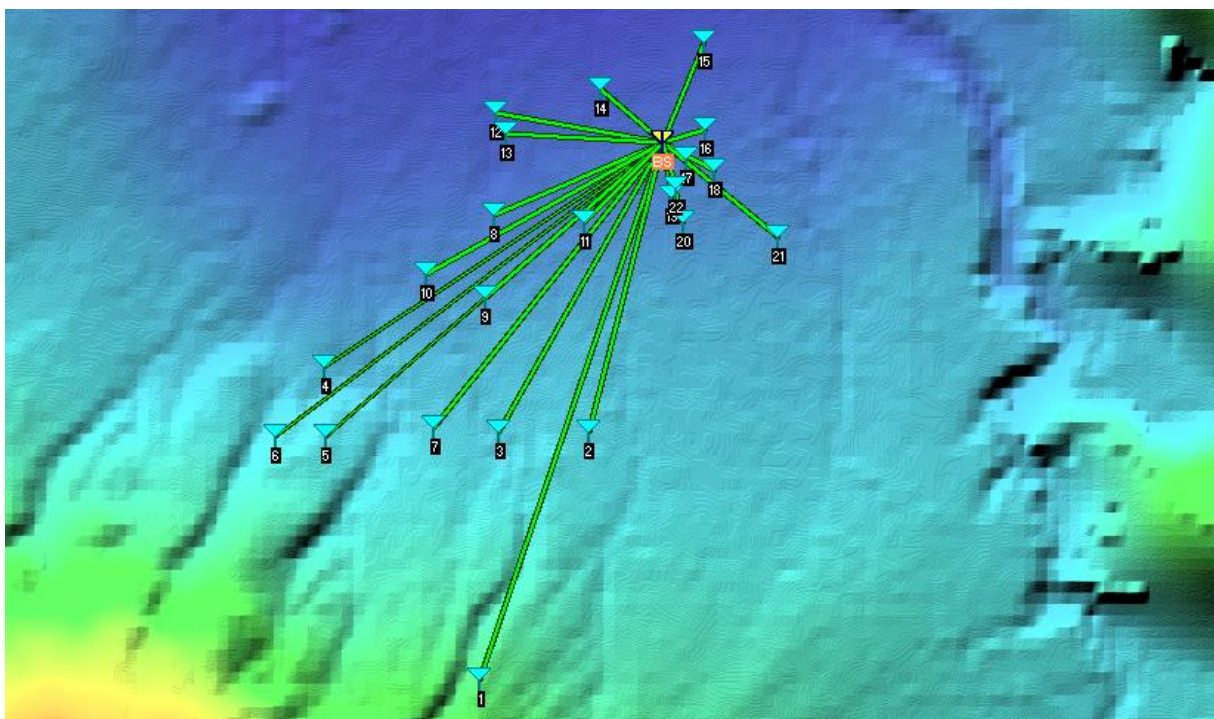


Figura 69: Posición geográfica de estaciones Cliente con dirección a la EB.
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del simulador Radio Mobile.

Los resultados de cada estación cliente se encuentran en el ANEXO C, la simulación que se toma de ejemplo es con el primera estación cliente que va desde la unidad educativa Juan de dios Navas –Naranjito hasta la estación base como se muestra en la Figura 70.

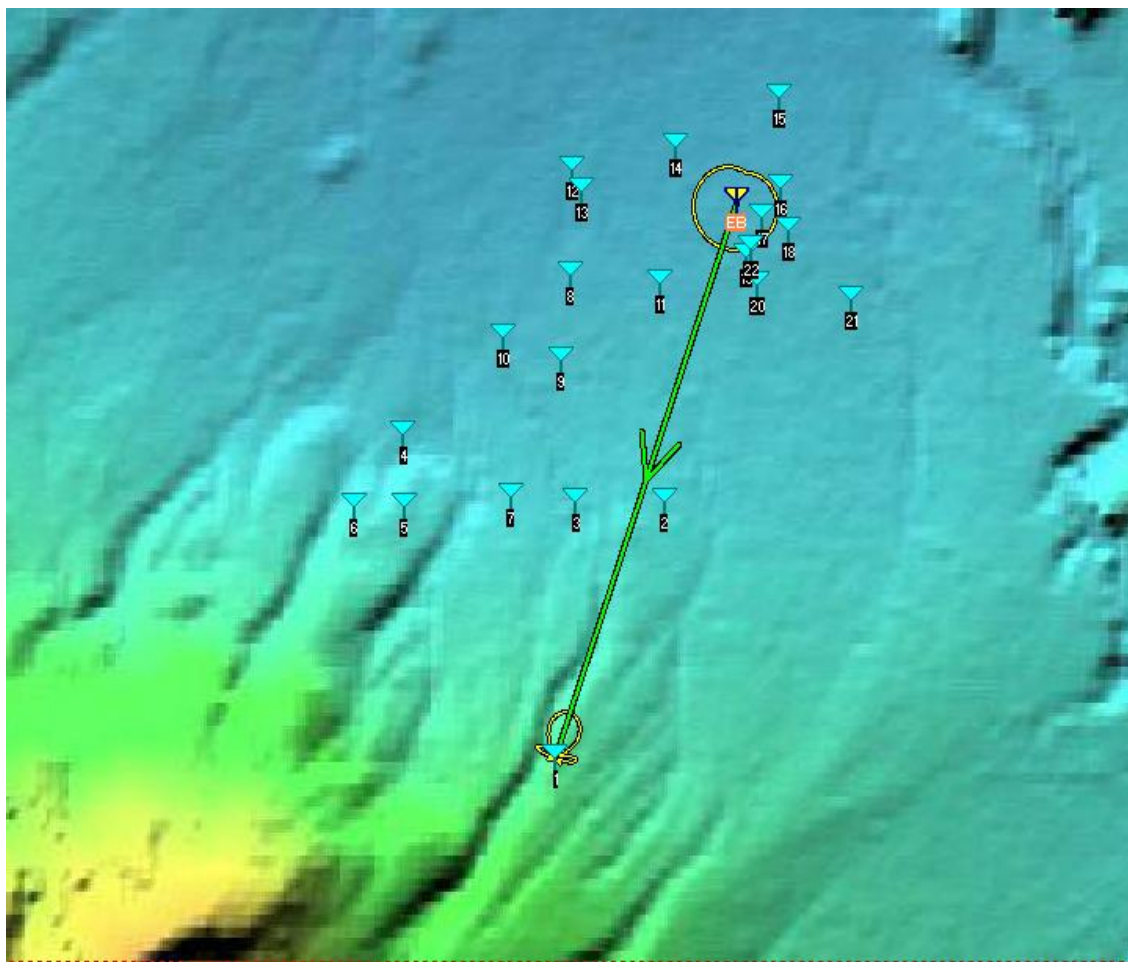


Figura 70: Simulación entre estación cliente Juan de Dios Navas y la estación base
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del simulador Radio Mobile.

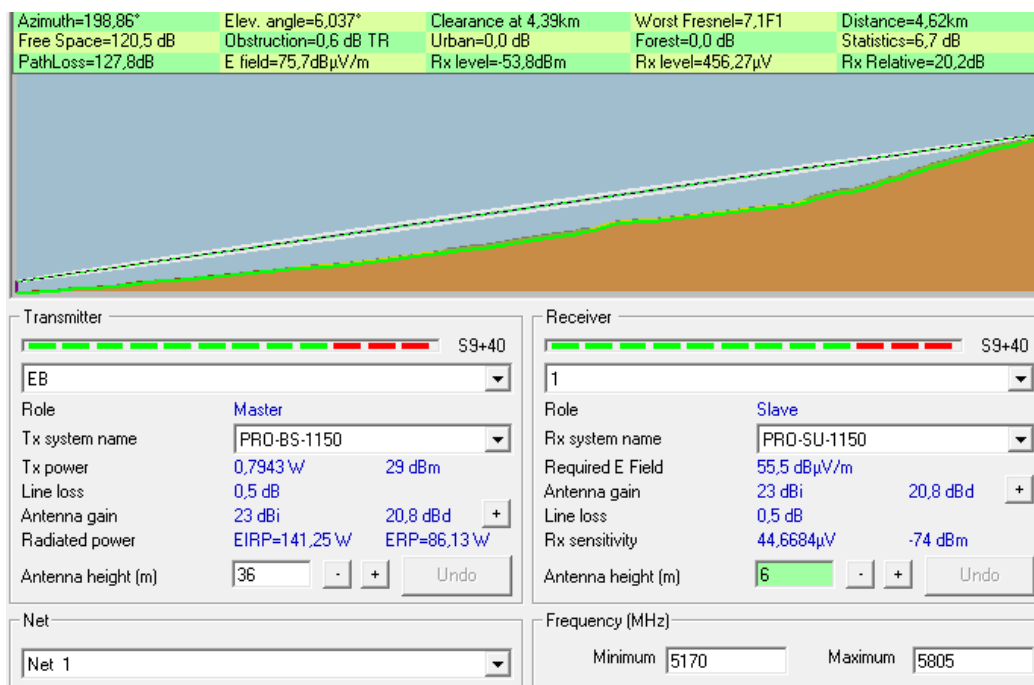


Figura 71: Resultados de la simulación entre estación cliente Juan de Dios Navas y la estación base
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del simulador Radio Mobile.

Para una representación visual del enlace y sus zonas de fresnel se pueden verificar mediante una simulación en los mapas de google earth como se muestra en la Figura 72.

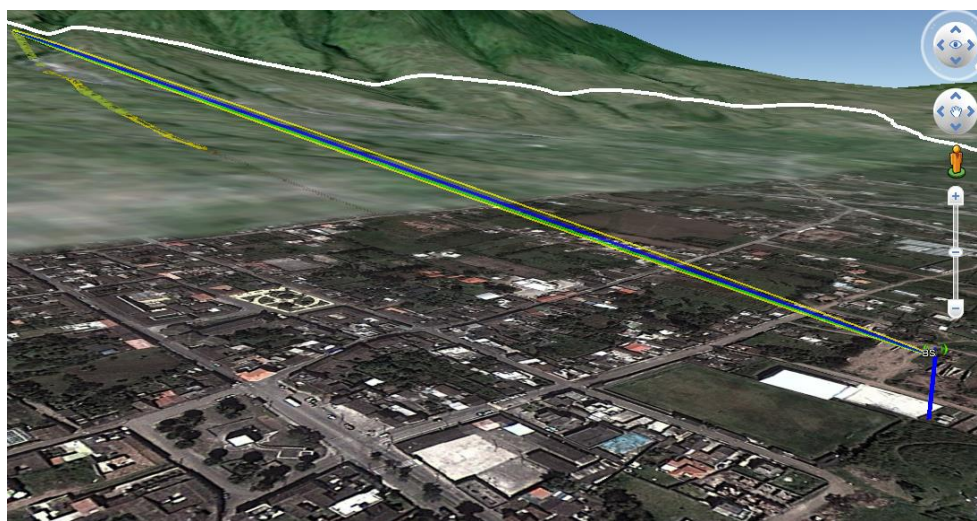


Figura 72: Enlace simulado en mapas de google earth
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del simulador Radio Mobile.

4.2.2.3.2 Resultados de las simulaciones en los enlaces punto multipunto

Para verificar si este enlace es optimo es necesario interpretar los resultados que nos brinda el simulador. Los resultados que son requeridos son:

1. Worst Fresnel = 7,1F1
2. Rx level = -53.8 dBm
3. Antenna height (m) = 6
4. Rx Relative = 20.2 dB

El primer resultado muestra un valor de 7,1 F1 que interpreta la peor zona de fresnel, este valor debe ser siempre positivo mientras mayor es el valor mejor line de vista tiene nuestro radioenlace y su peor zona de fresnel es aceptable.

El segundo resultado presenta un valor de -53.8 dBm que es el nivel de recepción del sistema, este valor debe ser mínimo de la sensibilidad del radio receptor que en este caso es de -74 dBm.

La altura de la antena hace dependiente a los resultados obtenidos, debemos considerar una altura mínima que pueden ser instaladas las antenas de las estaciones clientes y se tomó como referencia 6 metros para todos los puntos debido a la altura máxima de un tubo galvanizado que ya está establecido en la propuesta.

El cuarto resultado con un valor de 20.2 dB es la recepción relativa de todo el sistema y debe ser siempre positivo y depende de todos los resultados de la simulación si este resultado tiene resultados negativos el sistema no es estable y se resalta en rojo.

Con las simulaciones y resultados obtenidos en el ANEXO C se comprueba que son estables los siguientes resultados presentados de acuerdo a la Tabla 35.

Tabla 35: Resultados de simulaciones de cada radioenlace punto multipunto.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez tomado de los resultados obtenidos en el ANEXO C.

AP	Cliente	Distancia	Primera Zona de Fresnel	Nivel de Recepción /sensibilidad del equipo receptor - 74 dBm	Altura mínima de la torre en el cliente	Recepción relativa de todo el sistema	Resultado de la simulación óptimo/no óptimo
1	EB Juan de dios Navas –Naranjito	4.62 Km	7,1 F1	-53.8 dBm	6 metros	20.2 dB	óptimo
2	EB Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	2.43 km	4.8 F1	-48.9 dBm	6 metros	25.1 dB	óptimo
3	EB Manzanal	2.71 Km	0.7 F1	-54.1 dBm	8 metros	19.9 dB	óptimo
4	EB Turupamba – San Francisco de Chorlavi	3.30 km	4.1 F1	-50.9 dBm	6 metros	23.1 dB	óptimo
5	EB Catzoloma	3.64 km	9.2 F1	-58.2 dBm	6 metros	15.8 dB	óptimo
6	EB San Francisco de Chorlavisito	3.96 Km	6.9 F1	-51.3 dBm	6 metros	22.7 dB	óptimo
7	EB 19 de Enero	2.97 Km	6.2 F1	-51.4 dBm	6 metros	22.6 dB	óptimo
8	EB Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	1.49 Km	3.2 F1	-44.4 dBm	6 metros	29.6 dB	óptimo
9	EB Chamanal	1.92 Km	3.0 F1	-45.0 dBm	6 metros	29.0 dB	óptimo
10	EB 20 de octubre	2.20 Km	3.2 F1	-47.3 dBm	6 metros	26.7 dB	óptimo
11	EB Guayaquil de Caranqui	0.91 Km	3.2 F1	-39.2 dBm	6 metros	34.8 dB	óptimo
12	EB Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	1.38 Km	2.2 F1	-47.4 dBm	6 metros	26.6 dB	óptimo
13	EB El Naranjal	1.27 Km	3.8 F1	-44.7 dBm	6 metros	29.3 dB	óptimo
14	EB Yuyucocha	0.66 Km	5.3 F1	-40.4 dBm	6 metros	33.6 dB	óptimo
15	EB Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	0.88 Km	4.8 F1	-45.5 dBm	6 metros	28.5 dB	óptimo
16	EB Colegio Atahualpa – La Candelaria	0.37 Km	6.7 F1	-39.9 dBm	6 metros	34.1 dB	óptimo
17	EB José Nicolás Vacas	0.24 km	8.6 F1	-28.2 dBm	6 metros	45.8 dB	óptimo
18	EB Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	0.48 Km	6.7 F1	-37.7 dBm	6 metros	36.3dB	óptimo
19	EB Juan Miguel Suarez	0.45 km	6.3 F1	-33.9 dBm	6 metros	40.1 dB	óptimo
20	EB Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	0.68 Km	5.0 F1	-39.8 dBm	6 metros	34.2 dB	óptimo
21	EB Santa Lucia del Retorno	1.22 Km	3.8 F1	-47.9 dBm	6 metros	26.1dB	óptimo

4.2.2.3.3 Cálculo del presupuesto de potencia en cada enlace punto multipunto.

Para el cálculo matemático de cada presupuesto de potencia por cada enlace se tomará el ejemplo anterior simulado que va desde la estación base hasta la estación cliente Juan de Dios Navas –Naranjito.

Cálculo FSL

Datos:

- F = 5 Ghz
- D= 4,62 Km

Resolución:

$$\begin{aligned} \text{FSL (dB)} &= 92,4 + 20\text{Log} (5) + 20 \log (4,62) \\ \text{FSL (dB)} &= 92,4 + 13.97+13.29 \\ \text{FSL} &= 119.66 \text{ dB} \end{aligned}$$

Resumen de los datos:

- Radio Tx: 29 dBm
- Power cord: 0dB
- Antena Tx: 23 dBi
- FSL: 119.66 dB
- Antena Rx: 23 dBi
- Power cord: 0 dB
- Sensibilidad mínima del receptor: -74 dBm



Figura 73: Esquema general del cálculo del presupuesto de potencia del enlace entre estación base y estación cliente Juna de Dios Navas

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del cálculo del presupuesto del enlace.

Presupuesto de potencia enlace 1 (Juan de dios Navas –Naranjito) y BS

29 dBm (TX Potencia del AP Principal)

+ 23 dBi (Ganancia de Antena AP Principal)

- 0 dB (Pérdida en el Cable AP Principal)

+ 23 dBi (Ganancia de la Antena)

- 0 dB (Pérdida en el Cable)

75 dB Ganancia Total

-119.66 dB (Pérdida en el espacio libre a 4,62 km)

- 44.66 dBm (nivel de señal recibida)

-- 74 dBm (sensibilidad del receptor)

29.34 dB (margen del enlace)

4.2.2.3.4 Resultados del cálculo del presupuesto en los enlaces punto multipunto.

Los resultados que muestra en el método matemático aportan tres datos para calificar al radioenlace como óptimo o no. Estos son:

1. Pérdida en el trayecto FSL = 119.66 dB
2. Nivel de señal recibida = -44.66 dBm
3. Margen del enlace = 29.345 dB

El primero muestra la pérdida en el trayecto que aporta para la resolución de los demás datos, este depende de la distancia y la frecuencia en la que trabaja, el segundo muestra el nivel de señal recibida que es de -44.66 dBm y es menor a la sensibilidad del equipo receptor que está en -74 dBm lo que hace óptimo este resultado y por último el margen del enlace que es el resultado de todo el sistema y siempre debe ser positivo y mientras mayor es el valor mayor eficiencia aportará el radioenlace.

Los resultados se muestran en la tabla 36 y se aplicó el mismo modelo a todos los enlaces de acuerdo al ejemplo anterior.

Tabla 36: Resultados del método matemático para los enlaces punto multipunto.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez tomado de los resultados obtenidos en el ANEXO C.

	AP	Cliente	Distancia	Perdida en el trayecto FSL	Nivel de señal recibida/ sensibilidad del receptor -74 dBm	Margen del enlace	Resultado del cálculo de presupuesto óptimo/no óptimo
1	EB	Juan de Dios Navas –Naranjito	4.62 Km	119.66 dB	-44.66 dBm	29.34 dB	óptimo
2	EB	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	2.43 km	114.08 dB	-39.08 dBm	34.91 dB	óptimo
3	EB	Manzanal	2.71 Km	115.02 dB	-40.02 dBm	33.97 dB	óptimo
4	EB	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	3.30 km	116.74 dB	-41.74 dBm	32.25 dB	óptimo
5	EB	Catzoloma	3.64 km	117.59 dB	-42.59 dBm	31.40 dB	óptimo
6	EB	San Francisco de Chorlavisito	3.96 Km	118.32 dB	-43.32 dBm	30.67 dB	óptimo
7	EB	19 de Enero	2.97 Km	115.82 dB	-40.82 dBm	33.17 dB	óptimo
8	EB	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	1.49 Km	109.83 dB	-34.83 dBm	39.16 dB	óptimo
9	EB	Chamanal	1.92 Km	112.03 dB	-37.03 dBm	36.96 dB	óptimo
10	EB	20 de octubre	2.20 Km	113.21 dB	-38.21 dBm	35.78 dB	óptimo
11	EB	Guayaquil de Caranqui	0.91 Km	105.55 dB	-30.55 dBm	43.44 dB	óptimo
12	EB	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	1.38 Km	109.16 dB	-34.16 dBm	39.83 dB	óptimo
13	EB	El Naranjal	1.27 Km	108.44 dB	-33.44 dBm	40.55 dB	óptimo
14	EB	Yuyucocha	0.66 Km	102.76 dB	-27.76 dBm	46.23 dB	óptimo
15	EB	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	0.88 Km	105.25 dB	-30.25 dBm	43.74 dB	óptimo
16	EB	Colegio Atahualpa – La Candelaria	0.37 Km	97.73 dB	-22.73 dBm	51.26 dB	óptimo
17	EB	José Nicolás Vacas	0.24 km	93.97 dB	-18.97 dBm	55.02 dB	óptimo
18	EB	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	0.48 Km	99.99 dB	-24.99 dBm	49 dB	óptimo
19	EB	Juan Miguel Suarez	0.45 km	99.43 dB	-24.43 dBm	49.56 dB	óptimo
20	EB	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	0.68 Km	103.02 dB	-28.02 dBm	45.97 dB	óptimo
21	EB	Santa Lucía del Retorno	1.22 Km	108.09 dB	-33.09 dBm	40.90 dB	óptimo

4.2.2.3.5 Simulación y cálculo del presupuesto del enlace Backhaul.

El enlace Backhaul es el sistema inalámbrico que conecta la Estación Base con la estación cliente 22 que se encuentra en la junta parroquial del barrio central, el proyecto plantea que en este sitio se instale los equipos para los servicios que se brindará a toda la red, además que la salida al internet del proveedor ISP tenga su última milla en este sitio.

Datos:

Radio en modo Master: PRO-BS-1150 + Ubiquiti Rocket Dish Airmax (RD-5G-34).

- Potencia de Trasmisión: 29 dBm
- Sensibilidad del receptor: -74 dBm
- Perdida de los conectores: 2 dBm
- Tipo de antena integrada: Directiva RD-5G-34
- Frecuencia: 5.1 – 5.8 GHz
- Ganancia de la Antena: 34 dBi
- Altura de la antena: 6 metros

Radio en modo Cliente: PRO-SU-1150 + Ubiquiti Rocket Dish Airmax (RD-5G-34).

- Potencia de Trasmisión: 26 dBm
- Sensibilidad del receptor: -74 dBm
- Perdida de los conectores: 2dBm
- Tipo de antena: Directiva RD-5G-34
- Frecuencia: 5.1 – 5.8 GHz
- Ganancia de la Antena: 34 dBi
- Altura de la antena: 36 metros

Simulación mediante Radio Mobile.

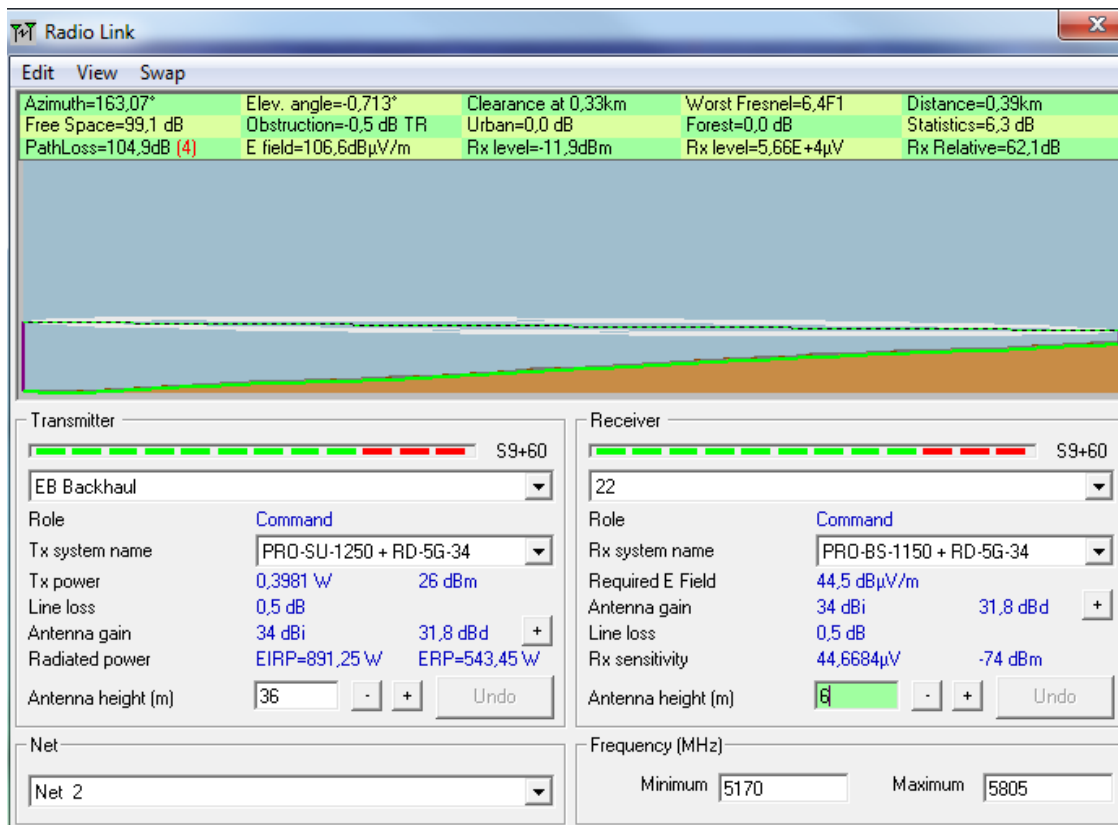


Figura 74: Simulación enlace Backhaul.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del simulador Radio Mobile.

Con las consideraciones anteriores los resultados de la tabla 37 muestran un enlace óptimo para el sistema Backhaul.

Tabla 37: Resultados simulación enlace Backhaul.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez tomado de los resultados obtenidos en la simulación de Radio Mobile.

AP	Cliente	Distancia	Primera Zona de Fresnel	Nivel de Recepción /sensibilidad del equipo receptor -74 dBm	Altura mínima de la torre en el cliente	Recepción relativa de todo el sistema	Resultado de la simulación óptimo/no óptimo
EB Backhaul	EB	0.39 Km	6.4 F1	-11.9 dBm	36 metros	62.1 dB	óptimo

La simulación muestra de forma grafica el enlace en los mapas de google earth como se muestra en la Figura 75.

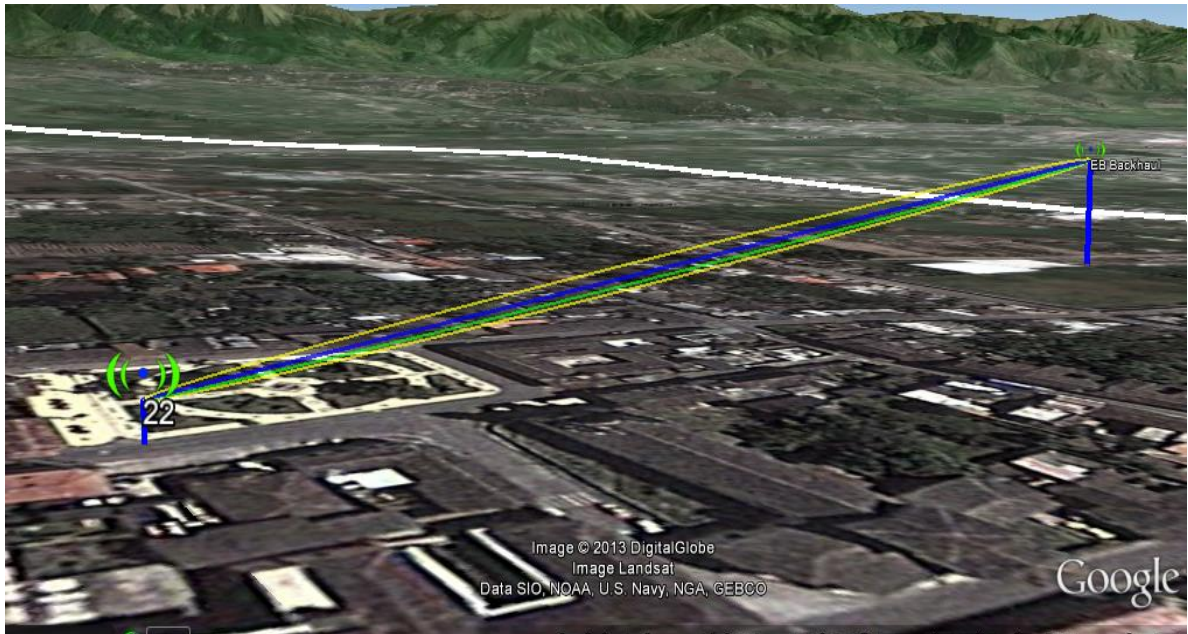


Figura 75: Simulación enlace Backhaul mapas de google earth.
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del simulador Radio Mobile.

Cálculo de presupuesto del enlace Backhaul.

Cálculo FSL

Datos:

- $F = 5 \text{ Ghz}$
- $D = 0.39 \text{ Km}$

Resolución:

$$\text{FSL (dB)} = 92,4 + 20\text{Log} (5) + 20 \log (0.39)$$

$$\text{FSL (dB)} = 92,4 + 13.97 + 13.29$$

$$\text{FSL} = 98.2 \text{ dB}$$

Resumen de los datos:

- Radio Tx: 29 dBm
- Power cord: 2dB
- Antena Tx: 34 dBi
- FSL: 98.2 dB
- Antena Rx: 34 dBi
- Power cord: 2 dB
- Sensibilidad mínima del receptor: -74 dBm

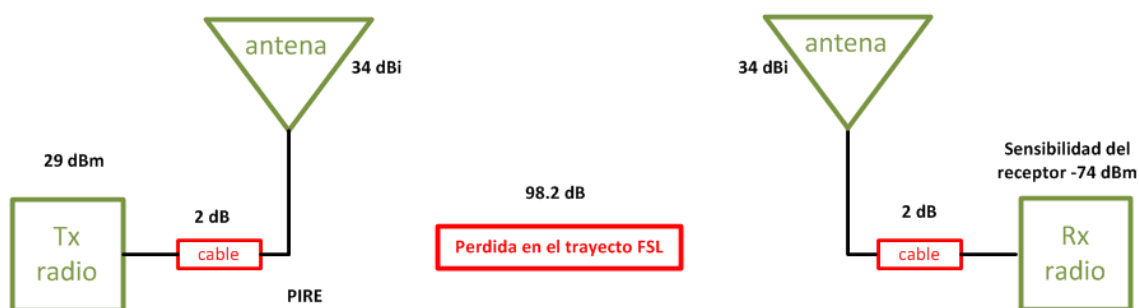


Figura 76: Esquema general del cálculo del presupuesto de potencia del enlace Backhaul.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del cálculo del presupuesto del enlace.

Presupuesto de potencia del enlace Backhaul.

$$\begin{array}{r}
 29 \text{ dBm (TX Potencia del AP Principal)} \\
 + 34 \text{ dBi (Ganancia de Antena AP Principal)} \\
 - 2 \text{ dB (Pérdida en el Cable AP Principal)} \\
 + 34 \text{ dBi (Ganancia de la Antena)} \\
 - 2 \text{ dB (Pérdida en el Cable)} \\
 \hline
 \mathbf{101 \text{ dB Ganancia Total}} \\
 -98.2 \text{ dB (Pérdida en el espacio libre a 0.39 km)} \\
 \hline
 \mathbf{2.8 \text{ dBm (nivel de señal recibida esperado)}} \\
 - 74 \text{ dBm (sensibilidad)} \\
 \hline
 \mathbf{76.8 \text{ dB (margen del enlace)}}
 \end{array}$$

Con el modelo matemático los resultados descritos en la tabla 38 establecen que el enlace es óptimo para trabajar como Backhaul de toda la red.

Tabla 38: Resultados presupuesto del enlace backhaul.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez tomado de los resultados obtenidos en las simulaciones de radio mobile.

	AP	Cliente	Distancia	Perdida en el trayecto FSL	Nivel de señal recibida/ sensibilidad del receptor -74 dBm	Margen del enlace	Resultado del cálculo de presupuesto optimo/no optimo
1	EB Bakhaul	EB	0.39 Km	-98.2 dB	2.8 dBm	76.8 dB	óptimo

4.2.3 Activo

4.2.3.1 Jerarquización de la red

La propuesta establece una red jerárquica donde se integre una red confiable y de crecimiento, además de visualizar en forma modular todos los equipos de comunicaciones.

Para esto se describe las siguientes capas según este modelo:

- Acceso
- Distribución
- Núcleo

La adaptación del modelo jerárquico en nuestro proyecto establece la división de los equipos de redes en cada capa, según la necesidad de distribución y enrutamiento de la información.

4.2.3.1.1 Acceso

En esta capa se encuentran los host finales además de los teléfonos IP y un punto de acceso inalámbrico como se considera en los centros de informática ya descritos, con estos requisitos se estable los siguientes equipos para este capa.

Switch capa 2

Requisitos Técnicos

- Conexión mínima de 16 puertos Ethernet
- Modo de trabajo: cortar y enviar (Cut-Through)
- Los fabricantes deben ser marcas reconocidas en el mercado
- Velocidad mínima en cada puerto de 10/100 Mbps
- Soporta administración mediante una IP fija

Punto de Acceso Inalámbrico

Requisitos Técnicos

- Debe soportar modo inalámbrico puente
- Soporte de administración mediante IP Fija
- Marcas reconocidas en el mercado
- Cobertura mínima de un centro de informática
- Soporta tecnología 802.11 a/b/g/n

4.2.3.1.2 Distribución

En esta capa se encuentran equipos de conectividad a las estaciones cliente, los dispositivos de comunicación inalámbrica esta destinados a esta capa y son configurados como puentes y routers según su función como se muestra en la Tabla 39, además se añade un Switch de distribución para la conectividad entre ellos.

Tabla 39: Configuración de los dispositivos inalámbricos.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en parámetros del diseño de red.

Dispositivo	Modo de trabajo en la red
PRO-BS-1150	Puente
PRO-SU-1150	Router

Requisitos Técnicos del Switch de distribución

- Conexión mínima de 8 puertos Ethernet
- Modo de trabajo: cortar y enviar (Cut-Through)
- Los fabricantes deben ser marcas reconocidas en el mercado
- Velocidad mínima en cada puerto de 10/100/1000 Mbps
- Soporta administración mediante una IP fija

4.2.3.1.3 Núcleo

La capa contiene el enlace Backhaul, el firewall, servidores y el acceso al internet de toda la red, el servicio para el cliente 22 que es el barrio central se encuentra en esta capa debido a que en este sitio se albergará los servidores y la salida al internet, por lo tanto se realizará la conexión de los host finales directamente.

Para el enlace Backhaul los equipos deben trabajar como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40: Modo de trabajo de los equipos del enlace Backhaul

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en parámetros del diseño de red.

Dispositivo	Modo de trabajo en la red
PRO-BS-1150 + Ubiquiti Rocket Dish Airmax (RD-5G-34).	Puente
PRO-SU-1150 + Ubiquiti Rocket Dish Airmax (RD-5G-34).	Puente

Para el switcho de distribución se debe considerar las siguientes características:

Requisitos Técnicos del Switch de distribución

- Conexión mínima de 8 puertos Ethernet
- Modo de trabajo: cortar y enviar (Cut-Through)
- Los fabricantes deben ser marcas reconocidas en el mercado
- Velocidad mínima en cada puerto de 10/100/1000 Mbps
- Soporta administración mediante una IP fija

Con estas consideraciones la jerarquía de la red se presenta en la Figura 77.

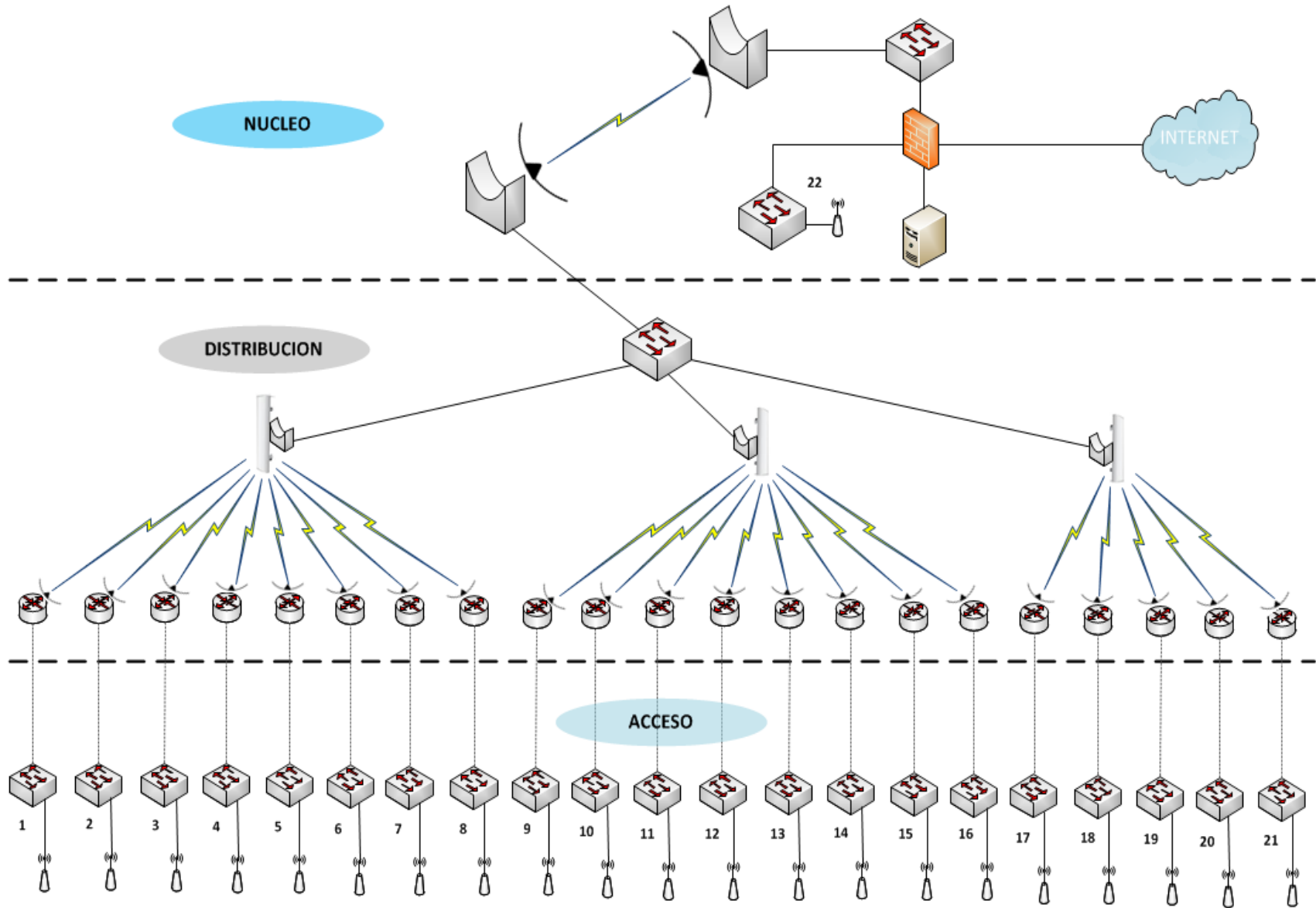


Figura 77: Jerarquía de la red de comunicación de la parroquia de Caranqui.
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir de las consideraciones del diseño.

4.2.3.2 Direccionamiento Lógico

El proyecto contempla 21 puntos de clientes para los centros de informática ya definidos de los cuales su distribución de host finales se encuentra en la sección 4.2.2.1.3 tabla 28.

Los servicios a ser implementados requieren un direccionamiento independiente de las demás subredes al igual que las IP fijas destinadas a la administración de los equipos de comunicación. Con estos antecedentes son necesarias las siguientes subredes para el direccionamiento lógico.

Tabla 41: Redes y número de host requeridas para el proyecto.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en parámetros del diseño de red.

	Redes	Número de Host
1	Administración	23
2	Servidores	4
3	Juan de dios Navas -Naranjito	38
4	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	12
5	Manzanal	6
6	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	12
7	Catzoloma	6
8	San Francisco de Chorlavisito	6
9	19 de Enero	6
10	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	22
11	Chamanal	6
12	20 de octubre	6
13	Guayaquil de Caranqui	6
14	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	20
15	El Naranjal	6
16	Yuyucocha	6
17	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	6
18	Colegio Atahualpa – La Candelaria	26
19	José Nicolás Vacas	4
20	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	6
21	Juan Miguel Suarez	15
22	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	28
23	Santa Lucia del Retorno	6
24	Central	6

Con los datos de la Tabla 41 se puede verificar que la red es pequeña y la demanda de direcciones IP lógicas no sobrepasa los 38 host en cada subred por lo cual se utilizará un rango de dirección IP privada clase C para la distribución y se contempla la escalabilidad de la red.

Datos:

Red Privada: 192.168.0.0

Clase: C (255.255.255.0)

Tipo de direccionamiento lógico: Direccionamiento sin VLSM⁵⁵ debido al crecimiento posterior que puede tener cada subred. Con las consideraciones anteriores se realiza el direccionamiento lógico como se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42: Direccionamiento Lógico General.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en parámetros del diseño de red.

#	Subred	Primer Host	Ultimo Host	Broadcast	Máscara
1	192.168.1.0	192.168.1.1	192.168.1.254	192.168.1.255	255.255.255.0
2	192.168.2.0	192.168.2.1	192.168.2.254	192.168.2.255	255.255.255.0
3	192.168.3.0	192.168.3.1	192.168.3.254	192.168.3.255	255.255.255.0
4	192.168.4.0	192.168.4.1	192.168.4.254	192.168.4.255	255.255.255.0
5	192.168.5.0	192.168.5.1	192.168.5.254	192.168.5.255	255.255.255.0
6	192.168.6.0	192.168.6.1	192.168.6.254	192.168.6.255	255.255.255.0
7	192.168.7.0	192.168.7.1	192.168.7.254	192.168.7.255	255.255.255.0
8	192.168.8.0	192.168.8.1	192.168.8.254	192.168.8.255	255.255.255.0
9	192.168.9.0	192.168.9.1	192.168.9.254	192.168.9.255	255.255.255.0
10	192.168.10.0	192.168.10.1	192.168.10.254	192.168.10.255	255.255.255.0
11	192.168.11.0	192.168.11.1	192.168.11.254	192.168.11.255	255.255.255.0
12	192.168.12.0	192.168.12.1	192.168.12.254	192.168.12.255	255.255.255.0

⁵⁵ VLSM: Variable Length Subnet Mask (Máscara de subred de longitud variable).

13	192.168.13.0	192.168.13.1	192.168.13.254	192.168.13.255	255.255.255.0
14	192.168.14.0	192.168.14.1	192.168.14.254	192.168.14.255	255.255.255.0
15	192.168.15.0	192.168.15.1	192.168.15.254	192.168.15.255	255.255.255.0
16	192.168.16.0	192.168.16.1	192.168.16.254	192.168.16.255	255.255.255.0
17	192.168.17.0	192.168.17.1	192.168.17.254	192.168.17.255	255.255.255.0
18	192.168.18.0	192.168.18.1	192.168.18.254	192.168.18.255	255.255.255.0
19	192.168.19.0	192.168.19.1	192.168.19.254	192.168.19.255	255.255.255.0
20	192.168.20.0	192.168.20.1	192.168.20.254	192.168.20.255	255.255.255.0
21	192.168.21.0	192.168.21.1	192.168.21.254	192.168.21.255	255.255.255.0
22	192.168.22.0	192.168.22.1	192.168.22.254	192.168.22.255	255.255.255.0
23	192.168.23.0	192.168.23.1	192.168.23.254	192.168.23.255	255.255.255.0
24	192.168.24.0	192.168.24.1	192.168.24.254	192.168.24.255	255.255.255.0

Para subredes adicionales como la implementación del portal cautivo debe asignarse a partir de la subred 192.168.24.0/24 y su asignación debe ser registrada de acuerdo a sus funciones.

4.2.3.3 Topología General

Con la jerarquización de la red y el direccionamiento lógico mencionado se establece la siguiente topología general que muestra la Figura 78, además del direccionamiento en cada dispositivo de red documentado en la Tabla 43.

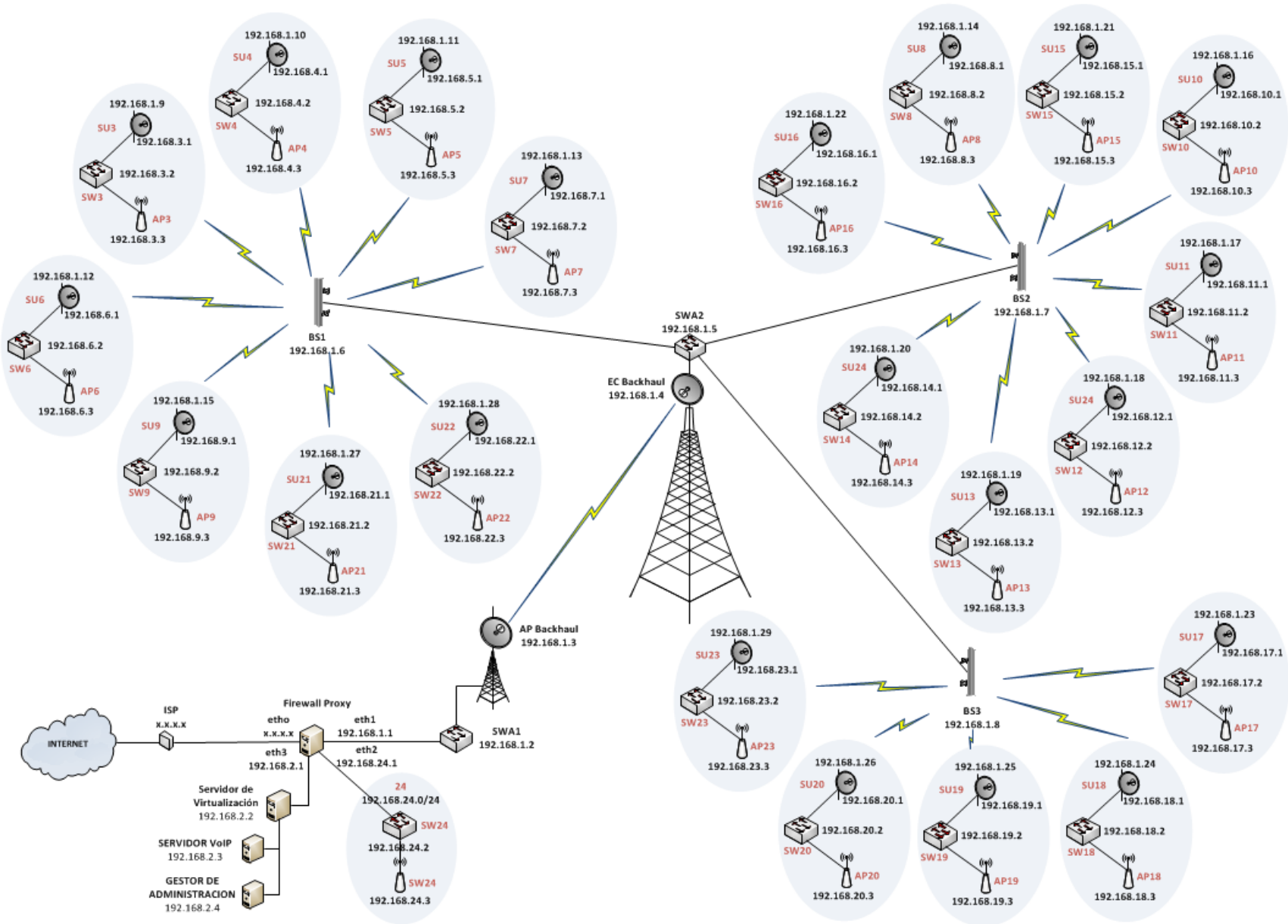


Figura 78: Topología General
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir de las consideraciones del diseño.

Tabla 43: Direccionamiento Lógico**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez basado en parámetros del diseño de red.

Dispositivo	Interfaz	Dirección IP	Máscara de subred	Gateway por defecto
Firewall Proxy	eth0	X.X.X.X	X.X.X.X	X.X.X.X
	eth1	192.168.1.1	255.255.255.0	No aplicable
	eth2	192.168.24.1	255.255.255.0	No aplicable
	eth3	192.168.2.1	255.255.255.0	No aplicable
Servidor de Virtualización	NIC	192.168.2.2	255.255.255.0	192.168.2.1
Servidor VoIP	NIC	192.168.2.3	255.255.255.0	192.168.2.1
Gestor de Administración	NIC	192.168.2.4	255.255.255.0	192.168.2.1
SWA1	NIC	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.1
AP Backhaul	NIC	192.168.1.3	255.255.255.0	192.168.1.1
EC Backhaul	NIC	192.168.1.4	255.255.255.0	192.168.1.1
SWA2	NIC	192.168.1.5	255.255.255.0	192.168.1.1
BS1	NIC	192.168.1.6	255.255.255.0	192.168.1.1
BS2	NIC	192.168.1.7	255.255.255.0	192.168.1.1
BS3	NIC	192.168.1.8	255.255.255.0	192.168.1.1
SU3	WLAN0	192.168.1.9	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.3.1	255.255.255.0	No aplicable
SW3	NIC	192.168.3.2	255.255.255.0	192.168.3.1
AP3	NIC	192.168.3.3	255.255.255.0	192.168.3.1
SU4	WLAN0	192.168.1.10	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.4.1	255.255.255.0	No aplicable
SW4	NIC	192.168.4.2	255.255.255.0	192.168.4.1
AP4	NIC	192.168.4.3	255.255.255.0	192.168.4.1
SU5	WLAN0	192.168.1.11	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.5.1	255.255.255.0	No aplicable
SW5	NIC	192.168.5.2	255.255.255.0	192.168.5.1
AP5	NIC	192.168.5.3	255.255.255.0	192.168.5.1
SU6	WLAN0	192.168.1.12	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.6.1	255.255.255.0	No aplicable

SW6	NIC	192.168.6.2	255.255.255.0	192.168.6.1
AP6	NIC	192.168.6.3	255.255.255.0	192.168.6.1
SU7	WLAN0	192.168.1.13	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.7.1	255.255.255.0	No aplicable
SW7	NIC	192.168.7.2	255.255.255.0	192.168.7.1
AP7	NIC	192.168.7.3	255.255.255.0	192.168.7.1
SU8	WLAN0	192.168.1.14	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.8.1	255.255.255.0	No aplicable
SW8	NIC	192.168.8.2	255.255.255.0	192.168.8.1
AP8	NIC	192.168.8.3	255.255.255.0	192.168.8.1
SU9	WLAN0	192.168.1.15	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.9.1	255.255.255.0	No aplicable
SW9	NIC	192.168.9.2	255.255.255.0	192.168.9.1
AP9	NIC	192.168.9.3	255.255.255.0	192.168.9.1
SU10	WLAN0	192.168.1.16	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.10.1	255.255.255.0	No aplicable
SW10	NIC	192.168.10.2	255.255.255.0	192.168.10.1
AP10	NIC	192.168.10.3	255.255.255.0	192.168.10.1
SU11	WLAN0	192.168.1.17	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.11.1	255.255.255.0	No aplicable
SW11	NIC	192.168.11.2	255.255.255.0	192.168.11.1
AP11	NIC	192.168.11.3	255.255.255.0	192.168.11.1
SU12	WLAN0	192.168.1.18	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.12.1	255.255.255.0	No aplicable
SW12	NIC	192.168.12.2	255.255.255.0	192.168.12.1
AP12	NIC	192.168.12.3	255.255.255.0	192.168.12.1
SU13	WLAN0	192.168.1.19	255.255.255.0	192.168.1.1
	LAN0	192.168.13.1	255.255.255.0	No aplicable
SW13	NIC	192.168.13.2	255.255.255.0	192.168.13.1
AP13	NIC	192.168.13.3	255.255.255.0	192.168.13.1
SU14	WLAN0	192.168.1.20	255.255.255.0	192.168.1.1

	LAN0	192.168.14.1	255.255.255.0	No aplicable
SW14	NIC	192.168.14.2	255.255.255.0	192.168.14.1
AP14	NIC	192.168.14.3	255.255.255.0	192.168.14.1
	WLAN0	192.168.1.21	255.255.255.0	192.168.1.1
SU15	LAN0	192.168.15.1	255.255.255.0	No aplicable
SW15	NIC	192.168.15.2	255.255.255.0	192.168.15.1
AP15	NIC	192.168.15.3	255.255.255.0	192.168.15.1
	WLAN0	192.168.1.22	255.255.255.0	192.168.1.1
SU16	LAN0	192.168.16.1	255.255.255.0	No aplicable
SW16	NIC	192.168.16.2	255.255.255.0	192.168.16.1
AP16	NIC	192.168.16.3	255.255.255.0	192.168.16.1
	WLAN0	192.168.1.23	255.255.255.0	192.168.1.1
SU17	LAN0	192.168.17.1	255.255.255.0	No aplicable
SW17	NIC	192.168.17.2	255.255.255.0	192.168.17.1
AP17	NIC	192.168.17.3	255.255.255.0	192.168.17.1
	WLAN0	192.168.1.24	255.255.255.0	192.168.1.1
SU18	LAN0	192.168.18.1	255.255.255.0	No aplicable
SW18	NIC	192.168.18.2	255.255.255.0	192.168.18.1
AP18	NIC	192.168.18.3	255.255.255.0	192.168.18.1
	WLAN0	192.168.1.25	255.255.255.0	192.168.1.1
SU19	LAN0	192.168.19.1	255.255.255.0	No aplicable
SW19	NIC	192.168.19.2	255.255.255.0	192.168.19.1
AP19	NIC	192.168.19.3	255.255.255.0	192.168.19.1
	WLAN0	192.168.1.26	255.255.255.0	192.168.1.1
SU20	LAN0	192.168.20.1	255.255.255.0	No aplicable
SW20	NIC	192.168.20.2	255.255.255.0	192.168.20.1
AP20	NIC	192.168.20.3	255.255.255.0	192.168.20.1
	WLAN0	192.168.1.27	255.255.255.0	192.168.1.1
SU21	LAN0	192.168.21.1	255.255.255.0	No aplicable
SW21	NIC	192.168.21.2	255.255.255.0	192.168.21.1
AP21	NIC	192.168.21.3	255.255.255.0	192.168.21.1

SU22	WLANO	192.168.1.28	255.255.255.0	192.168.1.1
	LANO	192.168.22.1	255.255.255.0	No aplicable
SW22	NIC	192.168.22.2	255.255.255.0	192.168.22.1
AP22	NIC	192.168.22.3	255.255.255.0	192.168.22.1
SU23	WLANO	192.168.1.29	255.255.255.0	192.168.1.1
	LANO	192.168.23.1	255.255.255.0	No aplicable
SW23	NIC	192.168.23.2	255.255.255.0	192.168.23.1
AP23	NIC	192.168.23.3	255.255.255.0	192.168.23.1
SW24	NIC	192.168.24.2	255.255.255.0	192.168.24.1
AP24	NIC	192.168.24.3	255.255.255.0	192.168.24.1

4.2.4 Aplicaciones

4.2.4.1 Servicio de VoIP

El diseño del servicio VoIP propuesto para la parroquia de Caranqui pretende brindar un servicio de transmisión de voz mediante la red inalámbrica entre los centros de informática ya definidos en la sección 4.1.1.

Para el funcionamiento del servicio se utilizará el protocolo SIP con el puerto 5060 TCP y UDP ya que es altamente modular y flexible a otros protocolos y aplicaciones.

4.2.4.1.1 Diseño y arquitectura

Para el diseño se describe el número de extensiones necesarias y se contempla un nivel de crecimiento a futuro. Como se muestra en la tabla 44 cada unidad educativa y casa comunal o barrial tienen su propia extensión para acceder al servicio.

Número de extensión por cada unidad educativa.

Tabla 44: Extensiones de VoIP para cada centro de informática.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en parámetros del diseño de red.

Laboratorios informáticos		Extensiones
1	Juan de dios Navas –Naranjito	101
2	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	102
3	Manzanal	103
4	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	104
5	Catzoloma	105
6	San Francisco de Chorlavisito	106
7	19 de Enero	107
8	Oscar Efren Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	108
9	Chamanal	109
10	20 de octubre	110
11	Guayaquil de Caranqui	111
12	Agustin Cueva Davila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	112
13	El Naranjal	113
14	Yuyucocha	114
15	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	115
16	Colegio Atahualpa – La Candelaria	116
17	José Nicolás Vacas	117
18	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	118
19	Juan Miguel Suarez	119
20	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	120
21	Santa Lucia del Retorno	121
22	Central	122

Elección de códec de voz

Para la elección del códec se considera la velocidad de transferencia utilizada y la calidad de la voz para ello se realiza un cuadro comparativo en la tabla 45 de los principales códec de voz a ser considerados:

Tabla 45: Comparación de Códec para el servicio de VoIP.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en las características de cada códec.

Códec	Ancho de Banda (Kbps)	Licencia	MOS
G.711 G.711.1	64	No necesita	4,40
G.722 G.722.1	64 24, 32, 48	No necesita	3 a 4
G.726	16, 24, 32, 40	No necesita	3,85
G.729 G.729 A	8	No necesita	4,07
GSM	13	No necesita	3,7
Speex	2.15 – 22.4	No necesita	3

La unidad MOS es el método (Mean Opinion Score) que califica la calidad de la voz mediante una puntuación del 1 al 5 donde se considera pésima o excelente el trabajar con señales de voz.

Con estas consideraciones se selecciona el códec G.729 debido a su bajo consumo de ancho de banda y su alta calificación del MOS al trabajar con señales de voz.

Ancho de banda requerido

Para el cálculo del ancho por llamada se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Ancho de banda} = \frac{\text{Tamaño total de Paquete} * \text{Requerimiento nominal de AB}}{\text{Tamaño del Payload}}$$

Ecuación 9: Cálculo del ancho de banda para llamadas en VoIP.

Fuente: Cálculo de los requisitos de ancho de banda para VoIP PUCE.

Dónde:

Tamaño total del Paquete = cabecera de la capa 2 utilizada + IP + UDP + cabecera RTP + tamaño del payload.

Requerimiento nominal de AB = Este dato impone el códec a ser utilizado

Resolución:

Para el cálculo total del paquete se utiliza el número de bytes asignados por el sistema de capa dos utilizado en WIMAX tanto en PM y PMP que asigna 6 Bytes, además se suma la cabecera de IP, UDP y RTP asignando 40 bytes, y por último el tamaño del payload que utilizando el códec G.729 y un intervalo de muestreo de 20 ms suman 20 bytes.

$$\text{Ancho de banda} = \frac{(6 + 40 + 20 \text{ bytes}) * 8Kbps}{20 \text{ bytes}}$$

$$\text{Ancho de banda} = 26,4 \text{ Kbps}$$

El ancho de banda requerido para una llamada telefónica es de 26,4 Kbps mucho menor al asignado en el diseño que es de 64 kbps.

Arquitectura:

La arquitectura consta de un servidor implementado en el sitio destinado para estos equipos además de la configuración en el direccionamiento lógico ya destinado a esta función, los usuarios finales del sistema deben soportar la utilización del servicio con los siguientes elementos:

- Teléfono IP
- Softphone
- ATA⁵⁶
- Smartphone con una aplicación Softphone

Como se muestra en la figura 82 los usuarios finales en cada centro de informática deben tener un solo dispositivo de las cuatro opciones.

⁵⁶ ATA: analog telephony adapter (Adaptador de teléfono analógico)

- Debe contemplar una PBX que pueda brindar en un futuro el servicio de Telefonía IP.
- Soportar administración remota Web y SSH
- Debe brindar reportes de llamadas de cada extensión.
- Soportar flexibilidad al momento de crear modificar y eliminar una extensión.
- Soportar aplicaciones de softphone para computadoras de escritorio portátiles y dispositivos inalámbricos.

Hardware

Para la implementación del sistema de VoIP son necesarios los siguientes dispositivos:

- 22 teléfonos IP
- Servidor appliance o físico

En el diseño propuesto se toma referencia a teléfonos IP como host de usuario final pero el sistema puede trabajar con cualquiera de las cuatro opciones ya mencionadas.

Teléfonos IP

Los teléfonos IP deben cumplir características y funciones básicas como se describen a continuación:

- Enviar y recibir llamadas
- Identificador de llamada entrante

- Puede trabajar con cualquier sistema de VoIP de diferentes fabricantes en hardware y software.
- Marcas reconocidas en el mercado

Servidor

- Flexibilidad para añadir o reducir recursos de hardware según las necesidades y requerimientos de la herramienta de software a ser implementado.
- Debe permitir su implementación en un rack estándar de piso
- Marcas reconocidas por el mercado.
- Soportar la temperatura ambiente máxima de 40° C

4.2.4.2 Servicio de Video Streaming

Este servicio tiene la finalidad de realizar video llamadas entre todos los centros de informática por medio de esta tecnología, Su aplicación es semejante al servicio de VoIP por lo que el diseño propone el trabajo de estas dos herramientas juntas tanto en software como hardware debido a que existen herramientas que brindan los dos servicios solicitados.

4.2.4.2.1 Diseño y arquitectura

Diseño

Para implementar este servicio se utilizará el protocolo SIP que brinda servicios tanto de voz como de video y para la tecnología streaming se complementa con el protocolo RTP⁵⁷. Este servicio se identificará con el mismo número de extensión propuesto en la tabla 41 y se utilizará con una estación de trabajos o computador de escritorio destinado para esta

⁵⁷ **RTP: Real-time Transport Protocol (Protocolo de Transporte de Tiempo Real)**

actividad. Para su buen funcionamiento es necesaria la elección del códec que trabajará con este servicio, por lo cual se realiza una comparación de características en la tabla 46.

Tabla 46: Comparación del Códec para el servicio de Video Streaming.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en las características de cada códec.

Códec	Velocidad de Trasmisión máxima para cargar un video con mínima resolución	Licencia
H.264	250	No necesita licencia
VP8	No definida 50% menos que el H.264	No necesita licencia

Para la implementación del sistema de Video Streaming se selecciona el uso del códec H.264 debido a su mayor utilización en aplicaciones de software libre pese a que la demanda de velocidad de trasmisión es mayor que el protocolo VP8.

Arquitectura

La propuesta contempla la implementación del servidor en la junta parroquial del barrio central donde se configura el direccionamiento lógico ya definido para estos equipos. Además en los centros de informática se destina una computadora de escritorio utilizada para este servicio con periféricos multimedia como cámaras web, parlantes y micrófono para el uso adecuado en una videoconferencia.

Como se muestra en la figura 83 la arquitectura contempla la posición del servidor y su IP designada y los host finales que se encuentran en cada centro de informática.

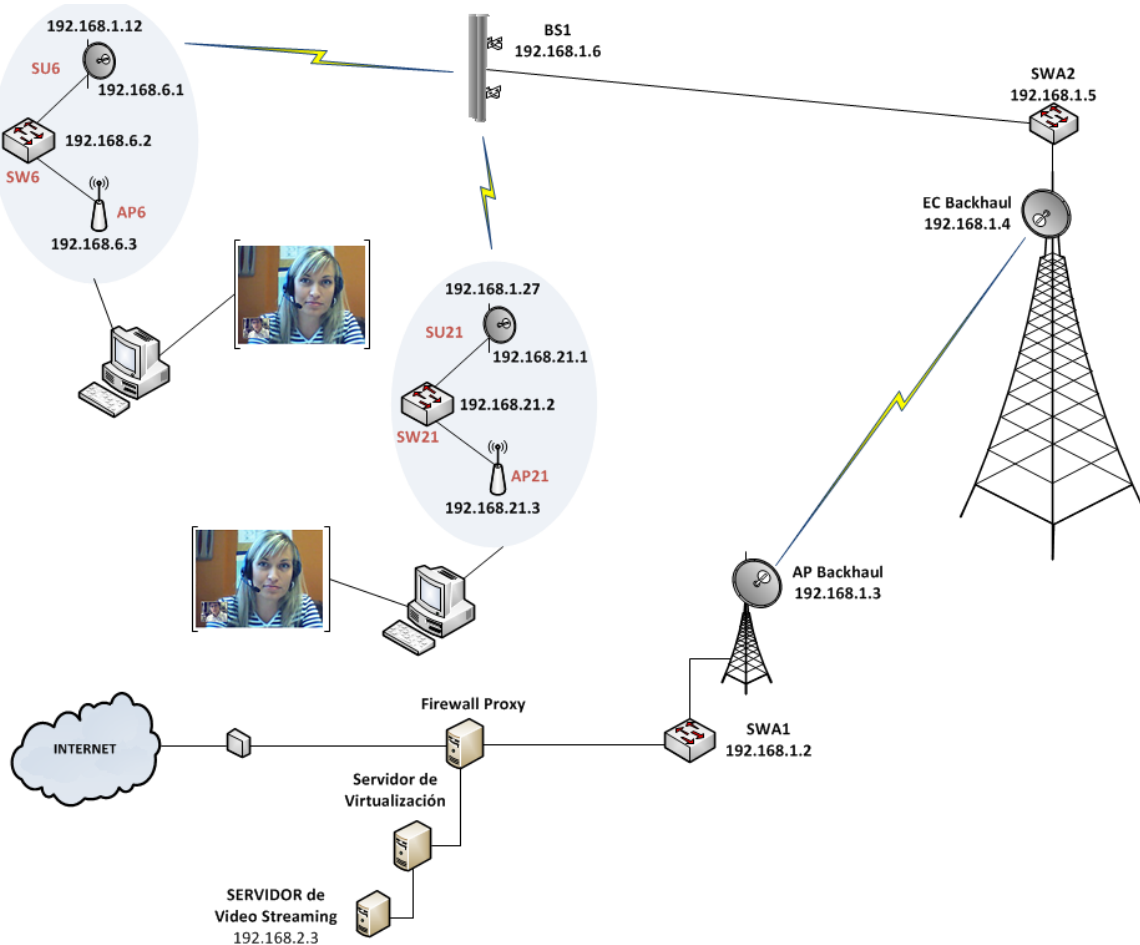


Figura 80: Arquitectura de video streaming.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir de la aplicación del servicio.

4.2.4.2.2 Requerimientos de Hardware y Software

Software

- Debe soportar el protocolo H.264 para el servicio de video streaming.
- Soportar mínimo 22 extensiones con capacidad de crecimiento.
- Soportar administración remota Web y SSH
- Soportar flexibilidad al momento de crear modificar y eliminar una extensión.

- Soportar aplicaciones de softphone para computadoras de escritorio portátiles y dispositivos inalámbricos.
- Debe permitir la configuración de mínimo 22 extensiones de video llamadas y permitir el futuro crecimiento de usuarios.
- La herramienta debe tener licencia GPL de Software Libre.
- La elección del software debe contemplar marcas reconocidas por el mercado.

Para el funcionamiento del sistema es necesaria la instalación de un Softphone en el equipo destinado a videoconferencia con las siguientes características:

- Debe permitir la utilización del protocolo H.264
- Permite enviar y recibir video-llamadas
- Identificador de llamada entrante
- Puede trabajar con cualquier sistema de video streaming de diferentes fabricantes en hardware y software.
- La elección del software debe contemplar marcas reconocidas por el mercado.

Hardware

Servidor

El servidor debe contemplar

- Flexibilidad para añadir o reducir recursos de hardware según las necesidades y requerimientos de la herramienta de software a ser implementado.
- Debe permitir su implementación en un rack estándar de piso

- Marcas reconocidas por el mercado.
- Soportar la temperatura ambiente máxima de 40° C

Estación dedicada a videoconferencia.

Esta contará con periféricos multimedia como la cámara web parlantes y micrófono, además estas debe estar en un lugar estratégico para evitar interferencias de luz y sonidos externos para tener un buen ambiente cuando se utilice este servicio.

4.2.4.3 Servicio de administración y gestión de la red

La administración de toda la red estará a cargo de un funcionario o empresa responsable del funcionamiento en cuanto a mantenimiento, funcionalidad, crecimiento y el manejo en general de la red propuesta, por lo tanto el diseño propone herramientas tanto en políticas, software y hardware para la gestión general de toda la red.

La Administración y gestión deben ser sujetas a políticas generales que vayan con los objetivos del proyecto y la funcionalidad de la red para evitar mal uso de los recursos e identificar problemas que puedan presentarse en la propuesta.

4.2.4.3.1 Políticas de administración de la red.

- El administrador de la red está a cargo de una persona o empresa según la contratación para gestionar toda la red tanto en conectividad como en servicios.
- El proveedor del servicio universal de internet estará a cargo de la administración de la conectividad inalámbrica tanto para su mantenimiento como su reparación en cualquier situación presentada con la red.

- Se debe contar con documentación de claves de acceso de todos los servicios en dos archivos físicos a cargo de dos personas: el administrador de la red y la máxima autoridad de la parroquia de Caranqui vigentes.
- Cada estación en modo cliente debe tener un registro documentado con información técnica del enlace y datos informativos.

4.2.4.3.2 Políticas de Gestión de la red.

- Para realizar cambios en cuanto a permisos o bloqueos en el firewall o proxy se debe regir a las políticas de seguridad ya expuestas en la sección 4.2.3.1.1 y su ejecución estará a cargo del administrador de la red.
- Los problemas en la conectividad de cualquier equipos de comunicación será revisado mediante el gestor implementado y su resolución, mantenimiento o solución se establecerá según lo evaluado por el administrador de la red.
- La creación, mantenimiento y eliminación de extensiones tanto en VoIP y Videostreaming estará a cargo del administrador de la red.
- La creación de una nueva estación base cliente se realizará con la aprobación de la máxima autoridad de la parroquia vigente y su ejecución se realizará por el administrador de la red en coordinación con el proveedor del acceso universal de internet.
- El mantenimiento del contenido de la página web del portal cautivo estará a cargo del administrador de la red.

4.2.4.3.3 Diseño y arquitectura

Diseño

El proyecto propone la utilización del protocolo SNMP en cualquier versión según el soporte de los equipos utilizados para el monitoreo constante de dispositivos de comunicación de la red en general.

Requerimientos del protocolo SNMP:

- Comunidad: caranqui
- Versión: v1, v2c, v3
- Contacto: correo electrónico del administrador de red.
- Localización: depende del dispositivo y su utilización.

Arquitectura

Para brindar este servicio es necesario la implementación de un servidor físico que se encuentra en la subred destinada a estas funciones 192.168.2.0/24 y la IP asignada es 192.168.2.4/24 como se muestra en la figura 81 en color naranja, se contempla la virtualización del servidor y su diseño requiere la conectividad a todas las redes y subredes del diseño para su monitoreo.

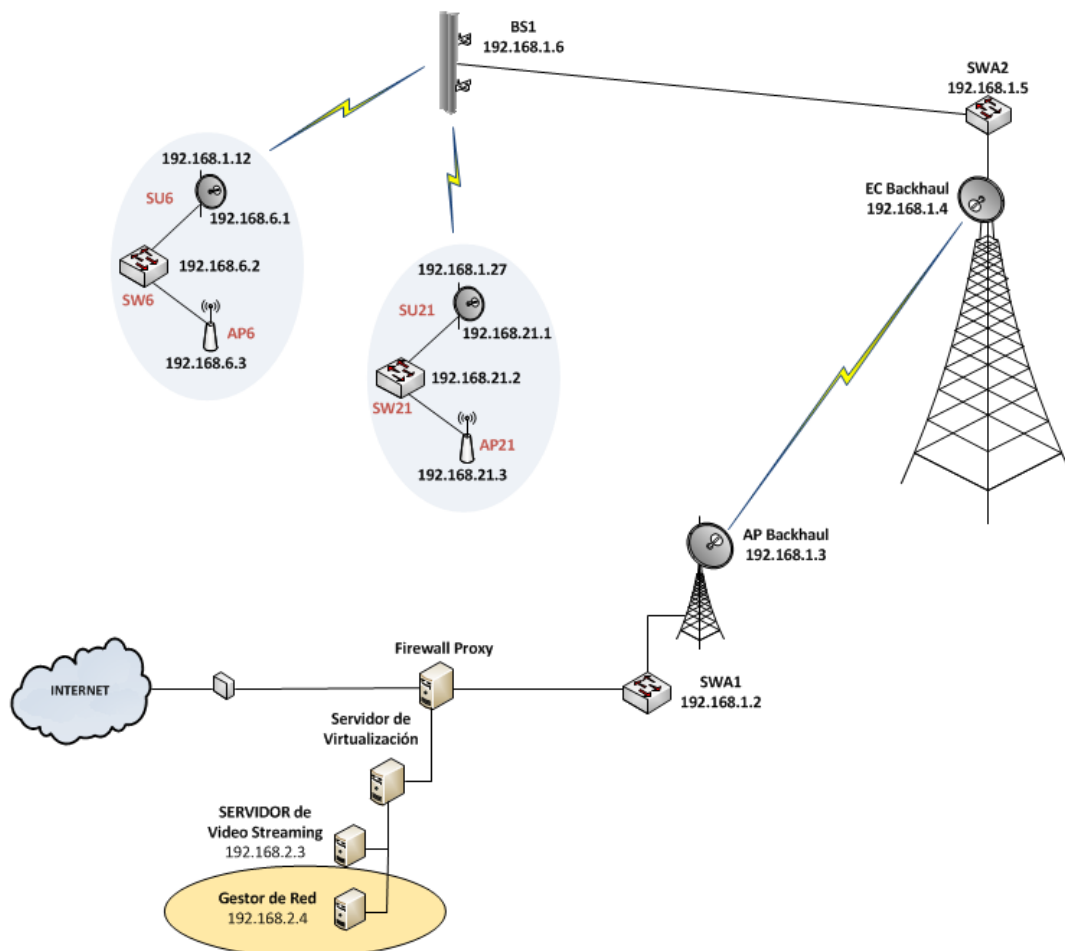


Figura 81: Arquitectura del gestor de red.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir de la aplicación del servicio.

4.2.4.3.4 Requerimientos de Hardware y Software

Software

Para el monitoreo constante de toda la conectividad de la red y sus servicios el proyecto propone la implementación de un software como gestor de red que debe cumplir las siguientes funciones:

- Visualización de todos los equipos de comunicación de la red mediante el monitoreo por protocolo SNMP.
- Debe soportar las pruebas básicas de conectividad a todos los equipos como ping, traceroute acceso web a los equipos.
- Alarmas de conectividad para las notificaciones de los cortes de servicios y fallas en los equipos de comunicación.
- Monitoreo de velocidad de transmisión a cada interface de red de cada equipo implementado en la conectividad de la red.
- La herramienta debe tener licencia GPL de Software Libre.

Hardware

Para este servicio solo se requiere en hardware un servidor que cumpla con los siguientes requerimientos:

- Un servidor físico o virtual flexible a los requerimientos técnicos en características físicas como Memoria RAM, CPU, Disco Duro, adaptador de red entre otros para el buen funcionamiento del software seleccionado.
- El servidor debe permitir su implementación física en un rack de piso para su funcionamiento.
- Debe cumplir con los requerimientos eléctricos que se mencionan en la sección 4.2.2.2.2 para el espacio destinado al alojamiento de servidores.
- La elección del servidor debe contemplar marcas reconocidas por el mercado.

4.2.4.4 Servicio de Portal Cautivo

Este servicio tiene la finalidad de proporcionar información mediante una página web de inicio de sección para utilizar el acceso de internet, esta página web esta personalizada y contiene la principal información para que el usuario trabaje sin dificultad con la red propuesta. Este servicio tendrá una clave y usuario común para todos los que quieran utilizar el servicio de internet.

4.2.4.4.1 Diseño y arquitectura

Para brindar este servicio es necesario el diseño de la página principal la cual debe tener la siguiente información en su página inicial:

- Nombre y logo de la parroquia.
- Descripción de las seguridades implementadas
- Recomendaciones de navegación
- Información del administrador de la red

Arquitectura

El portal cautivo será configurado en cada uno de los centros de información mediante equipos de conmutación que ya vienen predispuestos para este servicio lo que ayuda a descentralizar este servicio debido al gran ancho de banda que exige la utilización de un solo servidor tanto en hardware y software.

Según la figura 82 los equipos que realizan esta función se encuentran marcados de color naranja.

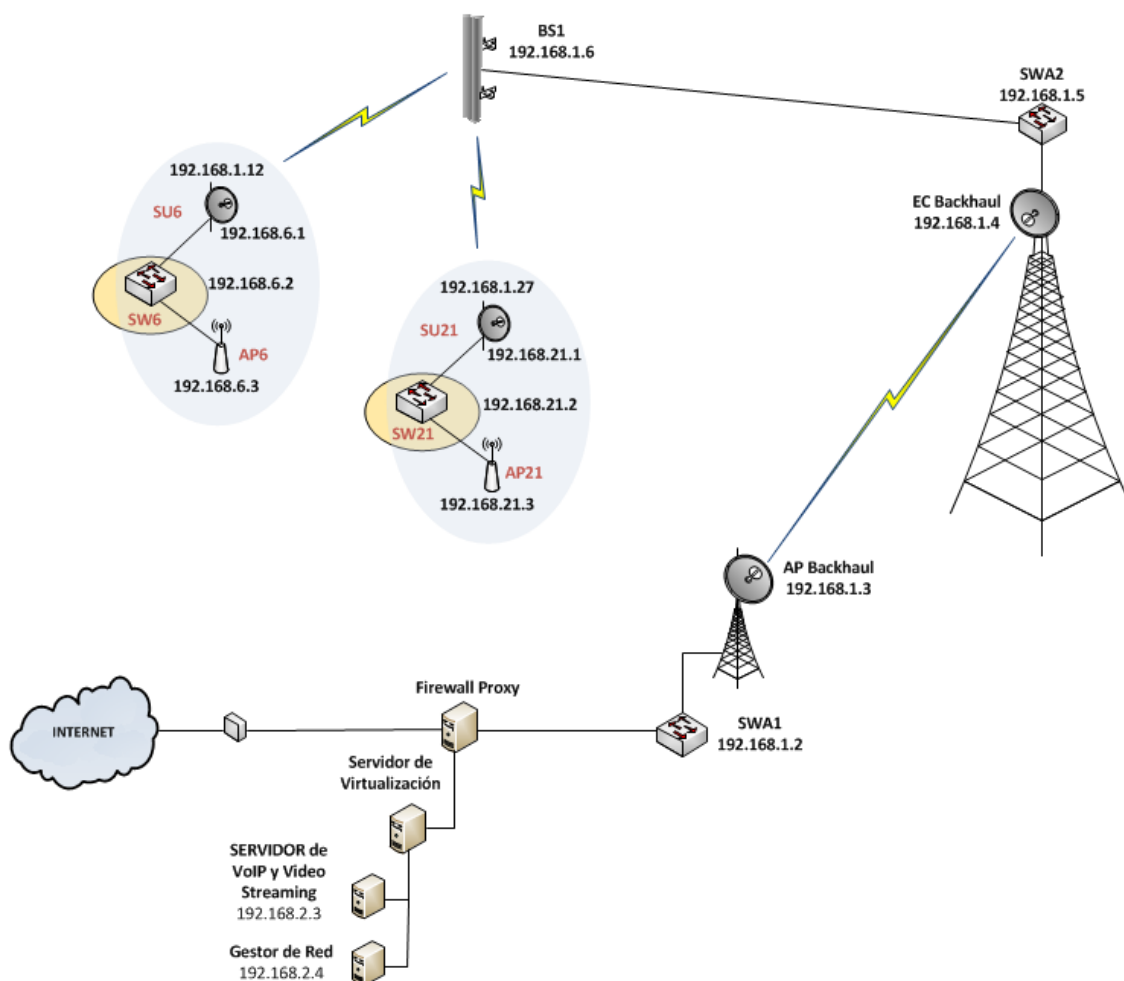


Figura 82: Arquitectura del Portal Cautivo.
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir de la aplicación del servicio.

4.2.4.4.2 Requerimientos de Hardware y Software

Software

La herramienta debe cumplir las siguientes características:

- Permite cargar páginas personalizadas para la visualización del primer acceso al servicio de internet para los usuarios.
- La herramienta debe tener licencia GPL de Software Libre.

Hardware

La propuesta estable un equipo de conmutación que tenga el servicio además este debe cumplir los siguientes requisitos:

- El dispositivo debe permitir su implementación en un rack de pared y las características de un conmutador de capa dos como se especifica en la sección 4.2.3.1.1.
- Debe cumplir con los requerimientos eléctricos que se mencionan en la sección 4.2.1.1.2 para el espacio destinado al alojamiento de estos equipos.
- La selección del dispositivo debe contemplar marcas reconocidas por el mercado.

4.2.4.5 Seguridades informáticas

La propuesta del proyecto contempla una seguridad básica de la red en cuanto a contenidos web y filtrado de puertos, esta seguridad se aplica a los usuarios internos como externos. Para la selección tanto de hardware y software es necesario definir las políticas a las que se regirán estas herramientas.

4.2.4.5.1 Políticas de seguridad informática.

Para el buen funcionamiento y administración del tráfico de internet como recurso limitado de la red son necesarias reglas básicas de funcionamiento y limitaciones de accesos tanto desde la red externa hacia la red interna y viceversa.

Para la seguridad básica del proyecto se establece las políticas de seguridad generales para la infraestructura de red.

1. Proteger accesos indebidos a la red interna de puertos no autorizados desde la red externa o internet.
2. Reducir el uso de aplicaciones que consuman ancho de banda mediante la utilización de puertos no autorizados desde la red interna.
3. Permitir los puertos 161 TCP para la administración del gestor y el protocolo 5060 TCP UDP para la utilización del servicio de VoIP y Video streaming.
4. No tener acceso desde la red interna a páginas web categorizadas como no confiables en contenido y que pueden ser perjudiciales para la sociedad.
5. Los permisos o sanciones debido a la infracción de las anteriores políticas están a cargo del administrador de la red.

Para la aplicación de la política uno y dos es necesaria la implementación de un Firewall con las siguientes configuraciones tanto en control de tráfico de puertos internos como externos:

En la tabla 47 se establece los parámetros requeridos para el tráfico desde la red externa hacia la red interna.

Tabla 47: Reglas de tráfico desde la red externa.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez.

Puertos	Protocolo	Acción	Descripción
8 y 30	ICMP	Permitir	Se permite para la administración y gestión del firewall desde internet con pruebas básicas como el ping.
10443	Gestión de Firewall	Permitir	Se permite para el acceso a la administración web del firewall
161	SNMP	Permitir	Se permite para el monitoreo remoto de un gestor de red.
Cualquiera	Cualquiera	Denegar	Denegar todos los demás puertos.

Para el direccionamiento de la red interna que contenga a todas las subredes incluidas las asignadas al Portal Cautivo se utiliza la sumarización que incluye desde la subred 192.168.1.0/24 hasta 192.168.46.0/24 dando como resultado la subred 192.168.0.0/18. La subred externa la proporciona el proveedor de internet X.X.X.X/24.

Tabla 48: Sintaxis de implementación de la red externa.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez.

Dirección de origen	Dirección Destino	Servicio	Protocolo	Puerto	Acción
X.X.X.X/X	192.168.0.0/18	ICMP	TCP	8 y 30	Permitir
X.X.X.X/X	192.168.0.0/18	Gestión de Firewall	TCP	10443	Permitir
X.X.X.X/X	192.168.0.0/18	SNMP	TCP	161	Permitir
X.X.X.X/X	192.168.0.0/18	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Denegar

Puertos autorizados para utilizar desde la red interna:

Tabla 49: Reglas de tráfico desde la red interna.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez.

Puertos	Protocolo	Acción	Descripción
443	HTTPS	Permitir	Se permite el tráfico 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

Tabla 50: Sintaxis de implementación de la red interna.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez.

Dirección de origen	Dirección Destino	Servicio	Protocolo	Puerto	Acción
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	HTTPS	TCP	443	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	HTTP	TCP	80	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	FTP	TCP	21	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	SMTP	TCP	25	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	PoP	TCP	110	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	IMAP	TCP	143	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	PoP3s	TCP	995	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	IMAPs	TCP	993	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	DNS	TCP UDP	53	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	ICMP	TCP	8 y 30	Permitir
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Denegar

Puertos autorizados para el tráfico de los servicios de la red:

Tabla 51: Reglas de tráfico desde la subred de servidores.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez.

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.

Tabla 52: Sintaxis de implementación desde la subred de servidores.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez.

Dirección de origen	Dirección Destino	Servicio	Protocolo	Puerto	Acción
192.168.2.0/24	192.168.0.0/18	SNMP	TCP	161	Permitir
192.168.2.0/24	192.168.0.0/18	SIP	TCP UDP	5060	Permitir
192.168.2.0/24	192.168.0.0/18	ICMP	TCP	8 y 30	Permitir
192.168.2.0/24	192.168.0.0/18	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Denegar

Para la aplicación de la política tres se utilizarán un proxy configurado para el bloqueo de contenidos considerados como perjudiciales para la sociedad en general:

Contenidos de regulación en el servidor Proxy:

Tabla 53: Reglas de acceso a contenido del servidor proxy.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez.

Contenido	Acción	Descripción
Adulto	Denegar	Contenido inapropiado
Citas	Denegar	Contenido inapropiado
Entretenimiento	Denegar	Contenido inapropiado
Juegos	Denegar	Contenido inapropiado
Anuncios	Denegar	Contenido inapropiado
Violencia	Denegar	Contenido inapropiado
Drogas	Denegar	Contenido inapropiado
Piratería	Denegar	Contenido inapropiado
Cualquiera	Permitir	Contenido Apropriado

Tabla 54: Sintaxis de reglas de acceso del servidor proxy.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez.

Dirección de origen	Dirección Destino	Contenido	Acción
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Adultos	Denegar
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Citas	Denegar
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Entretenimiento	Denegar
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Juegos	Denegar
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Anuncios	Denegar
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Violencia	Denegar
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Drogas	Denegar
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Piratería	Denegar
192.168.0.0/18	X.X.X.X/X	Cualquiera	Permitir

La red X.X.X.X/X proporciona el proveedor de internet que se implemente.

4.2.4.5.2 Diseño y arquitectura

Firewall

La propuesta para la seguridad con el firewall se basa en el filtrado de paquetes ya que en esta capa es posible realizar el control de puertos. Además este servicio debe trabajar con el método de políticas restrictivas debido a que ya se han establecido los puertos permitidos en las políticas anteriores y la utilización de los demás puertos no mencionados no son permitidos.

Según las políticas este servicio debe filtrar tanto tráfico desde la red interna hacia afuera y viceversa.

La arquitectura que se plantea como un firewall entre el internet y la red interna que permita ser el único camino de paso entre las dos redes.

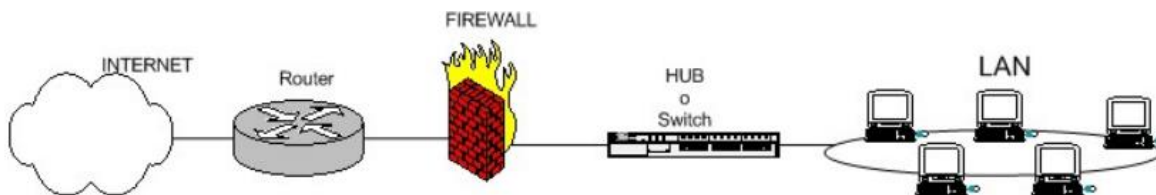


Figura 83: Arquitectura del servidor Firewall

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

Proxy

El proyecto establece el control de páginas web con el servicio del Proxy el cual debe trabajar en un filtrado de capa aplicación para lograr este objetivo, además las configuraciones deben realizarse en base a un proxy local ya que el filtrado solo se realizará al tráfico que requiere salir hacia el internet.

Además su forma de trabajo debe ser por política permisiva que admita un total acceso con excepción de los contenidos ya establecidos como perjudiciales. La configuración de un proxy transparente es necesaria para evitar que los usuarios los host finales configuren la ip del servidor.

La arquitectura para el servidor proxy está basada en la misma del firewall como se indica en la Figura 80; ya que permite un control eficiente debido a su posición entre la red interna y el internet.

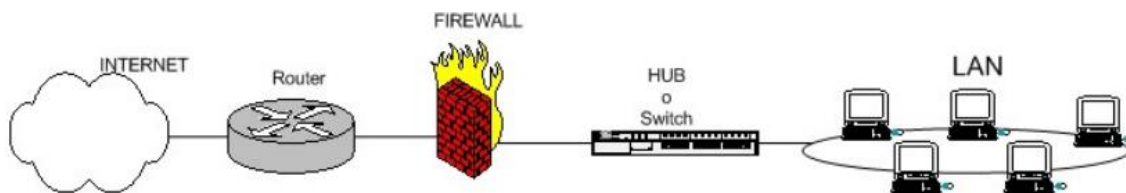


Figura 84: Arquitectura de servidor Proxy

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

Con esta arquitectura de los dos servicios tanto proxy como firewall se recomienda utilizar el hardware y el software unificado que brinde estos servicios desde un mismo dispositivo.

4.2.4.5.3 Requerimientos de Hardware y Software

Con la descripción de la arquitectura el software y hardware solicitado debe brindar en general los dos servicios Firewall y Proxy con los siguientes requerimientos:

Requerimientos de Software

- Debe permitir en el firewall la configuración de políticas restrictivas
- Debe ser flexible para la configuración y administración de las reglas de tráfico en el firewall.
- Soportar la configuración de proxy transparente.
- Debe permitir el bloqueo de contenido con una base de datos ya establecida de páginas consideradas como perjudiciales en el proxy.
- Debe soportaren el proxy la configuración de listas blancas y negras personalizadas para asegurar la conectividad de las páginas web expresadas en el ANEXO D.

- Permitir la administración del cache del tráfico generado en el proxy.
- Debe ser flexible para lograr la configuración y administración del bloqueo y el acceso de páginas web del proxy.
- Debe ser considerado como UTM⁵⁸ para tener un servicio centralizado y soportar los dos servicios firewall proxy solicitados.
- Debe soportar ser implementado tanto en servidores físicos como virtuales.
- Su administración debe permitir acceso mediante HTTPS y SSH.
- La herramienta debe tener licencia GPL⁵⁹ de Software Libre.
- La elección del servidor debe contemplar marcas reconocidas por el mercado.

Requerimientos de hardware.

- El servidor físico o virtual debe ser flexible a los requerimientos técnicos en lo que corresponde a características físicas como Memoria RAM, CPU, Disco Duro, adaptador de red entre otros para obtener el buen funcionamiento del software seleccionado.
- El servidor debe permitir su implementación física en un rack de piso para su funcionamiento.
- Debe cumplir con los requerimientos eléctricos que se mencionan en la sección 4.2.2.2.2 para el espacio destinado al alojamiento de servidores.
- La elección del servidor debe contemplar marcas reconocidas por el mercado.

⁵⁸ **UTM: Gestión Unificada de Amenazas**

⁵⁹ **GPL: General Public License** (licencia pública general).

4.3 Hardware y software general para el diseño

El diseño cuenta con una infraestructura destinada a brindar un servicio para cinco años por lo tanto son necesarias marcas reconocidas en el mercado tanto en hardware como software para cumplir con este requisito.

4.3.1 Software

Según el ANEXO E y la comparación de software de acuerdo a los requerimientos del diseño se seleccionaron los siguientes sistemas para los servicios que brindará esta propuesta.

Tabla 55: Software seleccionado para los servicios del diseño.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del ANEXO E.

Servicio	Software
Firewall	Endian Firewall 2.5.2
Proxy	Endian Firewall 2.5.2
VoIP	Elastix 2.4.0
Video Streaming	Elastix 2.4.0
Softphone VoIP – Video Streaming	X-line para Windows y Zoiper para Linux.
Gestor de Red	PRTG
Virtualización	VMWare
Portal Cautivo	Mikrotik RouterOS

4.3.2 Hardware

Los requisitos de cada hardware y la comparación de marcas se describen en el ANEXO F donde se selecciona los mejores dispositivos para el diseño como se muestra en la tabla 56.

Tabla 56: Hardware seleccionado para los servicios del diseño.

Fuente: Elaborado a partir de la comparación de equipos descrito en el ANEXO F.

#	Equipos solicitados para el diseño	Equipos seleccionados para el diseño
22	Punto de acceso para centros de informática	Punto de acceso Ubiquiti Unifi AP (UAP)
22	Switch para centros de informática	Switch Mikrotik RB2011iL-RM
22	Radio y Antena para estaciones cliente	Radio y antena Netkrom ISPAIR CPE 510
22	Telefonos IP	Teléfono IP Grandstream Gxp280
3	Radio y Antena para Estaciones Base	Radio y antena Albentia (ARBA Pro)
1	Switch de acceso para estación base	Switch Ubiquiti EdgeRouter PRO ER-8
2	Radios para enlace punto a punto	Radio Albentia (ARBA Pro)
2	Antenas para enlace punto a punto	Antenas Ubiquiti Rocket Dish Airmax
1	Switch de acceso para subred de administracion	Switch Ubiquiti EdgeRouter PRO ER-8
1	Servidor para virtualizacion	Servidor IBM X3250M4
1	Servidor Firewall Proxy	Servidor ML10HP Proliant
1	Rack de piso	Rack de Piso Beaucoup
22	Rack de pared	Rack de Beaucoup
1	UPS grande	UPS APS inteligente APC Smart-UPS 750VA USB
22	UPS pequeños	UPS CDP G-UPR-506

4.3.3 Servicio adicionales requeridos para el diseño del proyecto

Tabla 57: Requisitos Adicionales

Fuente: Elaborado a partir de los requerimientos del diseño.

#	Descripción
1	Torre Estructural para la estación base
132	PC de escritorio para los centros de informática
1	Enlace de salida de internet de 21 Mbps corporativo.

CAPÍTULO 5

GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE ESCENARIOS IMPUESTOS EN LA RED.

5.1 Prototipo de red para la implementación de escenarios y pruebas.

5.1.1 Topología

Para la implementación de escenarios se tomará como ejemplo brindar el servicio al centro de informática propuesto en la escuela Leopoldo N. Chávez con coordenadas geográficas Latitud $0^{\circ} 18' 12.61''$ N y Longitud $78^{\circ} 7' 48.55''$ O, que al mismo tiempo brindará el servicio al barrio San Cristóbal alto y San Cristóbal de Caranqui. Este centro de informática según el direccionamiento lógico está en la subred 192.168.4.0/24.

El punto de distribución de los servicio y punto de acceso para la red inalámbrica se encuentra en las coordenadas geográficas Latitud $0^{\circ}21'15.69''$ N Longitud $78^{\circ} 6'37.04''$ O que tendrá las redes de administración 192.168.1.0/24, la red de servidores 192.168.2.0/24 y la red del barrio central 192.168.24.0/24 como se representa en la Figura 85.

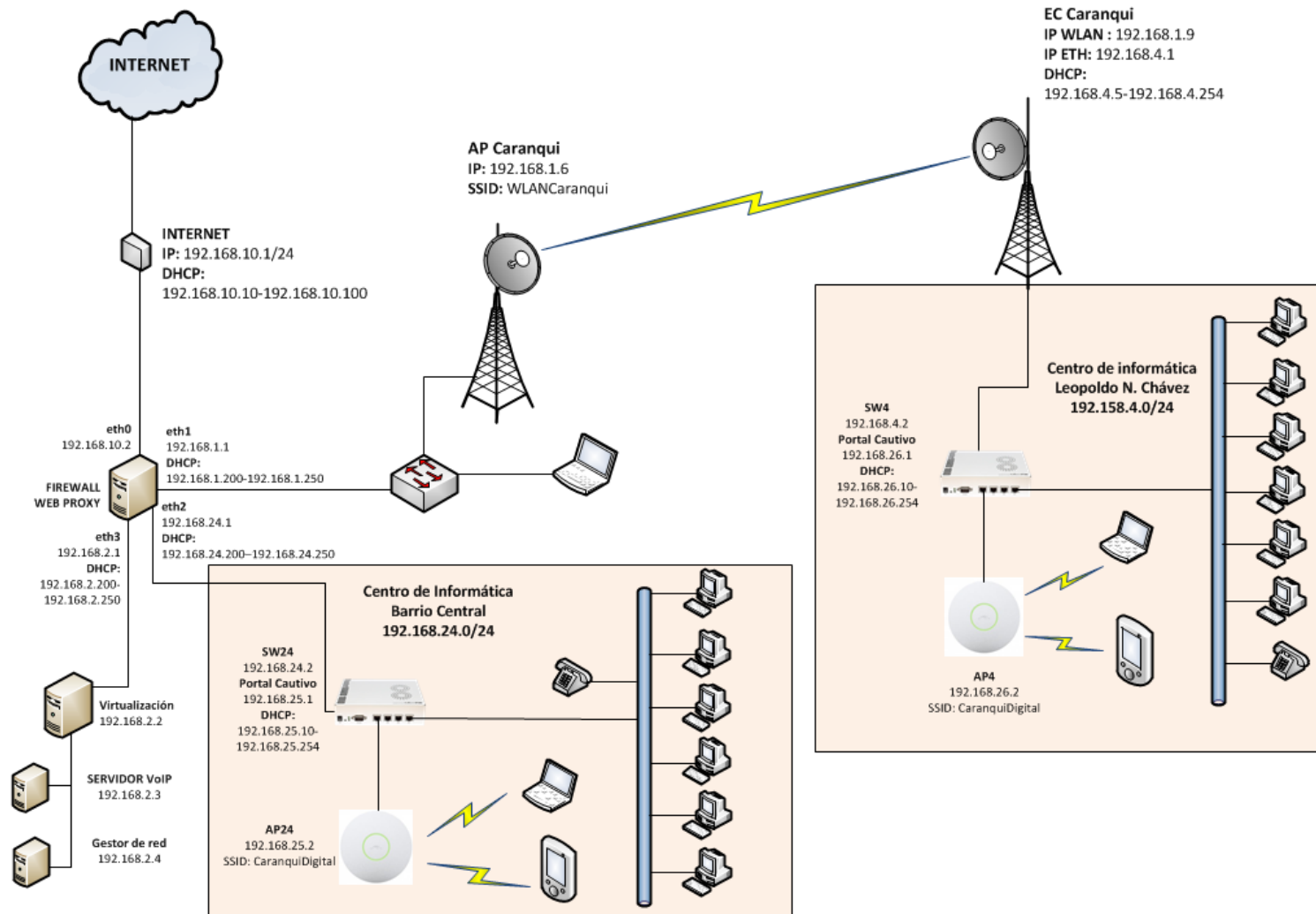


Figura 85: Topología para la presentación de escenarios de red.
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del escenario descrito.

5.1.2 Direccionamiento Lógico

Las subredes para el direccionamiento se implementan en base al diseño ya establecido con la diferencia que se aumenta la subred 192.168.25.0/24 y 192.168.26.0/24 para las redes inalámbricas que brinda el servicio del portal cautivo.

Tabla 58: Direccionamiento lógico para prototipo de red.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en parámetros del prototipo de red.

Dispositivo	Interfaz	Dirección IP	Máscara de subred	Gateway por defecto
Firewall Proxy	eth0	192.168.10.2	255.255.255.0	192.168.10.1
	eth1	192.168.1.1	255.255.255.0	No aplicable
	eth2	192.168.24.1	255.255.255.0	No aplicable
	eth3	192.168.2.1	255.255.255.0	No aplicable
Servidor de Virtualización	NIC	192.168.2.2	255.255.255.0	192.168.2.1
Servidor VoIP	NIC	192.168.2.3	255.255.255.0	192.168.2.1
Gestor de RED	NIC	192.168.2.4	255.255.255.0	192.168.2.1
SW24	eth1 – eth4	192.168.24.2	255.255.255.0	192.168.24.1
	eth5	192.168.25.1	255.255.255.0	No aplicable
AP24	NIC	192.168.25.2	255.255.255.0	192.168.25.1
AP Caranqui	NIC	192.168.1.6	255.255.255.0	192.168.1.1
EC Caranqui	WLAN	192.168.1.9	255.255.255.0	192.168.1.1
	eth	192.168.4.1	255.255.255.0	No aplicable
SWA4	eth1 – eth4	192.168.4.2	255.255.255.0	192.168.4.1
	eth5	192.168.26.1	255.255.255.0	No aplicable
AP4	NIC	192.168.26.2	255.255.255.0	192.168.26.1

Para la implementación del prototipo se utilizará herramientas tanto en hardware como software igual o similar a los equipos y sistemas propuestos, debido a costos se sustituyen

equipos de comunicación inalámbrica pero que cumplen con los requisitos para la demostración de todos los servicios.

5.1.3 Software utilizado.

Tabla 59: Software a ser utilizado en el prototipo de red.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en características de cada software.

Servicio	Software requerido para el diseño	Software utilizado en el prototipo
Firewall	Endian Firewall 2.5.2	Endian Firewall 2.5.2
Proxy	Endian Firewall 2.5.2	Endian Firewall 2.5.2
VoIP	Elastix 2.4.0	Elastix 2.4.0
Video Streaming	Elastix 2.4.0	Elastix 2.4.0
Softphone VoIP – Video Streaming	X-line para Windows y Zoiper para Linux.	X-line para Windows y Zoiper para Linux.
Gestor de Red	PRTG	PRTG 14.1.8.1370
Virtualización	VMWARE	Vitual Box
Portal Cautivo	Mikrotik RouterOS	Mikrotik RouterOS

Como se muestra en Tabla 59 la sustitución del software de virtualización es debido a que VMWARE establece software exclusivo para servidores y la versión libre para equipos pequeños requiere algunas características avanzadas de hardware. Por lo tanto se utilizará Virtual Box ya que es un programa que puede trabajar en equipos limitados en hardware.

Además se utiliza el servicio del gestor de red PRTG debido a sus mayores prestaciones ya definidas en el ANEXO E en base a los requerimientos del diseño.

5.1.4 Hardware utilizado.

Tabla 60: Hardware a ser utilizado en el prototipo de red.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez basado en las hojas de datos técnicos de los equipos.

#	Equipos requeridos en el diseño	Equipos Utilizados en el prototipo
2	Punto de acceso Ubiquiti Unifi AP (UAP)	Punto de acceso Ubiquiti Unifi AP (UAP) Punto de acceso D-Link DAP 1360
2	Switch Mikrotik RB2011iL-RM	Switch Mikrotik RouterBoard 750G
1	Radio y antena Netkrom ISPAIR CPE 510	Radio y antena Ubiquiti Air GridM5 AG-HP-5G-27
2	Teléfonos IP Grandstream Gxp280	Softpone X-line- SmartPhone Samsung Galaxy GT-S5830M
1	Radio y antena Albentia (ARBA Pro)	Radio y antena Ubiquiti Air GridM5 AG-HP-5G-27
1	Switch Ubiquiti EdgeRouter PRO ER-8	Switch trendnet TE100-S8/A
1	Servidor IBM X3250M4	CPU Clon Hurricane (Intel Core 2 Duo – Memoria RAM 2 GB – Disco Duro 500 GB)
1	Servidor ML10HP Proliant	CPU Clon Delux (Intel Pentium 4 – Memoria RAM de 1 GB – Disco duro 80 GB)
1	Varios (Cables y conectores)	Cables y Conectores

Según la Tabla 60 se utiliza equipos que puedan sustituir en el trabajo básico de los servicios y conectividad inalámbrica, en el ANEXO G se realiza la comparación de los equipos de sustitución a los requeridos por el diseño.

5.2 Administración del Firewall

El servicio de firewall tiene como finalidad principal proteger la red mediante el control de puertos a ser utilizados tanto en el tráfico que ingresa al sistema y el que sale de la red.

5.2.1 Descripción del escenario

Para la descripción del servicio se toma como ejemplo la instalación de una aplicación que utiliza el puerto 5000 para su administración web desde la red de servidores 192.168.2.0/24.

La solicitud es para poder gestionar este servicio desde el internet, lo que es necesario habilitar el puerto mediante la función NAT para que se direcciona a la IP asignada a ese servicio.

Como se muestra en la figura 86 las direcciones IP con el puerto 5000 de color verde tanto desde el internet como desde la subred de servidores deben conducir a la misma aplicación.

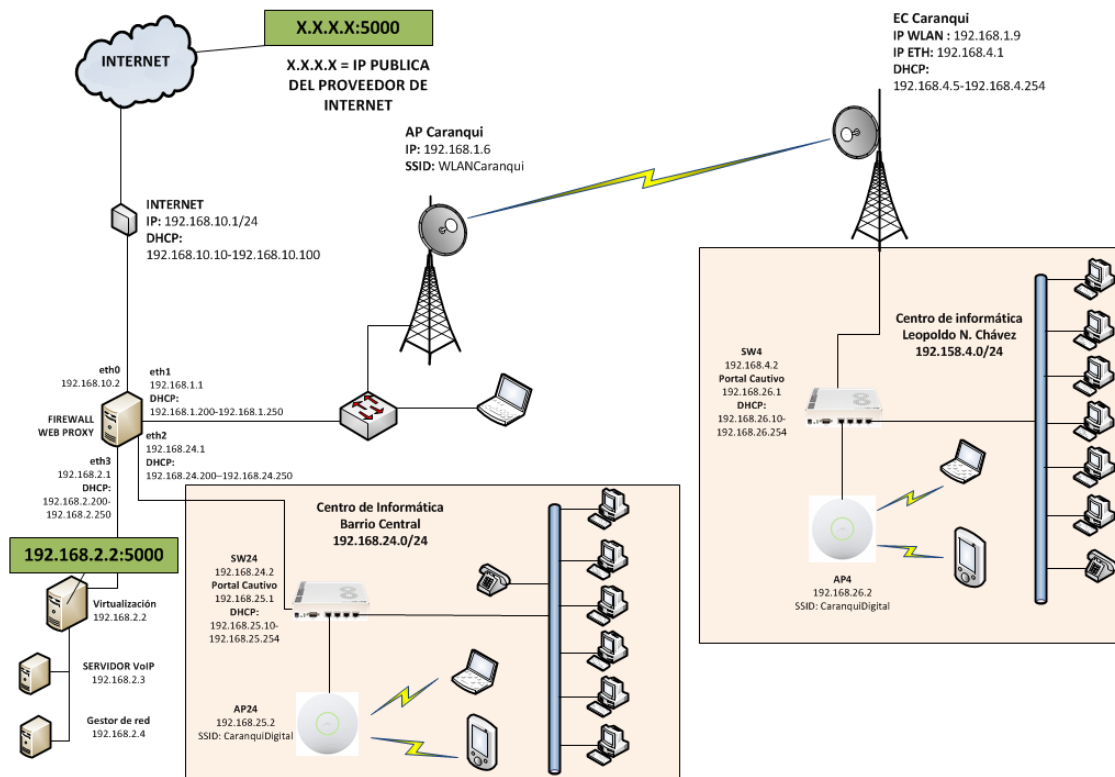


Figura 86: Topología y escenario para la administración del firewall.
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del escenario descrito.

5.2.2 Procedimiento a seguir

1. Recepar la solicitud aprobada previamente por la máxima autoridad de la parroquia o el administrador de la red para la publicación del servicio y la habilitación del puerto tanto para el internet como para las subredes de la red.
2. Verificación de la utilización del puerto 5000 tanto por el firewall interno como de los datos que brinda el proveedor de internet con el manejo de puertos.
3. Configuración del puerto tanto para las subredes solicitadas como el NAT para la publicación del servicio mediante la IP publica del proveedor del internet.

5.2.3 Solución del inconveniente

Se debe configurar dos reglas en el firewall, la primera el NAT con los siguientes parámetros:

- Red/IP de Destino: 192.168.10.2/24
- Puerto del servicio: 5000
- Red/IP de Origen: 192.168.2.2/24
- Puerto de servicio: 5000
- Servicio: NAT

Segunda regla para que solo la red administración pueda acceder a este servicio.

- Red/IP de Destino: 192.168.1.0/24
- Puerto del servicio: 5000
- Red/IP de Origen: 192.168.2.2/24
- Puerto de servicio: 5000
- Servicio: permitir

Una vez con todos los datos necesarios se realiza la configuración según el ANEXO H para que el servicio solicitado pueda ser implementado.

Se verifica la conectividad mediante los logs del Firewall y el funcionamiento del servicio o la aplicación solicitada que trabaja con los puertos ya configurados para su funcionamiento.

5.3 Administración del Proxy

Este servicio tiene como finalidad la de bloquear contenido web inapropiado para los usuarios. Además cuenta con una lista de contenidos ya establecidos como perjudiciales para su navegación.

5.3.1 Descripción del escenario

Para la descripción del servicio se plantea dos escenarios, desbloquear la página www.taringa.net que ha sido tomada en cuenta como perjudicial por la base de datos por defecto del proxy, pero que si tiene información que interesa y aporta a los usuarios, y la página www.tierragamer.com que no se ha tomado en cuenta por la base de datos de contenido perjudicial.

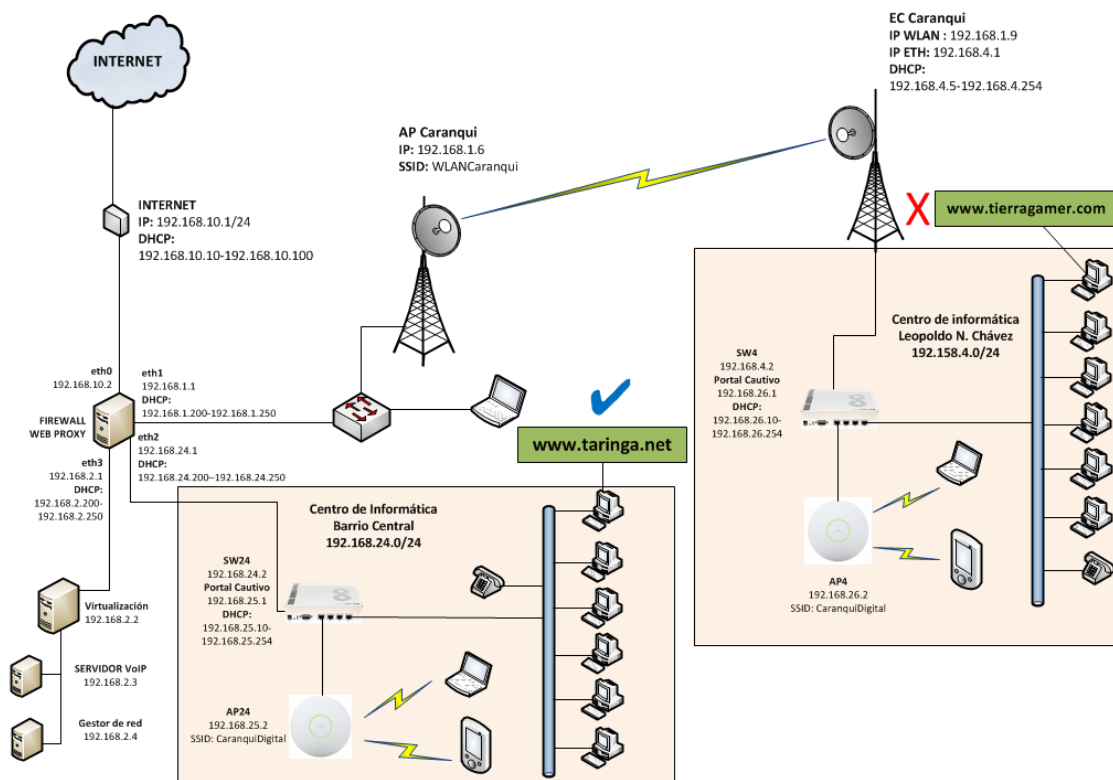


Figura 87: Escenario para la administración del servidor Proxy.
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del escenario descrito.

Como se muestra en la figura 87 las dos páginas para trabajar se encuentran de color verde en subredes diferentes pero se configurará para todo la red en general debido a que otros usuarios pueden tener el mismo inconveniente.

5.3.2 Procedimiento a seguir

1. Mediante previa autorización de la máxima autoridad de la parroquia o del administrador de la red se identificar las páginas que se requiere bloquear o abrir su navegación.
2. Se configura las páginas en listas blancas o negras según lo solicitado.

3. Se verifica la configuración de los logs del proxy para su verificación.

5.3.3 Solución del inconveniente

Para la configuración de listas blancas y negras se configura la página exactamente como se escribe en la barra de navegación para su utilización, se realiza la configuración según el ANEXO I.

Listas Blancas:

www.taringa.net

Listas negras:

www.tierragamer.com

Se verifica la conectividad mediante los logs del Proxy y el funcionamiento del servicio o la aplicación solicitada.

5.4 Administración de servidor VoIP y Video Streaming

Este servicio establece una comunicación entre barrios por medio de VoIP, además del servicio de videoconferencias mediante el video Streaming entre varios participantes para su utilización.

5.4.1 Descripción del escenario

El escenario solicita la creación de una nueva extensión telefónica para la red de administración y además una videoconferencia entre el barrio central, el barrio Guayaquil Alto y la red administración.

5.4.2 Procedimiento a seguir

Para la creación de una extensión telefónica se requiere la autorización de la máxima autoridad de la parroquia o el administrador de la red. Como se muestra en la figura 88 la extensión se encuentra en la red administración lo que requiere la configuración en la central telefónica de un nuevo número con los siguientes pasos:

1. Se receipta la autorización para la creación de la nueva extensión telefónica.
2. Se requiere la siguiente información para su creación:
 - a. Nombre de la persona o servicio a cargo de la extensión.
 - b. Servicios requeridos VoIP o Video Streaming.
 - c. Red o sitio donde se va a instalar la extensión.
3. Se verifica los números de extensiones ya creadas y se asigna un número para el nuevo servicio.
4. Se verifica su uso mediante una llamada telefónica desde la propia extensión.

Para la videoconferencia solicitada en las diferentes subredes como muestra la figura 88 se requiere la confirmación del buen funcionamiento de los softphone en cada punto de la videoconferencia y la confirmación del buen funcionamiento de las extensiones que utilizarán este servicio.

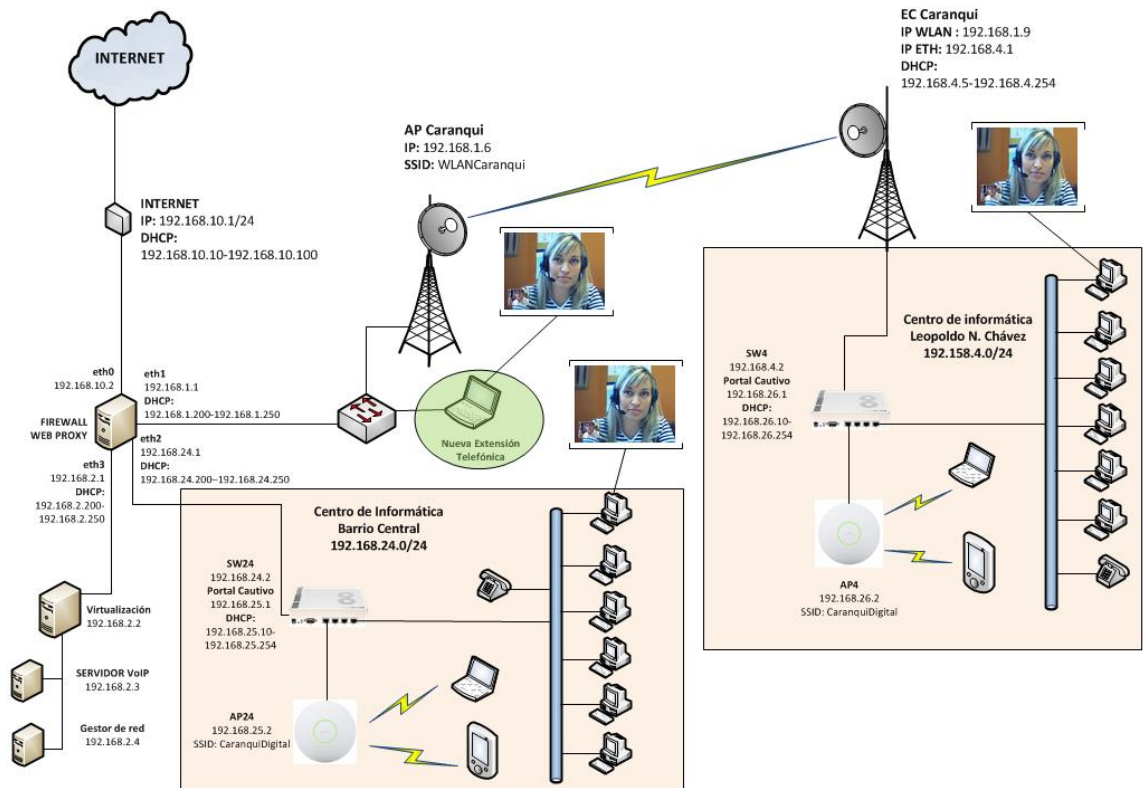


Figura 88: Escenario para la administración del servidor VoIP y VideoStreaming.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del escenario descrito.

5.4.3 Solución del inconveniente

Para la creación de una nueva extensión se debe configurar los siguientes requerimientos:

- Nombre de la extensión: Administración
- Numero de extensión: 123 (Se verifica la tabla 44 de las extensiones ya creadas)
- Protocolo: SIP
- Codec: G.729

Los mismos parámetros se configuran en el Teléfono IP para su funcionamiento.

Para la videoconferencia se debe confirmar si las extensiones soportan videostreaming mediante la activación del códec H.264, todos los parámetros ya mencionados se deben configurar según el ANEXO J en la central telefónica.

5.5 Administración del gestor de red

El servicio del gestor de red brinda una visualización de todos los equipos de conectividad de las tres capas de la arquitectura de la red.

5.5.1 Descripción del escenario

Se reporta una falla de conectividad y acceso al servicio de internet de un usuario desde el centro de informática Leopoldo N. Chávez como se muestra en la Figura 89.

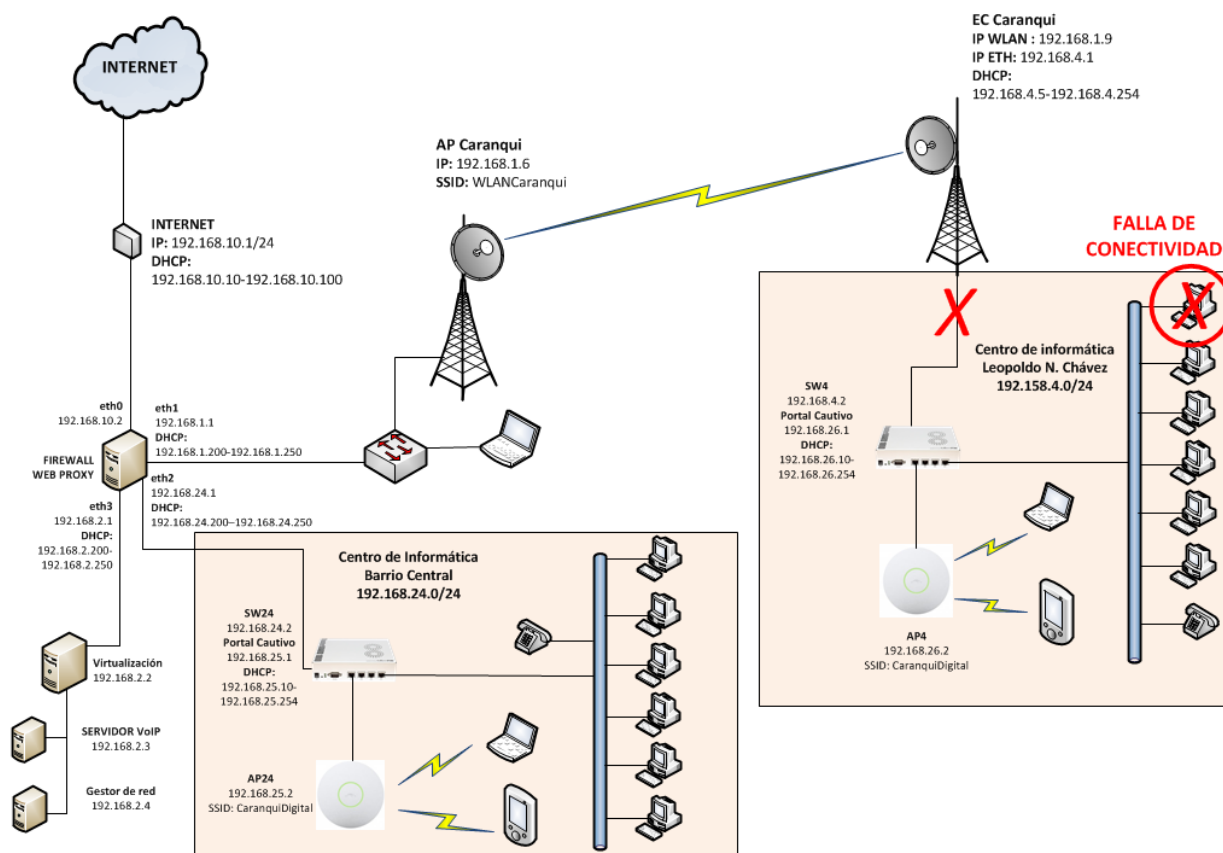


Figura 89: Escenario para la administración del gestor de red.
Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del escenario descrito.

La falla se reporta al administrador de la red y la solución se plantea utilizando el gestor de red con los siguientes pasos.

5.5.2 Procedimiento a seguir

1. Se realiza las pruebas de conectividad remota de nivel 1 por parte de la empresa o administrador de la red hacia el usuario final.
2. Se verifica mediante el gestor de red el lugar donde se reporta la falla de conectividad, además se verifica alguna alarma y la hora que se generó la falla según el ANEXO K .
3. Se evalúa las pruebas de nivel uno y los resultados del gestor y se identifica el inconveniente.
4. Se plantea la solución más conveniente.

5.5.3 Solución del inconveniente

Después de descartar problemas de nivel uno por parte de los usuarios se procede a verificar problemas de conectividad de equipos en el gestor de red que debe brindar visualmente caídas de equipos de conectividad. Una vez encontrado el equipo sin conexión se procede a realizar pruebas básicas con Ping o Tracert para verificar la conectividad al equipo mencionado como se muestra en el ANEXO K.

Como se muestra en la Figura 90 se realizó las pruebas de conectividad en los puntos uno, dos, tres y se confirmó el mal funcionamiento del swith de distribución del centro de información por lo que se requiere una vista de personal técnico especializado en el lugar.

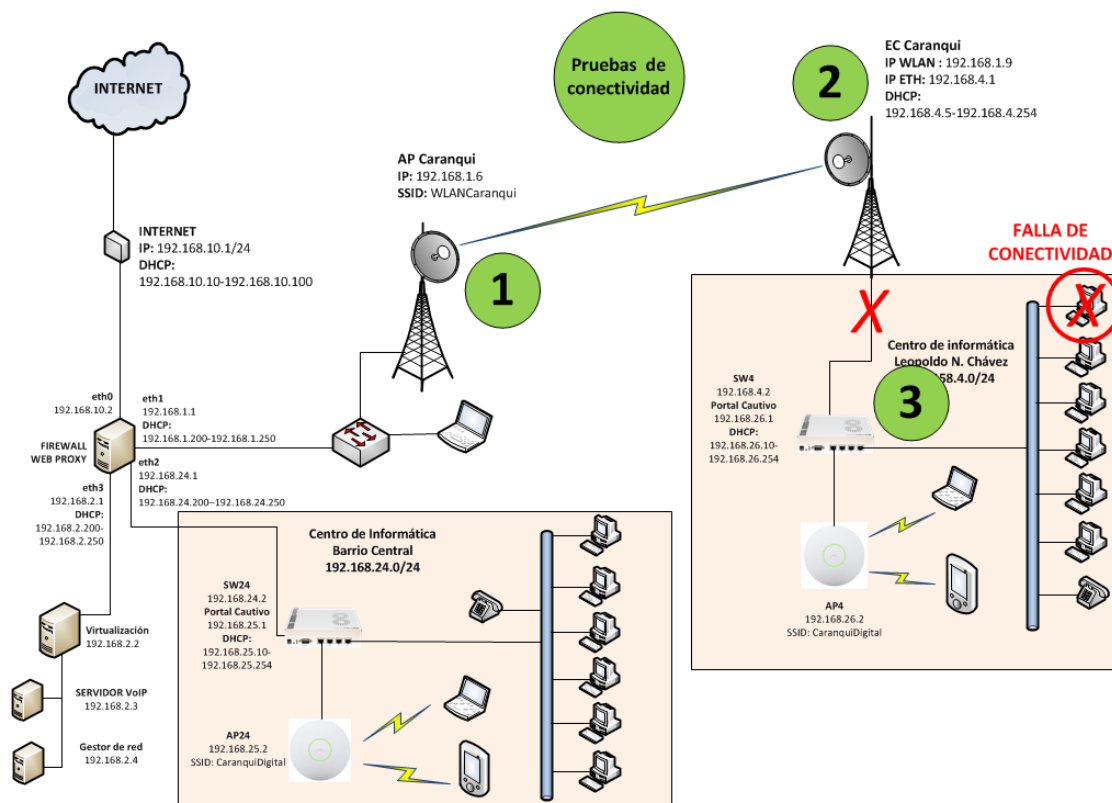


Figura 90: Pruebas de conectividad para solución del escenario de gestor de red.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez a partir del escenario descrito.

5.6 Administración del Portal Cautivo

El portal cautivo es una página de bienvenida que inicia cuando un usuario ingresa a un navegador en la red inalámbrica de cada centro de informática. Contiene información relevante de la red sus políticas de uso e información de la parroquia.

5.6.1 Descripción del escenario

Se debe realizar un cambio de imagen a la actual porta cautivo debido a un cambio de presentación de la parroquia.

Para esto es necesario el ingreso remoto a los switch de distribución en cada centro de informática para su actualización mediante configuración remota como se muestra en la Figura 91 en los equipos señalados de color naranja.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

6.1 Introducción

En este capítulo se realizó el análisis del costo beneficio a través de un presupuesto de hardware, software y herramientas necesarias para la presentación del nuevo sistema y su posible financiamiento para la implementación de la red inalámbrica de telecomunicaciones, que contribuya al logro de los objetivos esperados.

6.2 Presupuesto de Inversión

La inversión propuesta se fundamenta en el análisis de todos los requerimientos necesarios para poner en marcha el sistema de red inalámbrica y pueden agruparse en los equipos y tecnología que a continuación se muestran en el presupuesto de conectividad, variable y total:

6.2.1 Presupuesto de conectividad

Para determinar la conectividad e infraestructura del proyecto se realizó una lista de todos los equipos necesarios para ser utilizados en la implementación de la red inalámbrica de telecomunicaciones.

Tabla 61: Presupuesto de inversión para conectividad Inalámbrica.

Fuente: Elaborado por Edwin Túquerrez, basado en cotizaciones de empresas de telecomunicaciones.

Nº	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
22	Punto de acceso UbiquitiUnifi AP (UAP	79	1738
22	SwitchMikrotik RB2011UAS	148	3256
22	Radio y antenaNetkromISPAIR CPE 510	349	7678
22	Teléfonos IP GXP-2160	139	3058
3	Radio y antena Albentia (ARBA Pro)	4.166	12498
1	Switch UbiquitiEdgeRouter PRO ER-8	189	189
2	Radio Albentia (ARBA Pro)	4.166	8332
2	AntenasUbiquiti Rocket Dish Airmax	190	380
1	Switch UbiquitiEdgeRouter PRO ER-8	189	189
1	ServidorIBM X3250M4	2321	2321
1	Servidor ML10HP Proliant	665	665
1	Rack de Piso Beaucoup	1200	1200
22	Rack de pared	216	4752
1	UPS APS inteligente	623	623
22	UPS CDP	50	1100
1	Varios(Cables y conectores)	500	500
TOTAL			48479

6.2.2 Presupuesto de valores variables

Además de los equipos antes mencionados se necesitarán de los siguientes equipos y servicios adicionales, los mismos que pueden ser variables y dependientes de acuerdo a los convenios con entidades involucradas en el proyecto.

Tabla 62: Presupuestos de inversión variables.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez según cotizaciones de empresas y proveedores.

Nº	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Torre Estructural	2000	2000
1	Instalación de conectividad inalámbrica y acceso de todo el proyecto	4000	4000
132	PC de escritorio para los centros de informática	600	79200
60	Costo del acceso al internet mensual de 21 Megas para 5 años	1600	96000
TOTAL			181200

6.2.3 Presupuesto total

El presupuesto total es el resultado de la conectividad inalámbrica y los gastos variables que influyen en el servicio de la red propuesta: $48,479 + 181,200 = 229,679$. Para el análisis costo beneficio se tendrá en cuenta solo el primer valor como gasto del proyecto debido a que el segundo valor puede variar hasta llegar a cero ya que es un proyecto para el sector público y existen convenios que pueden omitir estos gastos.

6.3 Análisis de gastos de internet.

Los gastos para el proyecto de diseño de una red inalámbrica de telecomunicaciones la misma que es necesaria para los habitantes de la parroquia de Caranqui han sido identificados a través del servicio de internet inalámbrico corporativo para los centros de informática diseñados.

Estos gastos se tomaron de los precios que ofrece la empresa local de servicio de internet inalámbrico SAITEL con planes Small 1-3 con nivel de soporte 2

Tabla 63: Costo del servicio de internet con un proveedor privado.**Fuente:** Elaborado por Edwin Túquerrez a partir de los costos proporcionados del sitio web www.saitel.ec.

Laboratorios informáticos		Total de host finales	Velocidad de transferencia Simétrico	Gastos internet según proveedor local/ mes	Gastos por 5 años /60 meses
1	Juan de dios Navas–Naranjito	38	5,824 Kbps	350 USD	21,000 USD
2	Leopoldo N Chávez - San Cristóbal Alto - San Cristóbal de Caranqui	12	2,496 Kbps	150 USD	9,000 USD
3	Manzanal	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
4	Turupamba – San Francisco de Chorlavi	12	2,496 Kbps	150 USD	9,000 USD
5	Catzoloma	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
6	San Francisco de Chorlavisito	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
7	19 de Enero	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
8	Oscar Efrén Reyes - Ejido de Caranqui – Unión y Progreso	22	3,776 Kbps	250 USD	9,000 USD
9	Chamanal	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
10	20 de octubre	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
11	Guayaquil de Caranqui	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
12	Agustín Cueva Dávila - Vista Hermosa – 10 de Agosto	20	3,520 Kbps	250 USD	15,000 USD
13	El Naranjal	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
14	Yuyucocha	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
15	Olimpia Gudiño Vázquez - Cuatro Esquinas	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
16	Colegio Atahualpa – La Candelaria	26	4,288 Kbps	250 USD	15,000 USD
17	José Nicolás Vacas	4	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
18	Avelina Lazo de Plaza – Simón Bolívar	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
19	Juan Miguel Suarez	15	2,880 Kbps	200 USD	9,000 USD
20	Medardo Proaño Andrade - Unidad Artesanal de Caranqui - Bellavista de María	28	4,544 Kbps	250 USD	15,000 USD
21	Santa Lucia del Retorno	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
22	Central	6	1,728 kbps	100 USD	6,000 USD
Total					195,000 USD

Cabe mencionar que estos costos toman en cuenta solo el servicio de internet y el proyecto propone servicios añadidos y complementarios en la red inalámbrica.

6.4 Análisis costo beneficio

El Análisis de Costo Beneficio tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto, mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados en la realización del mismo.

Además es una técnica importante que pretende determinar la conveniencia de un proyecto mediante la valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados de dicho proyecto.

Este método se aplica a obras sociales, proyectos colectivos o individuales, empresas privadas, planes de negocios, entre otros, prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias sociales o económicas.

6.4.1 Importancia Del Costo Beneficio

El análisis Costo Beneficio, permite definir la factibilidad de las alternativas planteadas o de un proyecto a ser desarrollado. El análisis Costo/Beneficio involucra los siguientes pasos:

- a) Elaborar dos listas, la primera con los requerimientos para implementar el proyecto y la segunda con los beneficios que traerá el nuevo sistema de red inalámbrica de telecomunicaciones.
- b) Determinar los costos relacionados con cada factor. Algunos costos como la mano de obra, mantenimiento entre otros no se los toma en cuenta para el proyecto debido a que son provenientes de los convenios adquiridos.

- c) Sumar los costos totales para cada decisión propuesta.
- d) Poner las cifras de los costos y beneficios totales en relación donde los beneficios son el numerador y los costos son el denominador.

Para la determinación del costo beneficio se utilizó la siguiente fórmula tomando en cuenta el último literal antes mencionado y debido a que el proyecto no es rentable económicamente por ser dirigido al sector público.

6.4.2 Cálculo Costo Beneficio

La fórmula de relación de costo beneficio genera los siguientes criterios que guían las decisiones de aceptación o rechazo del proyecto:

- a) Si el C/ B es cero o positivo, el proyecto debe aceptarse.
- b) Si el C/ B es negativo, el proyecto debe rechazarse.

Para la determinar el costo beneficio se cuenta con los siguientes datos obtenidos de los cuadros de presupuesto de conectividad y de los gastos de internet:

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

Ecuación 10: Fórmula costo beneficio

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

Pago a Proveedores Independientes: 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 la implementación del sistema de red inalámbrica de telecomunicaciones privada con solo el servicio de internet.

6.5 Beneficiarios

Los beneficiarios directos e indirectos del proyecto propuesto constan de los alumnos de las distintas unidades educativas que según la tabla 3 del primer capítulo la parroquia cuenta con 2595 alumnos donde constan del nivel pre-primario, primario y secundario en la zona urbana y rural. Además se brindará 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, según la junta parroquial Caranqui cuenta con un estimado de 13000 habitantes o 3250 familias quienes utilizarán la red planteada directa o indirectamente.

6.6 Posibles Entidades Para Financiamiento Del Proyecto

La principal entidad para el financiamiento es la FODETEL que es el fondo de desarrollo de las telecomunicaciones adscrita a la MINTEL quien dirige este tipo de proyectos. En el ANEXO O se describe ejemplos de proyectos similares realizados.

El posible financiamiento puede tener interés por las instituciones públicas como son el gobierno provincial o el municipio de la ciudad de Ibarra quienes pueden ejecutar este tipo de proyectos.

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 brindará 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.

RECOMENDACIONES

- Para que un usuario nuevo quiera acceder a los servicios de la red es recomendable verificar si están dentro de los límites de la parroquia para poder garantizar los servicios que brinda la red y además que cumpla con los requisitos técnicos de equipos a ser utilizados para su conectividad.
- Se recomienda actualizar la información constantemente a las entidades reguladoras del país de los cambios que se produjeran en la operación y mantenimiento de la red, para evitar sanciones por parte de estos organismos de control.
- Se recomienda cumplir con las políticas generales de administración de la red y sus servicios, para evitar su mal funcionamiento y cortes de servicios provocados por mal uso de la infraestructura.
- Para el buen uso de los servicios se recomienda llevar una bitácora de cambios efectuados en cada uno de los servidores y su evaluación mensual por parte de los encargados de la red para su mantenimiento y actualización.
- Se recomienda a la máxima autoridad vigente en la parroquia solicitar reportes mensuales del buen funcionamiento de los servicios a la empresa o personas encargadas de la red para verificar su funcionamiento.
- Se recomienda difundir las políticas de seguridad y buen uso de los servicios de la red para evitar que la infraestructura sea utilizada con fines ajenos a los objetivos planteados del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ WIFI Alliance. (2013). Tecnología Wi-Fi. Recuperado de: <http://www.wi-fi.org/who-we-are>
- ✓ WIMAX FORUM. (2013). Tecnología WiMAX. Recuperado de: <http://www.wimaxforum.org/membership/membership-mission>
- ✓ Jack L. B., Julia A., Jared S. E., William T.M. (Junio del 2013). Wireless Networking Understanding Internetworking Challenges. Canada. Wiley-IEEE Press
- ✓ Bibliotecas UDLAP. (2013). Estándar IEEE 802.15.3. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo5.pdf
- ✓ Bluetooth. (2013). Tecnología básica Bluetooth. Recuperado de: <http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>
- ✓ Bibliotecas UDLAP. (2013). Estándar IEEE 802.15.1. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo3.pdf
- ✓ ZigBee Alliance. (2013). Normas ZigBee generales. Recuperado de: <http://www.zigbee.org/Standards/>
- ✓ Astrofísica y Física. (2012). Espectro Electromagnético. Recuperado de: <http://www.astrofisicayfisica.com/2012/06/que-es-el-espectro-electromagnetico.html>
- ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2013). Región UIT. Recuperado de: <http://wikitel.info/wiki/Regi%C3%B3n UIT>
- ✓ Garcia J.R. Morales G.S. (2012). Instalaciones de radiocomunicaciones primera edición. España. Ediciones Paraninfo
- ✓ Es la red. (2012). Física de la radio. Recuperado de: <http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/01-Fisica de la radio-es-v4.7.pdf>
- ✓ Slideshare. (2012). Antenas. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/lmf87/antenas-13499106>
- ✓ WNDW. (Febrero del 2013). Libro redes inalámbricas en países en desarrollo tercera edición. Hacker Friendly LLC

- ✓ Cisco. (2010). Designing and Deploying 802.11n Wireless Networks. Estados Unidos. Cisco Press
- ✓ Tanenbaum A. S. (2011). Redes de computadoras quinta edición. Estados Unidos. Pearson
- ✓ Stallings W. (2004). Comunicaciones y redes de computadores. España. Pearson
- ✓ CASIOPEA. (2012). Red Mesh. Recuperado de: [http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Red Mesh](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Red_Mesh)
- ✓ Rendon A. G. (2011). Tecnologías de la información y comunicación para zonas rurales primera edición. España. ADVANTIA
- ✓ Araujo G. (Enero 2008). Redes Inalámbricas para zonas rurales primera edición. Perú. Willay
- ✓ IEEE Standards Association. (2014). Estándar IEEE 802.16-2012. Recuperado de: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.16-2012.html>
- ✓ IEEE Standards Store. (2013). Estandar IEEE 802.16-2009. Recuperado de: http://www.techstreet.com/ieee/products/vendor_id/4184
- ✓ Repositorio Digital ESPE. (2008). Proyecto de Grado para la obtención del título de ingeniería “Desarrollo del simulador para un modelo de propagación del análisis de cobertura en conformidad con el estándar IEEE 802.16-2009 (Fixed Wireless MAN OFDM)”. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5590/1/T-ESPE-033736.pdf>
- ✓ Repositorio Institucional Universidad Pontificia Bolivariana. (2013). Calidad de servicio multicapa en una red IP basada en WIMAX. Recuperado de: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1032/1/digital_18496.pdf
- ✓ Redes Wimax. (2011). Calidad y servicio (QoS). Recuperado de: <http://redeswimax.jimdo.com/wimax/acceso-al-medio/calidad-de-servicio-qos/>
- ✓ AXIS communications. (2014). Estándar de compresión de video H.264. Recuperado de: http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_h264_31805_es_0804_lo.pdf
- ✓ Enseñar es aprender dos veces. (2013). VP8 Vs H.264. Recuperado de: <http://aprendiendo2veces.blogspot.com/2013/05/vp8-vs-h264.html>

- ✓ Slideshare. (2014). Trabajo de investigación: “Portal Cautivo”. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/valericio1/portal-cautivo>
- ✓ Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2014). Valores, Misión, Visión. Recuperado de: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/>
- ✓ Secretaria Nacional de Telecomunicaciones. (2014). Valores, Misión, Visión. Recuperado de: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/secretaria_nacional_telecomunicaciones/
- ✓ Consejo Nacional de Telecomunicaciones, (2013). CONATEL. Recuperado de: <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/conatel/>
- ✓ Superintendencia de Telecomunicaciones. (2013). Organización, Misión y Visión. Recuperado de: http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=10&Itemid=109
- ✓ Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). Constitución del Ecuador 2008. Recuperado de: <http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/Constitucion-2008.pdf>
- ✓ Secretaria Nacional de Telecomunicaciones. (2013). Ley orgánica de comunicación. Recuperado de: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/ley_organica_comunicacion.pdf
- ✓ Organización de Estados Americanos. (2014). Ley Especial de Telecomunicaciones. Recuperado de: http://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic4_ecu_especial.pdf
- ✓ Laboratorio de Proceso de imagen. (2006). MOS método que califica a los códec de voz. Recuperado de: http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_07_08/io5/public_html/Parametros.htm
- ✓ TechNet Microsoft. (2014). Requisitos de ancho de banda de red para el tráfico multimedia. Recuperado de: <http://technet.microsoft.com/es-es/library/jj688118.aspx>

ANEXOS