

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

### DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA WIFI LONG DISTANCE PARA LOS ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS DEL ÁREA ANDINA DEL CANTÓN COTACACHI

### PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**Autor: Sofía Elizabeth Rosero Arévalo**

**Director: Ing. Irving Reascos**

**Ibarra - Ecuador  
2015**



## 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 expreso mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
<b>Cédula de Identidad</b>	100300876-8
<b>Apellidos y Nombres</b>	Sofía Elizabeth Rosero Arévalo
<b>Dirección</b>	Av. 17 de Julio 7-132
<b>Email</b>	sera_939@hotmail.com
<b>Teléfono Fijo</b>	062607913
<b>Teléfono Móvil</b>	0969702210

DATOS DE LA OBRA	
<b>Título</b>	DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA WIFI LONG DISTANCE PARA LOS ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS DEL ÁREA ANDINA DEL CANTÓN COTACACHI
<b>Autor</b>	Sofía Elizabeth Rosero Arévalo
<b>Fecha</b>	
<b>Programa</b>	Pregrado
<b>Título por el que se aspira</b>	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
<b>Director</b>	Ing. Irving Reascos

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Sofía Elizabeth Rosero Arévalo, con cédula de identidad Nro. 1003008768, 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: Sofía Elizabeth Rosero Arévalo

Cédula: 10030067868

Ibarra a los diecinueve días del mes de Febrero del 2015



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, **Sofía Elizabeth Rosero Arévalo**, con cédula de identidad Nro. 1003008768, 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 autora de la obra o trabajo de grado denominado: **"DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA WIFI LONG DISTANCE PARA LOS ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS DEL ÁREA ANDINA DEL CANTÓN COTACACHI"**, 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 plenamente 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.

Firma

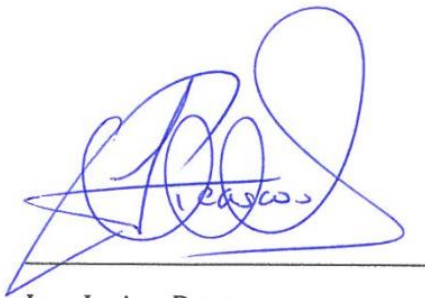
Nombre: Sofía Elizabeth Rosero Arévalo

Cédula: 1003008768

Ibarra a los diecinueve días del mes de febrero del 2015

## CERTIFICACIÓN

Certifico, que el presente trabajo de titulación "DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA WIFI LONG DISTANCE PARA LOS ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS DEL ÁREA ANDINA DEL CANTÓN COTACACHI" fue desarrollado en su totalidad por el Sta. Sofía Elizabeth Rosero Arévalo, bajo mi supervisión.



Ing. Irving Reascos

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.



Firma

Nombre: Sofía Elizabeth Rosero Arévalo

Cédula: 1003008768

Ibarra a los diecinueve días del mes de febrero del 2015

## DECLARACIÓN

Yo, **Sofía Elizabeth Rosero Arévalo**, con cédula de identidad Nro. 1003008768, 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

Nombre: Sofia Elizabeth Rosero Arévalo

Cédula: 1003008768

## AGRADECIMIENTO

*El hombre rompe barreras y crea escalones a lo largo de su vida hasta lograr sus objetivos. Con el mayor de los anhelos empecé la carrera universitaria y al terminar este último proyecto de fin de carrera agradezco infinitamente Dios y a la Virgen por mantenerme firme y constante en este periodo que culmina.*

*Agradezco el ejemplo de sacrificio y la formación que me dieron mis padres Mamita Marujita y Papito Luis. Mi querida Adelita antes que una madre mi mejor amiga te agradezco todo lo que has hecho por verme triunfar en la vida que he elegido seguir.*

*Geovanny por todo el ánimo y apoyo que me has brindado te doy las gracias por ser mi compañero, mi amigo.*

*Mi muy especial agradecimiento al Ingeniero Irving por guiarme y apoyarme durante el transcurso de la elaboración de este proyecto, mi respeto y admiración a la labor que desempeña.*

*Al Lic. Manuel Narváez y al Ing. Heriberto Sanipatin director del Departamento de Tecnologías en el Municipio de Cotacachi, por facilitarme la realización del presente proyecto.*

*Un afectuoso reconocimiento a los docentes de la carrera que han sabido sembrar el conocimiento en cada uno de sus estudiantes.*

*A todos los compañeros de clases y amigos que de una u otra forma se convirtieron en colegas de viaje hacia la culminación de una meta más.*

*Sofía R.*



## DEDICATORIA

*La finalización de esta carrera que se consolida con este proyecto se la dedico con especial cariño a mi Papi Luis y mi Mami Marujita y mi Madre querida Adelita por todos los esfuerzos que han hecho para que pueda llegar a culminar mis estudios por ser mi soporte y motivación.*

*A mi querida ñañita Sandra y a mis adorados sobrinos por estar siempre presentes en mi vida los quiero mucho.*

*A mi querido esposo Geovanny y a mi adorado hijo Albertito les dedico esta meta cumplida gracias por permanecer a mi lado dándome ánimos en todo momento son la razón de continuar siempre adelante.*

*Sofia R.*

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	V
CONSTANCIA.....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VIII
DEDICATORIA .....	IX
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVI
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XVIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIX
RESUMEN .....	XX
ABSTRACT .....	XXI
PRESENTACIÓN.....	XXII
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	1
1.1.2. LÍMITES POLÍTICOS ADMINISTRATIVOS.....	2
1.1.3. ORGANIZACIÓN TERRITORIAL .....	3
1.1.4. DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL.....	4
1.1.5. SITUACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y TOPOGRÁFICA .....	4
1.1.5.1. CLIMA .....	4
1.1.5.2. RELIEVE.....	5
1.1.6. SITUACIÓN SOCIAL .....	5
1.1.6.1. EDUCACIÓN.....	5
<b>1.2. PROBLEMA.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>7</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	7
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5. ALCANCE .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>12</b>
<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA TECNOLOGÍA WI-FI LONG DISTANCE (WILD).....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. INTRODUCCIÓN AL ESTÁNDAR IEEE 802.11 .....</b>	<b>12</b>
2.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	12
2.1.2. INICIOS Y EVOLUCIÓN .....	13
<b>2.2. FAMILIA DE ESTÁNDARES IEEE 802.11.....</b>	<b>17</b>
2.2.1. IEEE 802.11A.....	17

2.2.2.	IEEE 802.11B.....	18
2.2.3.	IEEE 802.11G.....	19
2.2.4.	IEEE 802.11N.....	19
2.2.5.	IEEE 802.11AC.....	20
2.2.6.	COMPARACIÓN DE ESTÁNDARES.....	21
<b>2.3.</b>	<b>ARQUITECTURA LÓGICA DE 802.11.....</b>	<b>21</b>
2.3.1.	CAPA FÍSICA (PHY).....	22
2.3.1.1.	ESPECTRO ENSANCHADO POR SALTO DE FRECUENCIA (FHSS).....	24
2.3.1.2.	ESPECTRO ENSANCHADO DE SECUENCIA DIRECTA (DSSS).....	25
2.3.1.3.	MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA ORTOGONAL (OFDM).....	25
2.3.1.4.	MULTIPLE-INPUT MULTIPLE-OUTPUT (MIMO).....	26
2.3.2.	CAPA ENLACE DE DATOS.....	26
2.3.2.1.	SUBCAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC).....	27
2.3.2.1.1.	TIPOS DE ACCESO AL MEDIO DE LA SUBCAPA MAC.....	28
2.3.2.1.1.1.	Distributed Coordination Function (DCF).....	28
2.3.2.1.1.2.	Point Coordination Function (PCF).....	31
<b>2.4.</b>	<b>WIFI PARA LARGAS DISTANCIAS.....</b>	<b>31</b>
2.4.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	32
2.4.2.	MODIFICACIONES EN EL ESTÁNDAR 802.11.....	32
2.4.2.1.	CAPA FÍSICA EN LARGAS DISTANCIAS.....	32
2.4.2.2.	CAPA MAC EN LARGAS DISTANCIAS.....	34
2.4.3.	ALTERNATIVAS 802.11 PARA LARGAS DISTANCIAS.....	36
2.4.3.3.	TECNOLOGÍAS PROPIETARIAS BASADOS EN WI FI.....	36
2.4.4.	ANTENAS EMPLEADAS EN LARGAS DISTANCIAS.....	38
2.4.4.4.	TIPOS DE ANTENAS.....	39
2.4.4.4.1.	OMNIDIRECCIONALES.....	40
2.4.4.4.2.	DIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES.....	40
2.4.4.4.3.	SECTORIALES.....	41
2.4.4.5.	CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE UNA ANTENA.....	41
<b>2.5.</b>	<b>PRESUPUESTO DEL ENLACE.....</b>	<b>42</b>
2.5.1.	FACTORES EMPLEADOS EN EL BALANCE DE POTENCIAS.....	43
2.5.1.1.	POTENCIA DE TRANSMISIÓN (TX).....	43
2.5.1.2.	GANANCIA DE LAS ANTENAS.....	43
2.5.1.3.	SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR.....	43
2.5.1.4.	PÉRDIDAS EN LOS CABLES.....	43
2.5.1.5.	PÉRDIDA EN ESPACIO LIBRE.....	43
2.5.1.6.	ZONA DE FRESNEL.....	44
2.5.1.7.	CALCULO DEL PRESUPUESTO DEL ENLACE.....	45
2.5.1.8.	MARGEN DE DESVANECIMIENTO.....	46
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>ANÁLISIS DE ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.</b>	<b>CONTEXTO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL PAÍS.....</b>	<b>48</b>
3.2.1.	ANÁLISIS DE LA CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.....	48
3.2.2.	ANÁLISIS DEL PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR 2013-2017.....	49

3.2.3.	ANÁLISIS DEL CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD) .....	50
<b>3.3.</b>	<b>ASPECTOS JURÍDICOS DEL ESPECTRO RADIO ELÉCTRICO EN EL ECUADOR.....</b>	<b>51</b>
3.3.1.	ANÁLISIS A LA LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES .....	51
3.3.2.	ANÁLISIS AL REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES REFORMADA .....	52
3.3.3.	ANÁLISIS AL REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES.....	53
3.3.4.	ANÁLISIS DEL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	53
<b>3.4.</b>	<b>NORMA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA.....</b>	<b>56</b>
3.4.1.	FORMULARIOS NECESARIOS PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA .....	59
<b>3.5.</b>	<b>ORGANISMOS RESPONSABLES DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR. ....</b>	<b>60</b>
3.5.1.	MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN (MINTEL)..	61
3.5.1.1.	FUNCIONES Y COMPETENCIAS DEL MINTEL.....	62
3.5.2.	CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL) .....	62
3.5.2.1.	FUNCIONES Y COMPETENCIAS DEL CONATEL .....	63
3.5.3.	SECRETARIA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (SENATEL).....	63
3.5.3.1.	FUNCIONES Y COMPETENCIAS DE LA SENATEL.....	64
3.5.4.	SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES (SUPERTEL).....	64
3.5.4.1.	FUNCIONES Y COMPETENCIAS DE LA SUPERTEL .....	65
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>.....</b>	<b>67</b>
<b>DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA</b>	<b>.....</b>	<b>67</b>
<b>4.1.</b>	<b>DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS INICIALES DEL PROYECTO .....</b>	<b>67</b>
4.1.1.	PUNTOS INVOLUCRADOS EN LA RED.....	68
4.1.1.1.	CENTRO DE PROCESO DE DATOS MUNICIPIO DE COTACACHI .....	68
4.1.1.2.	ENLACE TRONCAL PRINCIPAL .....	69
4.1.1.3.	INSTITUCIONES BENEFICIARIAS.....	70
4.1.1.3.1.	INSTITUCIONES BENEFICIARIAS PARROQUIA IMANTAG.....	71
4.1.1.3.2.	INSTITUCIONES BENEFICIARIAS PARROQUIA QUIROGA .....	72
4.1.1.3.3.	INSTITUCIONES BENEFICIARIAS EN COTACACHI .....	73
4.1.1.3.4.	INSTITUCIONES BENEFICIARIAS EN TODA LA ZONA ANDINA DEL CANTÓN COTACACHI	74
4.1.2.	INFORMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y BENEFICIARIOS .....	76
4.1.3.	POSICIÓN GEO REFERENCIAL DE LAS ENTIDADES EDUCATIVAS.....	80
4.1.4.	POSICIÓN GEO REFERENCIAL DE EMPLAZAMIENTOS DETERMINADOS PARA EL ENLACE TRONCAL	81
4.1.5.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	82
4.1.5.1.	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD MÁXIMA REQUERIDA CASO DE ESTUDIO .....	82
<b>4.2.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TÉCNICO .....</b>	<b>93</b>
4.2.1.	ARQUITECTURA DE RED INALÁMBRICA .....	93
4.2.2.	MODO DE OPERACIÓN Y TOPOLOGÍA DE LA RED .....	94
4.2.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA WILD SELECCIONADAS .....	95
4.2.4.	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE EQUIPOS PROPUESTOS.....	96
4.2.4.1.	ROUTER INALÁMBRICO DE LARGA DISTANCIA O PLACA SBC (SINGLE BOARD COMPUTER) .....	96

4.2.4.1.1.	PLACA SBC A UTILIZAR PARA LA RED TRONCAL Y RED TRONCAL SECUNDARIA 97	
4.2.4.1.2.	PLACA SBC A UTILIZAR PARA PUNTOS DE ACCESO DEL CLIENTE. ....	99
4.2.4.2.	TARJETAS DE RED INALÁMBRICAS.....	100
4.2.4.2.1.	TARJETA DE RED INALÁMBRICA A UTILIZAR PARA LA PLACA SBC.....	100
4.2.4.3.	ANTENAS.....	101
4.2.4.2.2.	ANTENAS DIRECTIVAS UTILIZADAS PARA ENLACE TRONCAL .....	102
4.2.4.2.3.	ANTENAS SECTORIALES UTILIZADAS PARA ENLACES DE DISTRIBUCIÓN.....	103
4.2.4.2.4.	ANTENAS DIRECTIVAS UTILIZADAS PARA ENLACE TRONCAL Y ESTACIONES CLIENTE .....	104
4.2.4.4.	PIGTAILS .....	105
4.2.4.4.1.	PIGTAIL DE CONECTORES MMCX A N-HEMBRA.....	105
4.2.4.4.2.	PIGTAIL DE CONECTORES N-MACHO A N-MACHO.....	106
4.2.4.4.3.	PIGTAIL DE CONECTORES RP-SMA A N-MACHO.....	106
<b>4.3.</b>	<b>PLANIFICACIÓN RADIOELÉCTRICA.....</b>	<b>107</b>
4.3.1.	EMPLAZAMIENTOS.....	107
4.3.2.	ESTUDIO DE COBERTURA DE EMPLAZAMIENTOS DETERMINADOS PARA EL ENLACE TRONCAL HACIA LA RED DE ACCESO. ....	111
4.3.3.	SIMULACIÓN DE LOS RADIOENLACES .....	114
4.3.3.1.	SIMULACIÓN DE ENLACE TRONCAL PUNTO A PUNTO .....	114
4.3.3.2.	SIMULACIÓN DE ENLACES PUNTO A MULTIPUNTO .....	117
4.3.4.	CÁLCULO DEL PRESUPUESTO DEL ENLACE.....	151
4.3.5.	DETALLES DE LOS EMPLAZAMIENTO.....	153
<b>4.4.</b>	<b>DIRECCIONAMIENTO LÓGICO .....</b>	<b>155</b>
<b>4.5.</b>	<b>POLÍTICAS DE CONTROL DE ACCESO A PAGINAS WEB IMPROCEDENTES .....</b>	<b>170</b>
	<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>173</b>
	<b>ANÁLISIS COSTO BENEFICIO .....</b>	<b>173</b>
<b>5.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>173</b>
<b>5.2.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS.....</b>	<b>173</b>
5.2.1.	ANÁLISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN .....	173
5.2.1.1.	COSTOS DE LA RED TRONCAL Y RED DE ACCESO .....	173
5.2.2.	ANÁLISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN .....	175
5.2.3.	COSTO TOTAL DEL PROYECTO .....	176
<b>5.3.</b>	<b>ANÁLISIS DE BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>177</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>178</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>183</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>185</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización Geográfica del Cantón Cotacachi.....	2
Figura 2: Localización Geográfica del cantón Cotacachi.....	2
Figura 3: División Parroquial del Cantón Cotacachi.....	3
Figura 4: Distribución Poblacional del cantón Cotacachi.....	4
Figura 5: Evolución del Estándar IEEE 802.11.....	14
Figura 6: Evolución de las especificaciones del Estándar IEEE 802.11.....	17
Figura 7: Arquitectura Lógica 802.11 en correspondencia con el modelo OSI.....	22
Figura 8: División de la capa Física del protocolo IEEE 802.11.....	23
Figura 9: Configuración MIMO 2x2.....	26
Figura 10: División de la Capa de Enlace de datos en el protocolo 802.11.....	27
Figura 11: Confirmación de niveles de la capa MAC.....	29
Figura 12: Espacio entre Tramas.....	30
Figura 13: Mecanismo de Función de Punto de Coordinación (PCF).....	31
Figura 14: Conexión entre el Radio la línea de Transmisión y la Antena.....	39
Figura 15: Área de cobertura de las ondas electromagnéticas en una antena omnidireccional. .....	40
Figura 16: Área de cobertura de las ondas electromagnéticas en una antena direccional.....	40
Figura 17: Área de cobertura de las ondas electromagnéticas en una antena sectorial.....	41
Figura 18: Factores considerados en el Balance de potencias de un Sistema Inalámbrico.....	42
Figura 19: Primera y segunda Zona de Fresnel.....	44
Figura 20: Factores que intervienen en el Presupuesto de Poencias de un enlace.....	45
Figura 21: División de Regiones para la Regulación del ondas de Radio de acuerdo a la UIT..	54
Figura 22: Asignación de Bandas de Frecuencia y Longitudes de Onda.....	55
Figura 23: Estructura de los Organismos Reguladores de las Telecomunicaciones en el Ecuador.....	61
Figura 24: Ubicación del Municipio de Cotacachi.....	68
Figura 25: Ubicación Geográfica de los Nodos Seleccionados para el Enlace Troncal.....	70
Figura 26: Ubicación Geográfica de las Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Inmantag.....	71
Figura 27: Ubicación Geográfica de las Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Quiroga .....	72
Figura 28: Ubicación Geográfica de las Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Cotacachi.....	73
Figura 29: Ubicación Geográfica de las Instituciones Beneficiarias de la totalidad de la Zona Andina.....	75
Figura 30: Tiempo teórico de descarga de datos en línea a diferentes velocidades de conexión .....	83
Figura 31: Esquema de la Red con arquitectura de la Red Inalámbrica.....	94
Figura 32: Placa Mikrotik RB433AH.....	98
Figura 33: Placa Mikrotik RB411.....	99
Figura 34: Adaptador de Red Inalámbrico Mikrotik R52Hn.....	101
Figura 35: Antena Ubiquiti Airmax DISH Parabólica de 30 dBi a 5 GHz.....	102
Figura 36: Antenas Sectoriales Ubiquiti AirMAX de 5GHz 19 dBi a 120° y 20 dBi a 90°.....	104
Figura 37: Antena Grilla Lanbowan ANT4958D28PG-DP 5GHz 28 dBi.....	105

Figura 38: Pigtail MMCX N-Hembra.....	106
Figura 39: Pigtail N-Macho N-Macho.....	106
Figura 40: Pigtail RP-SMA N-Macho.....	106
Figura 41: Diagrama de Red Troncal.....	109
Figura 42: Topología detallada de la Red de Distribución y de Acceso a los Clientes.....	110
Figura 43: Escala de colores representación de nivel de señal de Potencia de Recepción en dBm.....	111
Figura 44: Cobertura de las estaciones de Repetición en la red Troncal desde las Antenas Directivas del Repetidor Municipio de Cotacachi; simulación realizada en el software Radio Mobile.....	112
Figura 45: Área de Cobertura de la Antena sectoriales a 120° y la Antena Directiva en el Repetidor de Loma Negra; simulación realizada en el software Radio Mobile. ....	112
Figura 46: Área de Cobertura de las Antenas sectoriales que cubren un área de 120° y de 180° en el Repetidor del Municipio de Cotacachi; simulación realizada en el software Radio Mobile.....	113
Figura 47: Área de Cobertura de la Antena sectorial que cubren un área de 90° en el Repetidor de la Institución Educativa Marcelino Alzamora; simulación realizada en el software Radio Mobile.....	113
Figura 48: Descripción del Balance general de Potencias Municipio de Cotacachi- Loma Negra .....	151
Figura 49: Cerro Yanahurco - Loma Negra.....	153
Figura 50: Caseta en Torre Cerro Yanahurco.....	153
Figura 51: Torre Cerro Yanahurco de Municipio de Cotacachi.....	154
Figura 52: Actuales instalaciones Municipio de Cotacachi.....	154
Figura 53: Institución Educativa Marcelino Alzamora.....	155
Figura 54: Direccionamiento Lógico para la Red de Troncal o de Backhaul.....	164
Figura 55: Direccionamiento Lógico para la Estación Base Municipio de Cotacachi y parte de sus enlaces de distribución.....	165
Figura 56: Direccionamiento Lógico para la Estación Base Municipio de Cotacachi y parte de sus enlaces de distribución.....	166
Figura 57: Direccionamiento Lógico para la Estación Base Municipio de Cotacachi y parte de sus enlaces de distribución.....	167
Figura 58: Direccionamiento Lógico para la Estación Base Loma Negra y sus enlaces de distribución.....	168
Figura 59: Direccionamiento Lógico para la Estación Base Marcelino Alzamora y sus enlaces de distribución.....	169
Figura 60: Arquitectura del Servidor Proxy .....	171

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de Establecimientos, Estudiantes y Docentes en el cantón Cotacachi.....	6
Tabla 2: Historia de IEEE 802.11 Activa Normalización.....	15
Tabla 3: Comparación de las versiones del Estándar 802.11 .....	21
Tabla 4: Máxima Potencia Transmisible por Región en banda de frecuencia ISM. ....	33
Tabla 5: Bandas de Frecuencia permitidas para Sistemas de Modulación digital de banda ancha .....	57
Tabla 6: Tabla de Potencias Pico Máxima del Transmisor respecto a la Frecuencia de Operación.....	58
Tabla 7: Potencias de los Equipos de acuerdo a la radiación de las Antenas.....	59
Tabla 8: Tabla de Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Inmantag.....	72
Tabla 9: Tabla de Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Quiroga .....	73
Tabla 10: Tabla de Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Cotacachi .....	74
Tabla 11: Beneficiarios por cada establecimiento educativo. ....	76
Tabla 12: Infraestructura Computacional de cada Unidad Educativa .....	78
Tabla 13: Coordenadas Geográficas de los Establecimientos Educativos.....	80
Tabla 14: Posición Geo referencial de los Puntos expuestos para la Red Troncal.....	82
Tabla 15: Consumo de Ancho de Banda requerido por aplicación en Internet .....	82
Tabla 16: Asignación de número de dispositivos inalámbricos de acuerdo al número de estudiantes y docentes de la institución .....	87
Tabla 17: Ancho de Banda requerido por cada establecimiento de acuerdo al número total de computadores y posibles dispositivos Inalámbricos a Interconectarse.....	89
Tabla 18: Crecimiento de Alumnos en la Zona Andina del cantón Cotacachi en los años 2008 .....	92
Tabla 19: Lugares Interconectados a la Red Troncal.....	107
Tabla 20: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Loma Negra .....	114
Tabla 21: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Marcelino Alzamora .....	115
Tabla 22: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Nazacota Puento....	117
Tabla 23: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Rceci Domingo Albuja .....	118
Tabla 24: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Piava San Pedro .....	119
Tabla 25: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Trajano Naranjo....	120
Tabla 26: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Luis Ulpiano de la Torre .....	121
Tabla 27: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Hortensia Yépez Tobar .....	122
Tabla 28: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Leticia Proaño Reyes .....	123
Tabla 29: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Pichincha.....	124
Tabla 30: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Luis Plutarco Cevallos .....	125
Tabla 31: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Eloy Proaño.....	126
Tabla 32: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – 28 de Junio .....	127



Tabla 33: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Andrés Avelino de la Torre .....	128
Tabla 34: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Miguel de Cervantes .....	129
Tabla 35: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Enrique Vacas Galindo .....	130
Tabla 36: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Jorge Gómez Andrade .....	131
Tabla 37: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Marco Tulio Hidrobo .....	132
Tabla 38: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Manuela Cañizares	133
Tabla 39: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – José Vasconcelos...	134
Tabla 40: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Juan Francisco Cevallos .....	135
Tabla 41: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Modesto Peñaherrera .....	136
Tabla 42: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – 6 de Julio .....	137
Tabla 43: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Cecib Alejo Saes .....	138
Tabla 44: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Marco Herrera Escalante .....	139
Tabla 45: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – San Jacinto.....	140
Tabla 46: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Hernando de Magallanes .....	141
Tabla 47: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Monseñor Bernardino .....	142
Tabla 48: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Martin Alonso Gonzales.....	143
Tabla 49: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Dr. Ignacio Salazar .....	144
Tabla 50: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Red Educativa Imantag.....	145
Tabla 51: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra –Provincia del Oro.....	146
Tabla 52: Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Luis Alberto Moreno.....	147
Tabla 53: Resultados de la Simulación Enlace Marcelino Alzamora – Virgilio Torres Valencia .....	148
Tabla 54: Resultados de la Simulación Enlace Marcelino Alzamora – Segundo Luis Moreno	149
Tabla 55: Resultados de la Simulación Enlace Marcelino Alzamora – Cuicocha .....	150
Tabla 56: Subred Asignada y Numero de Host requeridos por el proyecto.....	156
Tabla 57: Direccionamiento Lógico General.....	157
Tabla 58: Direccionamiento Lógico.....	158
Tabla 59: Reglas de Acceso a contenido del Servidor Proxy.....	170
Tabla 60: Costos Referenciales de Infraestructura de la red.....	173
Tabla 61: Costos Referenciales de Telecomunicaciones de la red.....	174
Tabla 62: Costo correspondiente al sistema de Energía y Protección eléctrica .....	175
Tabla 63: Costos correspondientes al Sistema Informático de los Centros Educativos .....	175
Tabla 64: Costos de operación de la red.....	176
Tabla 65: Costo Total del Proyecto.....	176

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de las Pérdidas en el Espacio Libre .....	44
Ecuación 2: Cálculo del radio de la primera Zona de Fresnel.....	45
Ecuación 3: Cálculo del balance de Potencias del enlace .....	46
Ecuación 4: Cálculo del Margen de Desvanecimiento del enlace.....	46
Ecuación 5: Cálculo de la Capacidad Máxima por nodo de conexión fija.....	86
Ecuación 6: Cálculo de la Capacidad Máxima reservada para dispositivos inalámbricos .....	88
Ecuación 7: Cálculo de la Capacidad Máxima de salida garantizada para la red.....	91

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO A**

REGISTRO DE INFORMACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS DE COTACACHI SEGÚN EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN

### **ANEXO B**

UNIDADES EDUCATIVAS ESTABLECIDAS PARA EL PROYECTO DE INTERCONECTIVIDAD

### **ANEXO C**

FORMULARIOS NECESARIOS PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA

### **ANEXO D**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS A SER UTILIZADOS

### **ANEXO E**

COTIZACIONES DE LOS EQUIPOS A SER UTILIZADOS EN LA PROPUESTA DE RED.

## RESUMEN

Las parroquias de Imantag, San Francisco, El Sagrario y Quiroga poseen establecimientos educativos en las zonas rurales cabeceras cantonales que carecen de los servicios de telecomunicaciones debido a varios factores que serán analizados en este contexto el presente trabajo contiene una breve descripción de los aspectos fundamentales requeridos para llevar a cabo el despliegue de una red de Comunicaciones que beneficie a los establecimientos mediante el empleo de una tecnología de bajo costo y altas prestaciones WILD o Wi-Fi para largas distancias.

Esta tecnología que hace referencia al conjunto de soluciones para la transmisión inalámbrica de voz y datos basados en el protocolo 802.11 inicialmente concebido para redes de área local puede conseguir el balance ideal en enlaces de largo alcance para redes metropolitanas al mantener ciertas consideraciones dependientes de la capa física y la capa de control de acceso al medio.

Teniendo presente el cumplimiento de las normas y reglamentos que establecen los organismos de regulación y control para la operación de redes inalámbricas se analiza los aspectos legales que se establecen en la legislación de telecomunicaciones en el país.

El diseño establece los requerimientos iniciales para el despliegue del proyecto, capacidad máxima requerida por la red, especificaciones técnicas de hardware, Arquitectura y Topología de la red inalámbrica además un estudio de cobertura y factibilidad de los enlaces descritos en la topología preliminar.

Para la ejecución de la red se analizan los costos de inversión y operación estimados que permitan definir los beneficios esperados de la propuesta.

## ABSTRACT

Imantag, San Francisco, Sagrario and Quiroga parish have educational units in rural areas, which do not have cantonal heads of telecommunication services due to several factors that will be analyzed. In this context, this project contains a brief description of the basics required to implement the deployment of a communications network that benefits the educational units by employing a low-cost technology with high performance WILD or Wi-Fi long distances.

This technology refers to the set of solutions for wireless transmission of voice and data, based on the 802.11 protocol, initially designed for wireless local area networks can get the perfect balance to provide long-range links for metropolitan networks to keep certain considerations dependent of the physical layer and the medium access control layer.

This technology refers to the set of solutions for wireless voice and based on the 802.11 protocol originally designed for local area networks data can achieve the ideal balance for long-range links for metropolitan networks to keep certain considerations dependent physical layer and the layer of Media Access control.

To follow the rules and regulations established by the regulatory organization for the operation and control of wireless networks are analyzed legal aspects established in the legislation of telecommunications in the country.

The design sets the initial requirements for the deployment of the project, capacity required by the network, technical specifications for hardware, architecture and topology of the wireless network also a coverage study and feasibility of the links described in the preliminary topology.

Investment and operating estimates costs for defining the expected benefits of the proposal are analyzed.

## **PRESENTACIÓN**

El presente proyecto se fundamenta en una propuesta para el desarrollo de las tecnologías de la Información y la Comunicación en el cantón Cotacachi para reforzar los procesos de desarrollo mediante la conectividad y el uso de la tecnología inalámbrica permitiendo que los establecimientos educativos de las áreas rurales del cantón se beneficien del acceso a internet.

Una de las tecnologías alternativas apropiadas de bajo costo para dotar de conectividad a los centros de educación es la tecnología Wi-Fi para largo alcance basada en el estándar 802.11 que permite la operación en bandas de frecuencia libres no licenciadas de largo alcance y lograr una configuración punto a multipunto esta topología que se adapta para cubrir los puntos dispersos alrededor de la zona.

Durante el desarrollo de este trabajo se analizan los parámetros suficientes que intervienen en la propuesta del diseño la red y de la tecnología elegida para su despliegue que demuestre como resultado una solución viable y acorde a la realidad social tecnológica y económica del país.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El cantón Santa Ana de Cotacachi, está ubicado a 25 km de la ciudad de Ibarra y a 104 km al noreste de Quito en la provincia de Imbabura con una extensión aproximada de 1809 km<sup>2</sup>; es el cantón más extenso de los seis que conforman la provincia. Las zonas de planificación por las que se constituye Cotacachi son tres: Zona Urbana, Zona Andina y Zona subtropical- Intag. El gobierno central del cantón en los últimos años ha incorporado el Plan de desarrollo cantonal con el propósito de buscar los mecanismos para lograr el mejoramiento en las diferentes áreas de interés una de ellas es el de garantizar los servicios de telecomunicaciones y la conectividad de la población como herramientas indispensables para la educación ya que representan una fuente de información y conocimiento fundamentales para el desarrollo tecnológico y en algunos casos se puede considerar como un servicio básico, y un recurso de gran importancia para el avance.

##### **1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El cantón Santa Ana de Cotacachi, está ubicado en el suroccidente de la provincia de Imbabura y al norte de la ciudad de Quito; es el cantón más extenso de la provincia. Existe una zona no delimitada denominada Las Golondrinas con 129,79 km<sup>2</sup> de superficie. (GAD Cotacachi, 2011)

La localización geográfica del cantón se presenta en la siguiente figura.



**Figura 1:** Localización Geográfica del Cantón Cotacachi.

**Fuente:** Sistema Nacional de Información-SENPLADES. (2011). *Informacion Geográfica*. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/multimedia/seguimiento/portal/reportes/mapas\\_cantones/zona1/imbabura/cotacachi/UBICACION\\_COTACACHI.jpg](http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/multimedia/seguimiento/portal/reportes/mapas_cantones/zona1/imbabura/cotacachi/UBICACION_COTACACHI.jpg)

### 1.1.2. LÍMITES POLÍTICOS ADMINISTRATIVOS

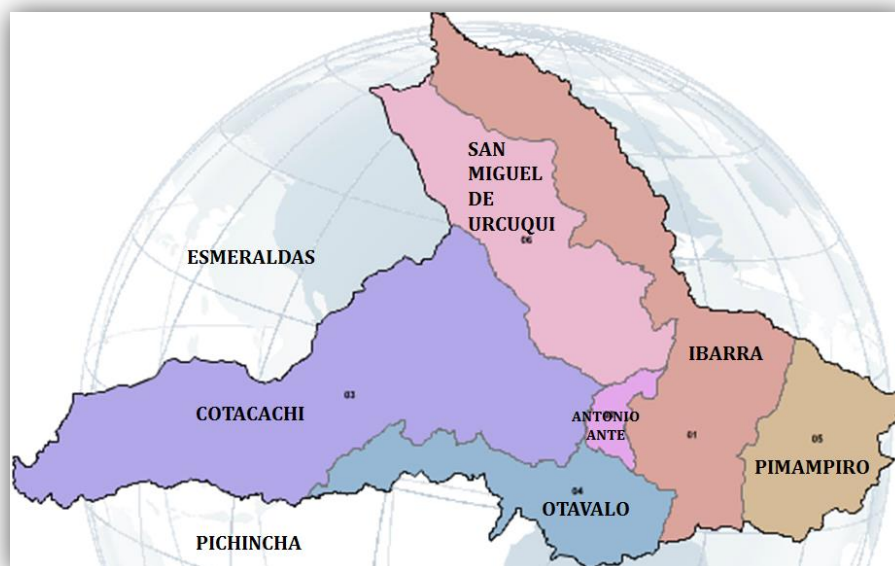
El cantón Cotacachi está limitado:

Al norte: cantón Urcuquí.

Al sur: cantón Otavalo y provincia de Pichincha.

Al este: cantones: Urcuquí y Antonio Ante.

Al oeste: zona no delimitada Las Golondrinas y provincia de Esmeraldas.



**Figura 2:** Localización Geográfica del cantón Cotacachi

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). *Cartografía 2010*. Obtenido de [http://inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&id=84&Itemid=65](http://inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=84&Itemid=65)



### 1.1.3. ORGANIZACIÓN TERRITORIAL

El cantón está organizado territorialmente en parroquias y comunidades y de manera espacial en zonas geográficas.

Existen 10 parroquias, de las cuales 8 son rurales y 2 son urbanas.

Las zonas establecidas y reconocidas son tres:

- Urbana
- Andina
- Subtropical-Intag

**La zona urbana** comprende las parroquias urbanas de San Francisco y El Sagrario, así como el área urbana de la parroquia de Quiroga.

**La zona andina** comprende las parroquias rurales de Imantag, Quiroga y las comunidades rurales de la cabecera cantonal.

**La zona de Intag** está conformada por las parroquias rurales de Apuela, Plaza Gutiérrez, Cuellaje, Peñaherrera, Vacas Galindo y García Moreno, tal como se observa en el mapa de la Figura.

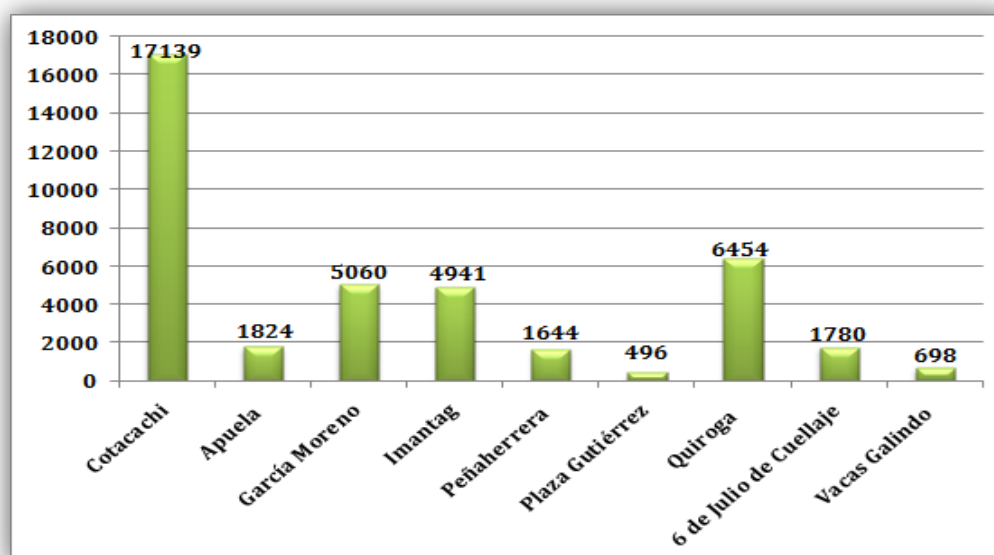


**Figura 3:** División Parroquial del Cantón Cotacachi

### 1.1.4. DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL

La distribución de la población en el cantón presenta asentamientos humanos concentrados principalmente en la zona andina que comprende la ciudad de Cotacachi y las parroquias de Quiroga e Imantag y las periferias de la cabecera cantonal hasta una altura de 3.000 msnm<sup>1</sup> aproximadamente.

La población de Santa Ana de Cotacachi según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2010 alberga a un total de 40.036 habitantes. (GAD Cotacachi, 2011)



**Figura 4:** Distribución Poblacional del cantón Cotacachi  
**Fuente:** INEC. (2010). *INEC-CENSO POBLACIONAL 2010*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/?s=poblaci%C3%B3n>

### 1.1.5. SITUACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y TOPOGRÁFICA

#### 1.1.5.1. CLIMA

Cotacachi tiene un clima templado semi-seco o andino de valles. Su temperatura promedio puede variar desde los 6 y 8° C en los lugares más elevados de las montañas hasta temperaturas de 15 y 20° C para la zona andina y en los lugares más bajos que

<sup>1</sup> Msnm: Metros sobre el nivel del mar.

corresponden en su mayoría al sector occidental de Cotacachi la zona subtropical entre 25 y 30° C.

Los índices de precipitaciones en la zona andina son de entre 500 y 1000 mm de precipitaciones por año y en la Zona subtropical de Intag el promedio de precipitaciones aumenta a 1000 mm por año. (GAD Cotacachi, 2011)

#### **1.1.5.2. RELIEVE**

En la provincia de Imbabura por estar ubicada en el callejón interandino posee importantes elevaciones entre ellas el Imbabura con 4560 msnm, el Cotacachi con 4944 msnm y el Yanahurco de Piñan con 4535 msnm estos dos últimos ubicados en el cantón Cotacachi específicamente que son de gran relevancia para la ubicación de una estación base de acuerdo a las necesidades del estudio. (Dueñas & Ordóñez , 2010)

#### **1.1.6. SITUACIÓN SOCIAL**

##### **1.1.6.1. EDUCACIÓN**

De acuerdo al Ministerio de Educación en el periodo académico 2012 -2013 existe en el cantón 120 Instituciones de Educación hispana y bilingüe de régimen sierra y costa de las cuales 3 son particulares y el resto son fiscales.

En la zona andina con la mayor concentración de estudiantes tiene 40 Instituciones Educativas a las que asisten 9082 estudiantes que son capacitados por 482 docentes.

En la zona de Intag zona rural y periferia se cuenta con 73 establecimientos de educación con menor concentración de estudiantes aproximadamente 3390 educados por 209 docentes. (Ver tabla 1)

**Tabla 1:** Número de Establecimientos, Estudiantes y Docentes en el cantón Cotacachi.

**Fuente:** Ministerio de Educación. (2013). *Reportes de Registros Educativos*. Obtenido de <http://reportes.educacion.gob.ec:8085/reportesPlantilla.aspx?rep=7>

ZONA	PARROQUIA	NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS	NÚMERO DE ESTUDIANTES	NÚMERO DE DOCENTES
ANDINA	SAN FRANCISCO	10	2602	136
	SAGRARIO	11	3046	165
	IMANTAG	10	1436	81
	QUIROGA	9	1998	100
	<b>TOTAL ZONA</b>	<b>40</b>	<b>9082</b>	<b>482</b>
INTAG	6 DE JULIO DE CUELLAJE	8	577	34
	GARCÍA MORENO	34	1434	82
	APUELA	10	780	48
	PEÑAHERRERA	11	373	30
	PLAZA GUTIÉRREZ	5	86	6
	VACAS GALINDO	5	140	9
	<b>TOTAL ZONA</b>	<b>73</b>	<b>3390</b>	<b>209</b>

## 1.2. PROBLEMA

En el cantón Cotacachi el porcentaje de acceso al servicio de internet es del 3,98%, lo que significa que existe un escaso servicio de internet y transmisión de datos<sup>2</sup> siendo un derecho aún muy limitado y prácticamente inexistente en los diferentes centros educativos de escasos recursos económicos y de las áreas rurales debido al alto costo de las alternativas tecnológicas, las dificultades del entorno, la ubicación geográfica, la falta de infraestructuras y acceso a banda ancha o la escasez de capacitación de una buena parte de la población que son grandes condicionantes que no ha podido aun eliminar los problemas de equidad y acceso a la información

<sup>2</sup> Datos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT 2010 expresados en el (PDOT)

convirtiéndose en un obstáculo para el desarrollo y la calidad de vida de las personas.

Por tal motivo el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Santa Ana de Cotacachi cumpliendo con el plan de desarrollo cantonal y ordenamiento municipal especialmente en lo que se refiere al mejoramiento de la infraestructura y sistemas de vialidad energía y telecomunicaciones pretende emprender el proyecto de conectividad mediante el desarrollo de una red que incluya el uso de la tecnología inalámbrica de largo alcance más apropiada para las zonas rurales aisladas, esta tecnología hace referencia a un conjunto de soluciones para la transmisión inalámbrica de voz y datos basados en el protocolo 802.11 que utiliza bandas de frecuencia no licenciada de tal modo que se pretende dejar de lado las redes de radio en bandas de frecuencia licenciadas e inclusive las redes cableadas de fibra óptica, las redes de telefonía móvil y las redes satelitales como soluciones únicas.

En vista de que la población del cantón Cotacachi tiene un requerimiento indispensable de acceso a internet debido a la falta de infraestructura tecnológica el gobierno en curso pretende satisfacer estas necesidades en especial en el área de la educación de los establecimientos de las zonas rurales mediante el uso de tecnologías inalámbricas de largo alcance.

### **1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar el diseño de una red inalámbrica haciendo uso de la tecnología WILD para brindar acceso a Internet a los establecimientos educativos de las parroquias de Quiroga, Imantag, San Francisco y el Sagrario del cantón Cotacachi.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Analizar el entorno geográfico, social y tecnológico de la zona andina del cantón Cotacachi, determinar los puntos involucrados y los requerimientos necesarios para el diseño de la red inalámbrica.
- ✓ Estudiar la tecnología WiFi de largo alcance (WILD) y protocolo IEEE 802.11 determinando los parámetros necesarios que se modifican para lograr un enlace de larga distancia.
- ✓ Investigar el Marco Regulatorio, vigente, en nuestro país con la finalidad que el diseño de la red cumpla con las leyes que rigen el sector de las telecomunicaciones en el Ecuador.
- ✓ Diseñar la red inalámbrica a través de la presentación de los elementos y herramientas necesarias para el cálculo de los enlaces, además de la distribución por medio de un modelo jerárquico de red se garantizará el servicio de acceso a internet en los establecimientos de acuerdo a un dimensionamiento del ancho de banda y se establecerán políticas de control de acceso a páginas web improcedentes.
- ✓ Realizar un análisis de los costos de equipamiento y operación para una futura implementación del diseño.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

El proyecto de conectividad pretende que la ciudadanía del cantón Cotacachi utilice las tecnologías de la información para el desarrollo y la calidad de vida de las personas por tal razón el poder brindar acceso a internet a los establecimientos educativos de la zona andina de Cotacachi favorece en gran manera al desarrollo de la educación siendo una herramienta que modifica los procesos de enseñanza y

aprendizaje en donde los beneficiarios directos o indirectos del proyecto puedan potenciar la investigación y las actividades que se realizan en el aula.

Este proyecto se centra en el Artículo 16 de la CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR que expresa que todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a: el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en igualdad de condiciones del uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas.

Además contribuye con el PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR 2013-2017 en el que se considera a la Conectividad y telecomunicaciones como instrumento para generar igualdad de oportunidades, para ello se concentra en el uso de TIC para la Revolución Educativa.

Por otra parte en el CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD) emprenderán un proceso de aplicación de la democracia digital, aprovechando de las tecnologías disponibles y propiciando el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para la educación, la cultura, la salud y las actividades de desarrollo social.

### **1.5. ALCANCE**

El Proyecto de conectividad propone el estudio y el diseño de una red inalámbrica que tiene como propósito brindar el acceso al servicio de internet a 36 establecimientos educativos en el cantón Cotacachi distribuidos en las parroquias de Quiroga, Imantag, San Francisco, y el Sagrario; mediante el uso de la tecnología inalámbrica WiFi de largo alcance (WILD) o IEEE 802.11 modificado para largas distancias.

Para ello, se presenta los fundamentos teóricos, comenzando por una visión general de la familia de estándares 802.11, las especificaciones del estándar, características y propiedades, así como los mecanismos y parámetros necesarios que se modifican para poder proporcionar un rendimiento mejorado de extremo a extremo.

El estudio para el diseño comprende la recolección y análisis de la información referente a la situación geográfica, climatología, situación social y tecnológica actual de la zona andina, así como la obtención de datos relevantes para el desarrollo del proyecto tales como el número de alumnos, número de computadores de las instituciones educativas para poder establecer los requerimientos mínimos de la red.

Los servicios que soportará la red, es el acceso a internet a cada establecimiento educativo con un ancho de banda asignado de acuerdo al número de computadores que debería contar dichas instituciones en relación al número de estudiantes y tomando en cuenta las aplicaciones educativas más utilizadas se evaluará la cantidad de tráfico generado para obtener el dimensionamiento total de la red y se diseñarán políticas de control de acceso a sitios improcedentes de la web.

En el sistema de enlaces se tomará en cuenta tres partes fundamentales: el centro de procesamiento de datos ubicado en el Municipio de Cotacachi en el que se instalará el acceso troncal a internet dimensionado para soportar todo el tráfico generado por las instituciones educativas; la red troncal que interconecta los diferentes puntos de repetición que se van a utilizar en la red ubicados de tal manera que se pueda obtener una cobertura total hacia las instituciones beneficiarias; la red de acceso o distribución para los usuarios finales que soportará parámetros necesarios que garanticen la comunicación entre los establecimientos y el internet.



Además el diseño contempla un estudio técnico y factible de cada enlace haciendo uso de los criterios, elementos y herramientas de simulación de redes Radio Mobile y Google Earth para la selección de las rutas más apropiadas para los enlaces, tomando en cuenta los accidentes geográficos del terreno, alturas efectivas, y distancias adecuadas y se realizará el cálculo de presupuesto de cada enlace con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas) para comprobar el correcto diseño de los enlaces de radio libre de obstáculos y verificar la cobertura total en toda la zona.

Se examinará los reglamentos vigentes y las normas que se deberán cumplir al momento de empezar con la implementación de la red con la finalidad de que se encuentra dentro del marco regulatorio de las telecomunicaciones que rigen en nuestro país actualmente.

Para finalizar se seleccionan los equipos con las características necesarias que permitan obtener un largo alcance con la tecnología WiFi, se evaluará los elementos que intervienen en el diseño y los aspectos funcionales del sistema con esto se estimará un presupuesto referencial para su futura implementación.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA TECNOLOGÍA WI-FI LONG DISTANCE (WILD)**

Se presentará un resumen teórico y técnico general de la tecnología Wi-Fi para largas distancias (WILD), comenzando por una visión general de la familia de estándares 802.11, seguido de las técnicas de la capa física y la capa de control de acceso al medio que se pueden utilizar para incrementar el alcance de los enlaces WILD, además de las características y mecanismos apropiados para obtener una alta disponibilidad del sistema.

#### **2.1. INTRODUCCIÓN AL ESTÁNDAR IEEE 802.11**

##### **2.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

El estándar IEEE<sup>3</sup> 802.11 puede ser descrito como el padre de todos los estándares WLAN<sup>4</sup>. Se refiere realmente a una familia de protocolos, incluyendo la especificación original; es un estándar inalámbrico que define la conectividad para estaciones fijas, portátiles y móviles dentro de un área local y un área metropolitana. Las tecnologías de LAN<sup>5</sup> inalámbricas ofrecen la conectividad inalámbrica dentro de edificios, campus y extensas áreas de las ciudades, la norma 802.11 ha estado evolucionando por más de una década, produciendo varias normas del legado especificadas en 802.11, 802.11b, 802.11a, 802.11g, 802.11n y 802.11ac entre otros estándares. El estándar 802.11 se denomina originalmente como Estándar IEEE<sup>6</sup> para especificaciones MAC<sup>7</sup> y PHY<sup>8</sup> de WLAN.

---

<sup>3</sup> **IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónico)

<sup>4</sup> **WLAN:** Wireless Local Area Network (Red de Área Local Inalámbrica)

<sup>5</sup> **LAN:** Local Area Network (Red de Área Local)

<sup>6</sup> **IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónico)

<sup>7</sup> **MAC:** Media Access Control (Control de Acceso al Medio)

<sup>8</sup> **PHY:** Capa Física del estándar Wi-Fi

La capa MAC<sup>9</sup> de este estándar está diseñada para soportar unidades de capa física adicionales a medida que se adoptan, dependiendo de la capacidad del espectro y de las nuevas técnicas de modulación. (Cisco System, 2006)

### 2.1.2. INICIOS Y EVOLUCIÓN

Al darse cuenta de la necesidad de un estándar similar a Ethernet, los fabricantes de tecnologías inalámbricas se aliaron en 1991 y formaron la Alianza de Compatibilidad de Ethernet Inalámbrica (WECA<sup>10</sup>).

La WECA propuso y construyó un estándar basado en tecnologías contribuyentes. WECA cambió posteriormente su nombre a Wi-Fi Alliance. En junio de 1997 IEEE lanzó el estándar 802.11 para el networking de área local inalámbrica.

(Cisco System, 2006)

El estándar IEEE 802.11 inicial ratificado en 1997, especifica el uso tanto de una transmisión de secuencia directa de espectro ensanchado (DSSS<sup>11</sup>) y la de salto de frecuencia de espectro ensanchado (FHSS<sup>12</sup>) para la entrega de bajas velocidades de 1 Mbps<sup>13</sup> y 2 Mbps en la banda de 2.4 GHz. A pesar de este inconveniente, la libertad y flexibilidad de la tecnología inalámbrica permitieron a estos primeros productos encontrar su lugar en el mercado tecnológico. Los trabajadores móviles utilizaban dispositivos portátiles para la administración de inventarios y la recolección de datos en ventas y almacenamiento. Posteriormente, los hospitales aplicaron la tecnología inalámbrica para reunir y entregar información acerca de los pacientes. A medida que las computadoras se abrían paso hacia las aulas, las escuelas y universidades comenzaron a instalar redes inalámbricas para evitar costos de cableado.

---

<sup>9</sup> **MAC:** Media Access Control (Control de Acceso al Medio)

<sup>10</sup> **WECA:** Wireless Ethernet Compatibility Alliance (Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica)

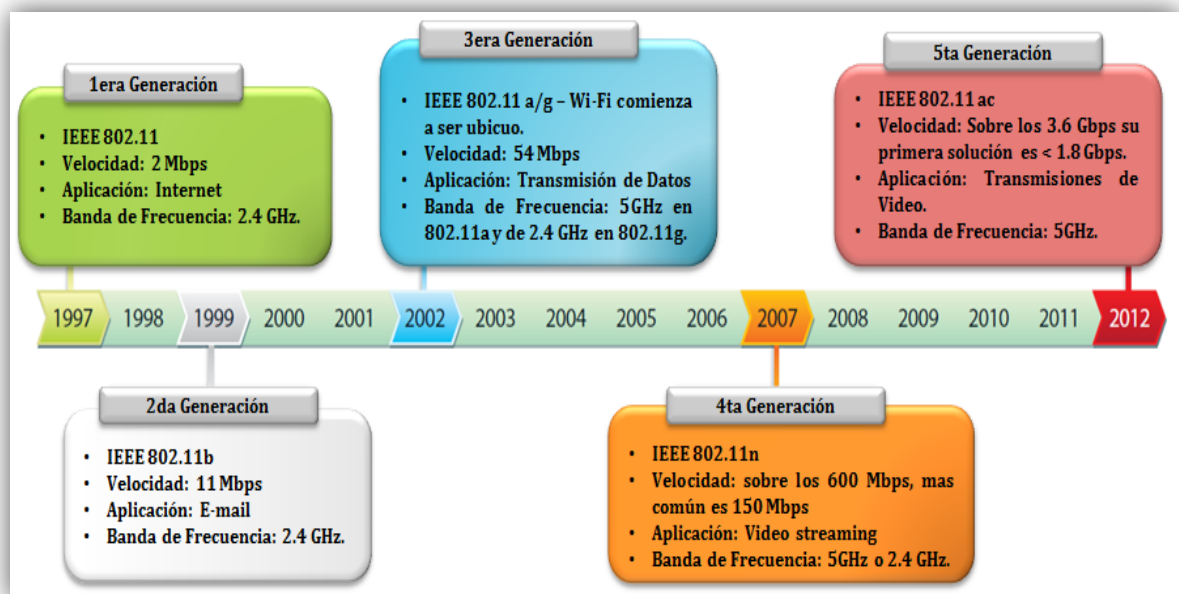
<sup>11</sup> **DSSS:** Direct Sequence Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Secuencia Directa)

<sup>12</sup> **FHSS:** Frequency Hopping Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia)

<sup>13</sup> **Mbps:** Megabits por Segundo

Aunque ha habido muchos cambios a IEEE 802.11 durante los últimos años, se considera que hay cinco cambios importantes en la tecnología como se puede apreciar en la Figura 5:

- ✓ **IEEE 802.11b:** transmisión de datos a 11 Mbps en la banda de frecuencia de 2,4GHz.
- ✓ **IEEE 802.11a:** transmisión de datos a 54 Mbps en la banda de frecuencia de 5GHz.
- ✓ **IEEE 802.11g:** transmisión de datos a 54 Mbps en la banda de frecuencia de 2,4GHz.
- ✓ **IEEE 802.11n:** transmisión de datos de hasta 600 Mbps en las bandas de frecuencias de 2,4 y 5 GHz.
- ✓ **IEEE 802.11ac:** transmisión de datos de 1.3 Gbps en la banda de frecuencia de 5GHz.



**Figura 5:** Evolución del Estándar IEEE 802.11

**Fuente:** 5G Wi-Fi. (Enero 2012). IEEE 802.1 ac Wi-Fi for the Mobile and Video Generation. *BROADCOM CORPORATION*. Obtenido de <http://www.5gwifi.org/images/uploads/add/Wi-Fi-Primer100-R.pdf>

Estos grandes lanzamientos representan sólo una pequeña parte de la labor general realizada por el grupo de trabajo IEEE 802.11. Se han realizado decenas de modificaciones a las especificaciones originales de los últimos años. Estas diversas

modificaciones se desarrollan periódicamente y se incorpora en una nueva versión de la base inicial de la especificación IEEE 802.11. Como por ejemplo IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11d, IEEE 802.11e, IEEE 802.11g, IEEE 802.11h, IEEE 802.11i, y IEEE 802.11j fueron todos combinados con la versión inicial de IEEE 802.11 publicada en 1999 para formar la especificación IEEE 802.11-2007. Del mismo modo, la nueva especificación IEEE 802.11 a 2012 reúne a muchas de las modificaciones realizadas desde la publicación de la norma IEEE 802.11-2007. El resultado es una especificación mucho más compleja y desarrollada.

En la Tabla 2 se indica las publicaciones realizadas a través de los años del estándar IEEE 802.11 siendo complementada con el estándar 802.11 publicado en el 2014.

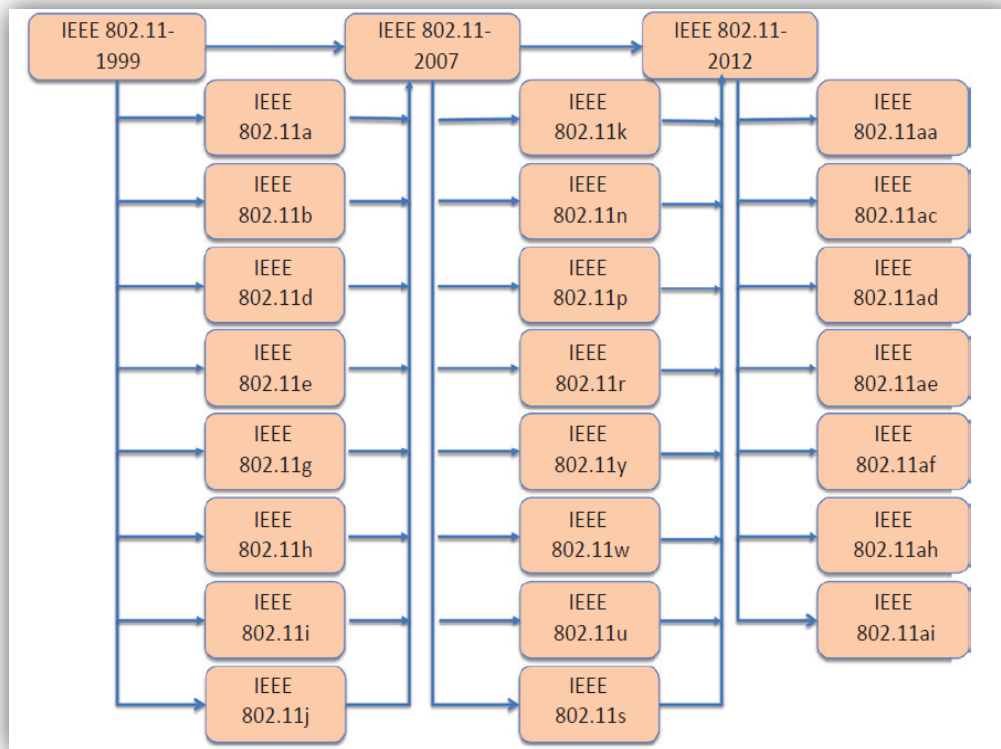
**Tabla 2:** Historia de IEEE 802.11 Activa Normalización

**Fuente:** Obtenido de Burbank, J. L. (2013). *Wireless Networking Understanding Internetworking Challenges* (1 ed.). New Jersey: IEEE Press.

<b>VERSIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>AÑO DE PUBLICACIÓN</b>
<b>802.11</b>		
<b>802.11 Original</b>	Estándar original (1997): 1 y 2 Mbps, 2,4 GHz, salto de frecuencia (FH), la secuencia directa (DS) e infrarrojos (IR nunca fue implementado)	1997
<b>802.11 a</b>	Velocidades de Hasta 54 Mbps en la banda de los 5 GHz	2001
<b>802.11 b</b>	Velocidades de Hasta 11 Mbps en la banda de los 2.4 GHz	1999
<b>802.11 c</b>	Capa MAC bridging	2001
<b>802.11 d</b>	Dominios Reguladores adicionales para 802.11 b	2001
<b>802.11 e</b>	Mejoras de Calidad de Servicio (QoS)	2005
<b>802.11 f</b>	Protocolo entre puntos de acceso (IAPP) (método recomendado)	2003
<b>802.11 g</b>	Velocidades de transmisión de hasta 54 Mbps en la Banda de frecuencia de 2.4 GHz.	2003
<b>802.11 h</b>	Selección de Frecuencia Dinámica/ Control de Potencia de Transmisión (DFS/TPC) para 802.11 a	2004

<b>802.11 i</b>	Mejoras de Seguridad	2004
<b>802.11 j</b>	4.9- 5 GHz Regulaciones para Japón	2004
<b>802.11 k</b>	Medición de recursos de radio	2008
<b>802.11 m</b>	Correcciones técnicas y de mantenimiento a la norma original	
<b>802.11 n</b>	Rendimiento $\geq$ 100 Mbps	2009
<b>802.11 p</b>	Velocidades vehiculares (hasta 200 km / h; a 1.000 m; 5,85 a 5,925 GHz). También conocido como las comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) / de acceso inalámbrico en el entorno vehicular (WAVE)	2010
<b>802.11 r</b>	Fast roaming- reducción de latencia en transferencias	2008
<b>802.11 s</b>	Mallas (infraestructura y cliente)	2011
<b>802.11 t</b>	Predicción del Rendimiento- Benchmarking	Cancelada
<b>802.11 u</b>	El interfuncionamiento con redes externas (handoff)	2011
<b>802.11 v</b>	Gestión de Redes	2011
<b>802.11 w</b>	Trama de Gestión y otras funciones de control de seguridad	2009
<b>802.11 y</b>	Operación en la banda de 3650-3700 MHz (basado en contención de protocolos)	2011
<b>802.11 z</b>	Direct link setup (DLS) o Configuración de Enlace Directo	2010
<b>802.11 ac</b>	Velocidades de transmisión de hasta 1.3 Gbps en la Banda de frecuencia de 5 GHz.	2014

En la Figura 6 se muestra una ilustración del crecimiento de la especificación IEEE 802.11 proyectada en el pasado y futuro.



**Figura 6:** Evolución de las especificaciones del Estándar IEEE 802.11

**Fuente:** Obtenido de Burbank, J. L. (2013). *Wireless Networking Understanding Internetworking Challenges* (1 ed.). New Jersey: IEEE Press.

## 2.2. FAMILIA DE ESTÁNDARES IEEE 802.11

### 2.2.1. IEEE 802.11a

En 1999, el grupo de 802.11 ratificó el estándar 802.11a, que ofrece velocidades de datos de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz utilizando Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM<sup>14</sup>).

A pesar de que el estándar 802.11a estaba disponible en 1999, los puntos de acceso 802.11a y tarjetas de radio no estaban disponibles comercialmente hasta varios años después. Las razones de la demora en el mercado eran las dificultades de desarrollar el hardware y su aplicación en la banda de 5 GHz además estos componentes no eran interoperables con redes WLAN de la banda de 2.4 GHz.

<sup>14</sup> **OFDM:** Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal

Una ventaja significativa de 802.11a es que ofrece una capacidad muy alta en comparación con los otros estándares WLAN<sup>15</sup> heredados. La razón es que el 802.11a, operando en el espectro de 5 GHz definiendo un mayor número de canales libres y sin solapamientos de RF<sup>16</sup>.

El nivel de ruido más bajo en la banda de 5 GHz ofrece bajas tasas de transmisión y un mayor rendimiento en comparación con los sistemas 802.11b y 802.11g. (Soyinka, 2010)

### **2.2.2. IEEE 802.11b**

Esta norma representa un período de aceptación y adopción de la tecnología WLAN como un estándar principal.

El estándar IEEE 802.11b especifica una máxima tasa de velocidad de 11 Mbps. En su tiempo fue una mejora dramática en comparación con el estándar original que ofrecía una velocidad máxima de 2 Mbps. Este usa el esquema de modulación de Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS<sup>17</sup>). La norma especifica su operación en la banda de frecuencia de 2.4 GHz que hace que los dispositivos WLAN estén sujetos a interferencia de otros dispositivos de uso cotidiano y que operan en la misma frecuencia tales como hornos de microonda, teléfonos inalámbricos, dispositivos Bluetooth y la mayoría de las redes WLAN vecinas que operan en la banda de 2,4 GHz. (Soyinka, 2010)

---

<sup>15</sup> **WLAN:** Wireless Local Area Network (Red de Area Local Inalámbrica)

<sup>16</sup> **RF:** Radio Frecuencia

<sup>17</sup> **DSSS:** Direct Sequence Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Secuencia Directa)



### 2.2.3. IEEE 802.11g

El estándar IEEE 802.11g especifica el funcionamiento en la banda de frecuencias de 2,4 GHz ISM<sup>18</sup>. Con una velocidad de datos máxima de 54 Mbps además utiliza una variante del esquema de modulación basado en OFDM<sup>19</sup> y la técnica de modulación DSSS<sup>20</sup>.

El hardware basado en el estándar IEEE 802.11g es compatible con versiones anteriores de hardware basado en el estándar IEEE 802.11b. Esta compatibilidad fue una gran ventaja a favor de la adopción de esta norma, ya que los usuarios de sistemas de hardware 802.11b estaban seguros que sus inversiones no irían a la basura. (Soyinka, 2010)

### 2.2.4. IEEE 802.11n

El estándar 802.11n ofrece mejoras generales en comparación con las normas anteriores (802.11a, 802.11b, y 802.11g) al proporcionar un mayor rendimiento, disponibilidad y el uso de la tecnología de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO<sup>21</sup>), la unión de canales y protocolos más eficientes, tales como la agregación de paquetes.

La norma especifica la operación en las bandas de frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz lo que proporciona flexibilidad para satisfacer una multitud de requisitos inalámbricos. Puede ofrecer una transferencias máximas de datos de hasta 600 Mbps. Utiliza el esquema de modulación basado en OFDM.

La tecnología MIMO utiliza esencialmente múltiples antenas para transmitir y recibir, lo que lo deja enviar y recibir más información que el estándar dual o la configuración

---

<sup>18</sup> **ISM:** (Industrial, Scientific and Medical) son bandas reservadas para uso en áreas industrial, científica y médica.

<sup>19</sup> **OFDM:** Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal

<sup>20</sup> **DSSS:** Direct Sequence Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Secuencia Directa)

<sup>21</sup> **MIMO:** Multiple-input Multiple-output (Múltiples Entradas Múltiples Salidas)

de doble de antenas. La unión de canales adyacentes en la banda de frecuencia de 5GHz de frecuencia de radio. También se conoce como 40 MHz ya que combina dos canales cada uno con un ancho de 20 MHz.

Con 802.11n el uso de la red inalámbrica es comparable a las conexiones de una red Ethernet cableada. Además, los gastos de apoyo son relativamente bajos porque no hay tanta necesidad de ajustar continuamente la red en comparación con las redes tradicionales. Las grandes mejoras en el rendimiento lo hacen atractivo para utilizarlo con aplicaciones como streaming de vídeo, voz sobre IP (VoIP), vídeo conferencias, etc. (Geier, 2010)

#### **2.2.5. IEEE 802.11ac**

En diciembre del 2012 se lanzó la norma IEEE 802.11ac como una mejora a la norma IEEE 802.11n. Entre sus principales características esta la mayor velocidad de transmisión alcanzando 1.3 Gbps debido a la transmisión de triple flujo de información de 433 Mbps cada uno.

El estándar 802.11ac funciona en la banda de frecuencia de 5 GHz que ofrece mayor número de canales sin interferencia. (Meden , 2014)

Entre una de las mejoras se tiene la ampliación del ancho de banda del canal hasta 160 MHz con 8 antenas que transmiten flujos información con tecnología MIMO<sup>22</sup> esto hace que la conexión sea mucho más rápido que las redes inalámbricas actuales, una red IEEE 802.11ac puede manejar fácilmente las necesidades de video de toda una familia sin verse afectada la calidad del mismo. (Broadcom, 2012)

---

<sup>22</sup> **MIMO:** Multiple-input Multiple-output (Múltiples Entradas Múltiples Salidas)

### 2.2.6. COMPARACIÓN DE ESTÁNDARES

Los parámetros que se tomaron en cuenta para realizar una comparativa de estándares son la banda de frecuencia de funcionamiento, tasa de transmisión de datos, compatibilidad, ancho de banda número de transmisiones MIMO.

Como se indica en la Tabla 3 el estándar IEEE 802.11 tiene cinco versiones importantes que son comparadas a continuación:

**Tabla 3:** Comparación de las versiones del Estándar 802.11

**Fuente:** Obtenido de Oliviero A., W. B. (2014). *Cabling The Complete Guide to Copper and Fiber-Optic Networking* (5 ed.). Indianapolis, Indiana.: Wiley & Sons, Inc.

<b>Versión del Estándar</b>	<b>Frecuencia (GHz)</b>	<b>Velocidad de Transmisión (Mbps)</b>	<b>Ancho de Banda (MHz)</b>	<b>Flujos MIMO</b>	<b>Compatibilidad</b>
<b>Original</b>	2.4 GHz	2 Mbps	20 MHz	1	NO
<b>802.11a</b>	5 GHz	54 Mbps	20 MHz	1	NO
<b>802.11b</b>	2.4 GHz	11 Mbps	20 MHz	1	SI (g)
<b>802.11g</b>	2.4 GHz	54 Mbps	20 MHz	1	SI (b)
<b>802.11n</b>	2.4 GHz o 5 GHz	600 Mbps	40 MHz	4	SI (a, b ,g)
<b>802.11ac</b>	5 GHz	1.3 Gbps	160 MHz	8	SI (a, n)

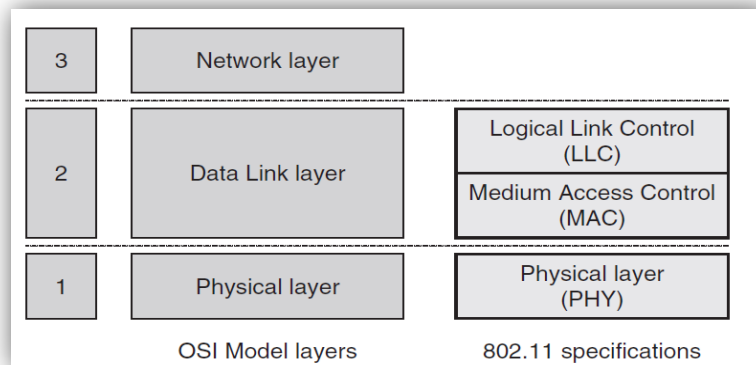
### 2.3. ARQUITECTURA LÓGICA DE 802.11

Algunos protocolos como Ethernet<sup>23</sup> y Wi-Fi tienen una estructura similar a su estándar 802 y en 802.11 la capa física y la capa enlace de datos corresponde al modelo de referencia OSI con algunas variantes, la capa de enlace de datos se divide en dos subcapas: control de enlace lógico y de control de acceso al medio.

La Figura 7 muestra la Arquitectura Lógica de 802.11 en correspondencia con el modelo de Referencia OSI<sup>24</sup>.

<sup>23</sup> **Ethernet:** Estándar de redes de área local LAN

<sup>24</sup> **OSI:** Open System Interconnection (Modelo de interconexión de sistemas abiertos)



**Figura 7:** Arquitectura Lógica 802.11 en correspondencia con el modelo OSI.

**Fuente:** Obtenido de Rackley S. (2011). *Wireless Networking Technology From Principles to Successful Implementation*. Gran Bretaña, Reino Unido: Elsevier.

### 2.3.1. CAPA FÍSICA (PHY)

La capa física es la primera capa de la escala en el modelo de referencia OSI<sup>25</sup> y define la relación que existe entre el dispositivo y el medio de comunicación físico.

En donde cualquier dispositivo de hardware compatible con IEEE 802.11 y el medio de comunicación físico, el espacio libre.

La capa Física en el estándar IEEE 802.11 especifica las técnicas de señalización inalámbricas utilizadas para transmitir y recibir información por medio de las ondas radioeléctricas, además proporciona servicio a la subcapa MAC de IEEE 802.11.

Hay tres niveles de funcionalidad estos son:

- ✓ Transmisión de las tramas al medio no guiado empleando los diferentes tipos de modulación.
- ✓ Enviar información a la capa enlace de datos sobre la ocupación del canal de transmisión si en este periodo se transmite una señal en la banda de frecuencia que se desea transmitir.
- ✓ Intercambiar tramas con la capa de enlace.

<sup>25</sup> OSI: Open System Interconnection (Modelo de interconexión de sistemas abiertos)

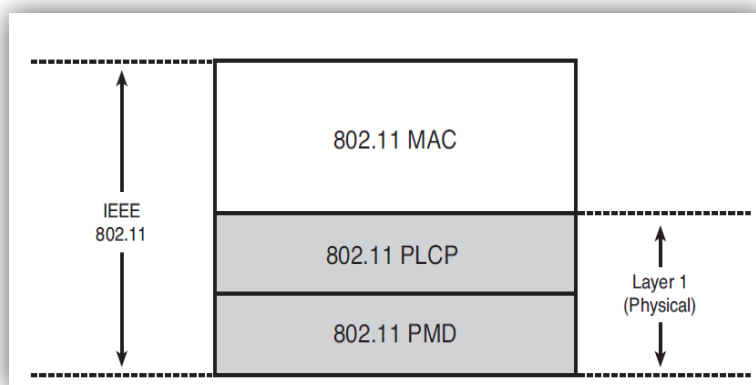
La arquitectura de la capa física 802.11 consiste en la división de dos subcapas:

- **Procedimiento de convergencia de la capa Física (PLCP)**

La subcapa PLCP (Physical Layer Convergent Procedure) comprende en un método de acondicionamiento de tramas que provienen de la capa MAC<sup>26</sup> para su transmisión a través del medio de transmisión de RF añadiéndole un preámbulo y una cabecera utilizados para control y sincronismo para el envío.

- **Sistema dependiente del medio físico (PMD)**

La subcapa PMD (Physical Medium Dependant) provee el medio de envío y recepción de datos entre dos o más estaciones y tiene la finalidad de definir la funcionalidad de las bandas de frecuencia empleadas como bandas ISM<sup>27</sup> o UNII<sup>28</sup> y las técnicas de modulación de espectro ensanchado de la señal de frecuencia, entre ellas esta DSSS<sup>29</sup>, FHSS<sup>30</sup> y OFDM<sup>31</sup>.



**Figura 8:** División de la capa Física del protocolo IEEE 802.11

**Fuente:** Obtenido de Geier, J. (2010). *Designing and Deploying 802.11n Wireless Network* (1 ed.). Indianapolis: Cisco Press.

<sup>26</sup> **MAC:** Media Access Control (Control de Acceso al Medio)

<sup>27</sup> **ISM:** (Industrial, Scientific and Medical) son bandas reservadas para uso en áreas industrial, científica y médica.

<sup>28</sup> **UNII:** Unlicensed National Information Infrastructure (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia) definida y regulada únicamente en EEUU, otros países utilizan una nomenclatura distinta.

<sup>29</sup> **DSSS:** Direct Sequence Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Secuencia Directa)

<sup>30</sup> **FHSS:** Frequency Hopping Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia)

<sup>31</sup> **OFDM:** Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal.

Se describe a continuación las técnicas de transmisión utilizadas en la familia IEEE 802.11 cada una de las técnicas varían de acuerdo a sus prestaciones, el entorno, y las versiones del estándar.

#### **2.3.1.1. ESPECTRO ENSANCHADO POR SALTO DE FRECUENCIA (FHSS)**

Esta técnica de modulación especifica el uso en la banda de 2,4 GHz industrial científica y médica (ISM) de frecuencia.

El rango de frecuencias específico es 2,402 a 2,480 GHz.

FHSS funciona al transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo al terminar este período la frecuencia de emisión se cambia sin la interrupción de la transmisión. Es decir que la señal salta de un espacio a otro a través de los canales de frecuencias permitidos en una secuencia predeterminada.

Por ejemplo una secuencia predeterminada puede ser tan simple como decir que cada 5 segundos, el sistema hará que la señal de RF salte a un nuevo canal dentro de los rangos de frecuencia ISM<sup>32</sup>.

El orden en los saltos en frecuencia se determina según una secuencia pseudoaleatoria almacenada en unas tablas, que tanto el emisor y el receptor deben conocer. Si se mantiene la sincronización en los saltos de frecuencias se consigue que, aunque en el tiempo se cambie de canal físico, a nivel lógico se mantenga un único canal por el que se realiza la comunicación. (Hermosa, 2011)

FHSS<sup>33</sup> es una de las técnicas de modulación que fue utilizada en las implementaciones WLAN<sup>34</sup> pero hoy en día es muy rara vez utilizada. Es compatible con velocidades de datos de 1 a 2 Mbps. (Geier, 2010)

---

<sup>32</sup> **ISM:** (Industrial, Scientific and Medical) son bandas reservadas para uso en áreas industrial, científica y médica.

<sup>33</sup> **FHSS:** Frequency Hopping Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia)

### **2.3.1.2. ESPECTRO ENSANCHADO DE SECUENCIA DIRECTA (DSSS)**

El espectro ensanchado de secuencia directa especifica el uso en la banda ISM de 2,4 GHz dividida en 11 canales sobrelapados, con un espaciado de 5 MHz. El rango de frecuencias específico es 2,400 a 2,497 GHz. Los sistemas que implementan esta capa física pueden soportar 1 Mbps y 2 Mbps de velocidad de datos.

En DSSS una portadora es modulada por un código digital en el cual el ancho de banda de la transmisión se aumenta y se reduce la densidad de potencia espectral o el nivel de potencia en cualquier frecuencia dada. (Soyinka, 2010)

Es una secuencia rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0. Sólo los receptores a los que el emisor haya enviado previamente la secuencia podrán recomponer la señal original. (Hermosa, 2011)

### **2.3.1.3. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA ORTOGONAL (OFDM)**

Esta multiplexación utiliza las bandas de frecuencia UNII<sup>35</sup> en los 5 GHz sin licencia y las bandas de frecuencias ISM de 2,4 GHz.

En comparación con los otros métodos de modulación en la capa física OFDM generalmente soporta velocidades de datos más altas. Los sistemas pueden soportar velocidades de transmisión de datos de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps.

OFDM divide una portadora de datos de alta velocidad en varias subportadoras de más baja velocidad que al final serán transmitidas en forma paralela.

Cada portadora de alta velocidad tiene 20 MHz de amplitud y se divide en 52 subcanales, cada uno de aproximadamente 300 KHz de amplitud. OFDM utiliza 48 de

---

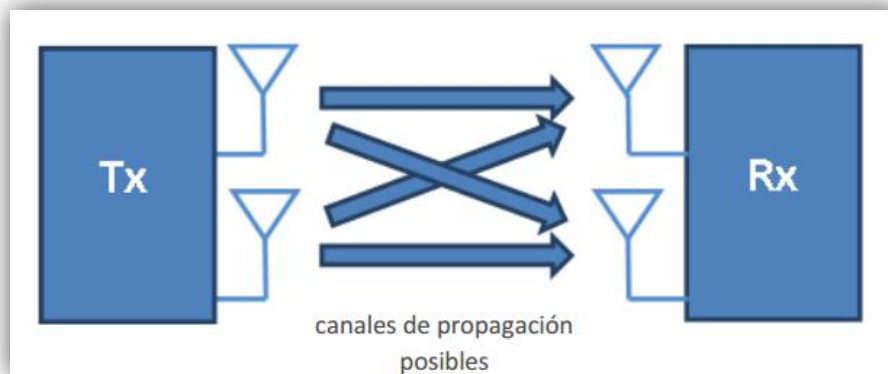
<sup>34</sup> **WLAN:** Wireless Local Area Network (Red de Area Local Inalámbrica)

<sup>35</sup> **UNII:** Unlicensed National Information Infrastructure (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia) definida y regulada únicamente en EEUU, otros países utilizan una nomenclatura distinta.

estos subcanales para datos, mientras que los cuatro restantes se utilizan para la corrección de errores. (Cisco System, 2006)

#### 2.3.1.4. **MULTIPLE-INPUT MULTIPLE-OUTPUT (MIMO)**

MIMO es una técnica que utiliza varias antenas para transmisión y recepción, es un sistema que se refiere al uso de múltiples señales que viajan simultáneamente y a la misma frecuencia por un solo canal de radiofrecuencia y aprovecha la propagación multitrayecto para incrementar la eficiencia espectral, la velocidad de transmisión o reducir la tasa de error del sistema de comunicación. (Albentia System, 2013)



**Figura 9:** Configuración MIMO 2x2

**Fuente:** Albentia System. (Septiembre de 2013). *Tecnología MIMO*. Obtenido de <http://www.albentia.com/Docs/WP/Whitepaper%20MIMO.pdf>

#### 2.3.2. **CAPA ENLACE DE DATOS**

La capa de enlace de datos está dividida en dos subcapas que están definidas como:

- Control de acceso al medio (MAC)
- Control del enlace lógico (LLC)

La subcapa LLC es normal para todos los estándares 802.X; proporciona un interfaz común, única entre las capas superiores y la subcapa MAC. La combinación del estándar LLC de 802.2 junto con el protocolo de control de acceso al medio MAC está



definido como el equivalente a la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI como se muestra en la Figura 10.

802.2 LLC	Data Link Layer
802.11 MAC	
FH, DS, IR, CCK (b), OFDM (a or g)	Physical Layer (PHY)

**Figura 10:** División de la Capa de Enlace de datos en el protocolo 802.11

**Fuente:** Obtenido de Cisco System, I. (2006). *Fundamentos de redes inalámbricas*. Madrid.: Pearson Educacion.

### 2.3.2.1. SUBCAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC)

MAC es una subcapa responsable de proporcionar el direccionamiento y los mecanismos para poder tener control y gestión en el acceso al medio para hacer posible que varios nodos puedan comunicarse en una red.

La capa MAC proporciona las siguientes funciones principales:

- ✓ La entrega de datos entre estaciones es la función primaria de la Capa MAC. Esto incluye acceso al medio, intercambio de tramas de datos, recuperación de errores, fragmentación y cifrado.
- ✓ Conectividad, antes de que una estación de 802.11 pueda enviar y recibir datos, debe conectarse a la red. Esto incluye la exploración de la red, la autenticación disponible y el asociarse a la red.
- ✓ Sincronización, debido a que el medio inalámbrico es compartido las estaciones 802.11 deben cumplir con estrictas normas de sincronismo.

### 2.3.2.1.1. TIPOS DE ACCESO AL MEDIO DE LA SUBCAPA MAC

Debido a múltiples estaciones comparten el medio inalámbrico 802.11 tiene reglas estrictas para las estaciones de acceso al medio. La subcapa MAC define los siguientes modos de acceso:

- Distributed Coordination Function (DCF )
- Point Coordination Function (PCF )

#### 2.3.2.1.1.1. *Distributed Coordination Function (DCF)*

El método de Función de Coordinación Distribuida (DCF) es parte del estándar original 802.11 y define un método de acceso al medio CSMA/CA<sup>36</sup>, es un protocolo de acceso múltiple por contención el cual permite que varias estaciones puedan compartir el medio de transmisión y en forma ordenada accedan a él, evitando al máximo las colisiones.

En este proceso se emplean algunos mecanismos expresados a continuación:

- **Mecanismos de detección de portadora:**

El DCF utiliza una combinación de mecanismos de detección de portadora físicos y virtuales para determinar si el medio está ocupado o inactivo. Si ambos mecanismos físicos y virtuales indican un medio de inactividad, la estación puede transmitir datos. Si no, la estación debe esperar.

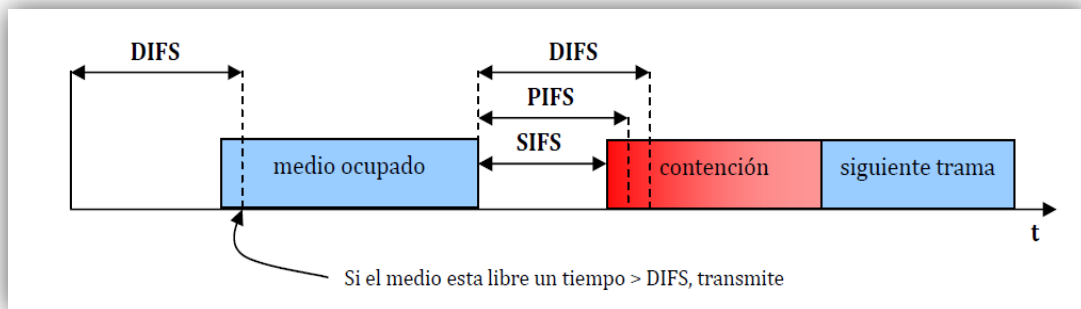
La subcapa MAC proporciona un mecanismo de detección de portadora virtual denominado vector de adjudicación de la red (NAV). El Network Allocation Vector es utilizado para reservar el medio por un periodo de tiempo determinado.

Las tramas a transmitirse poseen un campo reservado para NAV. Las estaciones que esperan que se libere el medio de transmisión consultan el campo NAV hasta que su

---

<sup>36</sup> **CSMA/CA:** Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (Acceso Múltiple por Detección de Portadora/ Colisión evitable)





**Figura 12:** Espacio entre Tramas

**Fuente:** Francisco Milagro, A. L. (Junio de 2009). *Redes Inalambricas de Acceso*. Obtenido de *Redes Inalambricas de Acceso*: <http://www.albertolsa.com/wp-content/uploads/2009/07/ria-comparativa-de-ieee-80211-e-ieee80216-francisco-y-alberto.pdf>

Los espacios entre tramas definen las prioridades respecto a los tiempos de espera

existen cuatro respectivamente:

- SIFS (Short IFS): Máxima prioridad reservado para ACK<sup>37</sup>, CTS<sup>38</sup>. Se utiliza cuando una estación ya ha obtenido el medio y necesita mantenerlo para una comunicación determinada.
- PIFS (PCF IFS): Prioridad media, reservado para los puntos de acceso que emplean el modo consulta después de un tiempo PIFS y adelantarse así al tráfico de contención.
- DIFS (Distributed Coordination Function IFS): Prioridad baja, el tiempo mínimo que el medio puede permanecer libre en el que las estaciones acceden de forma inmediata al medio si ha transcurrido un tiempo DIFS desde que el canal se liberó.
- EIFS (Extended IFS): IFS de duración larga, empleada cuando se ha producido un error en la transmisión de la trama. Esto evita que la estación no detecte la siguiente trama. (Francisco Milagro, 2009)

<sup>37</sup> **ACK:** Acknowledgement o Acuse de recibo.

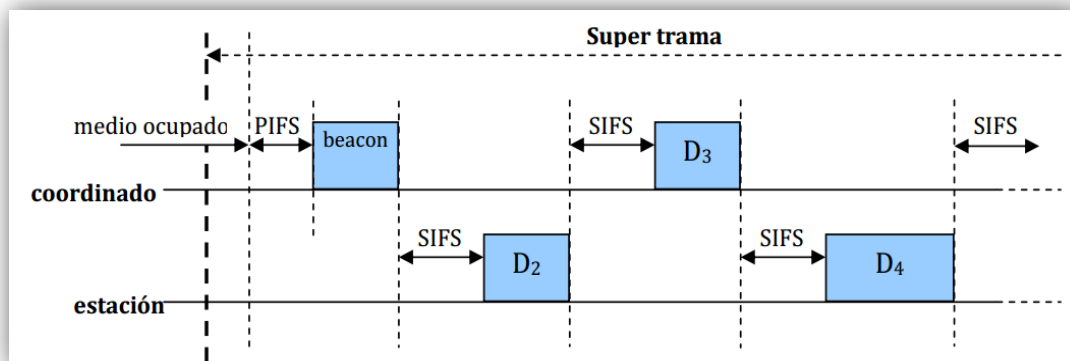
<sup>38</sup> **CTS:** Clear to Send o Mensaje de Listo para enviar

### 2.3.2.1.1.2. Point Coordination Function (PCF)

El método de acceso PCF implementa una función de sondeo que determina cuando la estación cliente puede transmitir. Como resultado el PCF proporciona acceso sincrónico al medio, lo que permite la entrega de tiempo limitado de la información.

En el cual un nodo o Punto de Coordinación controla las tramas que son transmitidas por las estaciones y envía tramas de Beacon<sup>39</sup> a cada estación que pueda transmitir hasta que el campo NAV<sup>40</sup> llegue a ser igual a cero y el Punto de Coordinación asigne a otra estación para la transmisión. (Hermosa, 2011)

Este mecanismo de transmisión basado en las Funciones de Punto de Coordinación se muestra en la Figura.



**Figura 13:** Mecanismo de Función de Punto de Coordinación (PCF)

**Fuente:** Francisco Milagro, A. L. (Junio de 2009). *Redes Inalambricas de Acceso*. Obtenido de *Redes Inalambricas de Acceso*: <http://www.albertolsa.com/wp-content/uploads/2009/07/ria-comparativa-de-ieee-80211-e-ieee80216-francisco-y-alberto.pdf>

## 2.4. WIFI PARA LARGAS DISTANCIAS

A partir de año 2001, una de las tecnologías que se ha tomado en consideración para las comunicaciones de largas distancias es la IEEE 802.11, popularmente llamada WiFi; si bien este estándar no se concibió para redes extensas, sus indudables ventajas de costo, uso de frecuencias libres de licencia y gran ancho de banda, han

<sup>39</sup> **Beacon:** es una trama de gestión que el AP envía periódicamente para anunciar su presencia.

<sup>40</sup> **NAV:** Network Allocation Vector (Vector de adjudicación de la red)

despertado el interés de diversos agentes tecnológicos de países en desarrollo. Incluso en los núcleos urbanos de muchos países se han dado experiencias de aplicación de WiFi.

#### **2.4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

WiFi based Long Distance, citando un término probablemente acuñado por TIER, Technology and Infrastructure for Emerging Regions, un grupo de investigación de la Universidad de California en Berkeley. El término hace referencia al conjunto de soluciones para la transmisión inalámbrica de voz y datos basados en el protocolo 802.11, y cuya virtud más notable, es alcanzar enlaces de muy larga distancia (entre 50 y 100 km), mucho mayores que las distancias para las que originalmente fue diseñado el protocolo 802.11.

#### **2.4.2. MODIFICACIONES EN EL ESTÁNDAR 802.11**

Debido a que la tecnología Wi-Fi fue concebido en un inicio para redes de área local existe mayor dificultad para aplicarla en servicios de larga distancia por tal razón se analiza las técnicas que permiten su uso en un rango mayor al usual.

##### ***2.4.2.1. CAPA FÍSICA EN LARGAS DISTANCIAS***

Al establecer un enlace de larga distancia, la cuestión más importante es asegurarse de que la señal inalámbrica es lo suficientemente fuerte como para permitir la comunicación. La determinación de si el enlace es viable se denomina cálculo del presupuesto del enlace. La viabilidad de enlace depende de la potencia del radio de transmisión y la ganancia dada por las antenas, además de las pérdidas presentes en cables, conectores de las antenas y las pérdidas a lo largo de la ruta de acceso inalámbrico.

Un enlace inalámbrico utilizando la tecnología Wi-Fi puede alcanzar mayor distancia en su transmisión al conseguir un balance específico en algunos parámetros como son:

- La máxima potencia y ganancia de transmisión permitida.
- Las pérdidas de propagación.
- La sensibilidad de recepción.
- La mínima relación señal a ruido aceptable.

**Máxima Potencia de Transmisión:** Para poder determinar la máxima potencia de transmisión permitida se analiza la potencia en mili vatios o en dBm<sup>41</sup> que posee los radios 802.11 que generalmente oscilan entre 30 mW<sup>42</sup> o 15 dBm a un máximo de 1000 mW o 30 dBm.

Además el límite de potencia que se puede transmitir está definido en los reglamentos y normas correspondientes al uso de las frecuencias ISM<sup>43</sup> a 2.4 GHz o UNII<sup>44</sup> en 5GHz.

La siguiente Tabla muestra la máxima potencia de transmisión establecida por región geográfica:

**Tabla 4:** Máxima Potencia Transmisible por Región en banda de frecuencia ISM.

**Fuente:** Luis Camacho, R. Q. (2009). *WiFi Based Long Distance*. GTR-PUCP.

Máxima potencia de transmisión	Dominio Legal	Normativa
1000 mW	USA y algunos países	FCC 15.247
100 mW	Europa	ETS 300-328
10 mW	Japón	MTP Ordinance for Regulating Radio Equipment, Article 49-20

<sup>41</sup> **dBm:** es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un mili vatio (mW).

<sup>42</sup> **mW:** unidad de medida de la potencia en mili vatio.

<sup>43</sup> **ISM:** (Industrial, Scientific and Medical) son bandas reservadas para uso en áreas industrial, científica y médica.

<sup>44</sup> **UNII:** Unlicensed National Information Infrastructure (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia) definida y regulada únicamente en EEUU, otros países utilizan una nomenclatura distinta.

Para el caso de estudio el Ecuador en la Resolución-TEL-560-18-CONATEL-2010 correspondiente a la Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha expresa que la potencia pico máxima de transmisión es de 1000 mW en la banda de frecuencia de 2.4 GHz para enlaces punto a punto, punto multipunto o para estaciones móviles, aspectos detallados a profundidad en el Capítulo III.

**Pérdidas de propagación:** El aspecto más importante en la reducción de la pérdida de propagación es asegurar una clara línea de vista lo ideal es que en la primera zona de Fresnel no se tenga obstáculos entre los puntos del enlace normalmente en un radio del 60% lo que se considera un enlace satisfactorio.

Una buena opción para solucionar estos problemas es coloca los transmisores de cada enlace en lugares con mayor elevación utilizando torres de comunicación. (Nedevschi, 2009)

**La sensibilidad de recepción:** Por lo que concierne a la sensibilidad de los receptores, el estándar la define como el nivel de señal recibida suficiente para mantener la tasa de bit errado  $BER^{45} < 10^{-5}$  (Simo, 2007). Las características de las tarjetas en el mercado han ido mejorando; las sensibilidades varían en cada tarjeta con la velocidad del enlace que depende de la versión del protocolo.

#### **2.4.2.2. CAPA MAC EN LARGAS DISTANCIAS**

Las técnicas para extender el alcance presentadas para la capa física de la tecnología Wi-Fi de larga distancia son recomendables de preferencia para enlaces punto a punto que abarcan decenas de kilómetros y ofrece buena señal inalámbrica.

---

<sup>45</sup> **BER:** Tasa de Bit Errado.



Debido a que la capa MAC 802.11 fue diseñada para operar en cortas distancias al presentar intervalos de tiempo constantes definidos en el proceso de transmisión; además el protocolo de acceso múltiple por contienda CSMA/CA<sup>46</sup> empleado es un protocolo que depende de la escucha del medio de contención, un proceso en el que se generan periodos de espera en la transmisión entre estaciones y resulta ser un protocolo inapropiado para operar sobre largas distancias de este modo se definen los principales limitantes que impone la distancia a las prestaciones de la capa MAC<sup>47</sup> 802.11 son:

- **ACKtimeout:** las transmisiones pueden llegar bien y ser confirmadas pero llega un momento a la que los ACK<sup>48</sup> llegan tarde y para cuando lo hacen la estación transmisora ya ha programado una retransmisión esto debido a la distancia; cada trama se retransmite un gran número de veces hasta que se descarta en origen, pese a que probablemente el primer intento tuvo éxito.
- **SlotTime o InterFrame:** el objetivo de estos intervalos es que cualquier transmisión emitida por otra estación mientras el medio se encuentre ocupado no sea transmitida debido al procedimiento de escucha hasta que el canal se libere si este proceso no se cumple la probabilidad de colisión crece y las prestaciones se reducen de forma desmedida con la distancia; a medida que la distancia crece provoca tiempos de propagación mayores que el SlotTime, eso se convierte en un problema.
- **NAV:** los cálculos de duración de transmisiones que maneja este sistema no tienen en cuenta el tiempo de propagación, por lo que falla estrepitosamente en sus predicciones si dichos tiempos se hacen grandes por la distancia.

---

<sup>46</sup> **CSMA/CA:** Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (Acceso Múltiple por Detección de Portadora/ Colisión evitable)

<sup>47</sup> **MAC:** Media Access Control (Control de Acceso al Medio)

<sup>48</sup> **ACK:** Acknowledgement o Acuse de recibo.

Con estas limitaciones el balance del enlace podría funcionar con bajas capacidades pero estas capacidades dependerán de los equipos que se esté utilizando y la versión del estándar.

En las primeras versiones del estándar 802.11 los problemas en los equipos eran más notables a distancia de entre 6 a 20 km.

Con la adaptación de estos tres parámetros de la subcapa MAC: el ACKTimeout, el CTSTimeout y el SlotTime que en algunos de los productos no permiten ser modificados ya que se les asigna un valor de tiempo fijo pero por el contrario en una gran familia de sistemas Wi-Fi basados en los juegos de circuitos de Atheros Semiconductors<sup>49</sup> sí se permiten modificarlos para tener un comportamiento prácticamente correcto en el enlace. (Rendón, Ludeña, & Martínez, 2011)

### **2.4.3. ALTERNATIVAS 802.11 PARA LARGAS DISTANCIAS**

#### ***2.4.2.3. TECNOLOGÍAS PROPIETARIAS BASADOS EN WI FI***

Los investigadores y desarrolladores en el mundo académico y las empresas fabricantes de productos de comunicaciones inalámbricas en banda ancha permitieron el desarrollo de alternativas que modifican la técnica de acceso al medio CDMA/CA utilizada en WI-Fi original, esta técnica presenta algunos inconvenientes para el balance de los enlaces por ello los fabricantes de equipos Wi-Fi para exteriores fabricaron una línea de productos que tienen circuitos Wi-Fi pero que opcionalmente pueden reemplazar la capa MAC del estándar por una MAC TDMA<sup>50</sup> libre de colisiones.

Entre las empresas fabricantes de productos con tecnología Wi-Fi empleadas para largo alcance tenemos:

---

<sup>49</sup> **Atheros Semiconductors:** es un fabricante de chips para tarjetas inalámbricas.

<sup>50</sup> **TDMA:** Time Division Multiple Access o Acceso Múltiple por División de Tiempo

- **MIKROTIK**

Mikrotik empresa que produce routers y estaciones Wi-Fi para exteriores y que desarrolló el protocolo *nstreme* es un protocolo propietario de MikroTik no compatible con otros fabricantes para mejorar el desempeño del enlace debido a que reemplaza a CSMA/CA<sup>51</sup> y gestiona el acceso múltiple mediante una estrategia TDMA. (Gerson Araujo, 2011)

RouterOS es un sistema operativo basado en GNU/Linux<sup>52</sup> que utilizan los equipos Mikrotik.

La línea de productos *MikroTik RouterBOARD*, está enfocada a los pequeños y medianos proveedores de acceso a Internet, que normalmente proporcionan acceso de banda ancha en áreas remotas.

- **UBIQUITI NETWORKS**

Empresa fabricante de plataformas de comunicación de red y equipos Wi-Fi de exteriores con una gama de equipos con solución *AirMAX* una tecnología innovadora de polling o sondeo diseñada exclusivamente para la marca Ubiquiti que no es interoperable con tecnologías de otras marcas; al desactivar la opción de AirMax se emplea el modo de compatibilidad con hardware 802.11a /b /g / n.

Utiliza el sistema operativo AirOS<sup>53</sup> de potentes funciones inalámbricas y de enrutamiento. (Ubiquiti Network, 2014)

---

<sup>51</sup> **CSMA/CA:** Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (Acceso Múltiple por Detección de Portadora/ Colisión evitable)

<sup>52</sup> **GNU/ILINUX:** combinación del núcleo o kernel libre denominado Linux con el sistema GNU.

<sup>53</sup> **AirOS:** Sistema Operativo propietario Ubiquiti.

- **CAMBIUM NETWORKS**

Cambium Networks una empresa dedicada a entregar el transporte inalámbrico y las soluciones de red de acceso que se vinculó a la empresa Motorola Solutions.

En Cambium Networks utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal OFDM y la tecnología de Múltiples entradas y múltiples salidas MIMO para optimizar los tiempos y el uso del espectro en los enlaces punto a punto y punto multipunto además de la optimización de la capa MAC para maximizar la integridad de los datos. (Cambium, 2014)

- **PROXIM**

Es una compañía que constituye sistemas de banda ancha inalámbricos para empresa comunidades y proveedores de servicios. Ofrece productos para enlaces punto a punto y punto multipunto utiliza las ventajas de innovaciones para radio frecuencia como es la multiplexación OFDM<sup>54</sup> y la tecnología MIMO<sup>55</sup> con el protocolo propietario de Proxim **WORP (Wireless Outdoor Routing Protocol)** con la finalidad de transmitir a grandes velocidades con calidad de servicio que permiten transmitir aplicaciones de voz, video y data. (Proxim, 2014)

#### 2.4.4. ANTENAS EMPLEADAS EN LARGAS DISTANCIAS

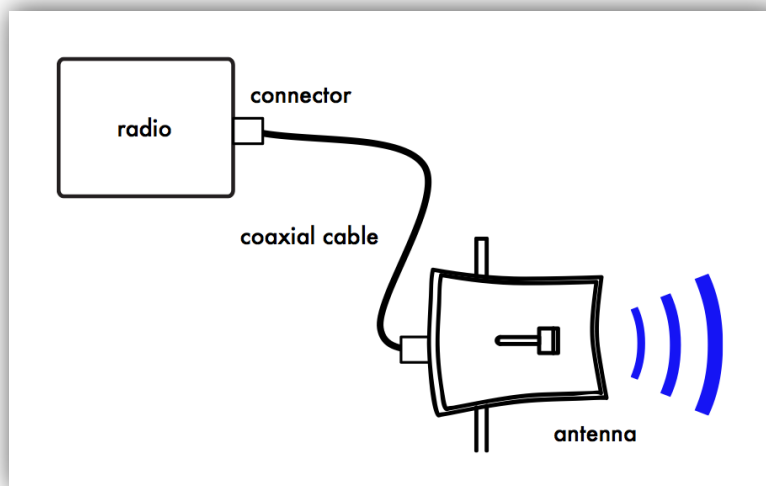
Las antenas son dispositivos físicos que constituyen la parte fundamental de los dispositivos inalámbricos, puesto que sirven de interfaz para el envío o recepción de las ondas electromagnéticas emitidas a través del espacio radioeléctrico.

---

<sup>54</sup> **OFDM**: Multiplexación por división de Frecuencia Ortogonal.

<sup>55</sup> **MIMO**: Múltiples entradas Múltiples Salidas

Las antenas son un componente muy importante de los sistemas de comunicación. Por definición, una antena es un dispositivo utilizado para transformar una señal de Radio Frecuencia que viaja en una línea de transmisión en una onda electromagnética en el espacio libre.



**Figura 14:** Conexión entre el Radio la línea de Transmisión y la Antena

**Fuente:** WNDW. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo* (4 ed.). Copenhagen: WNDW. Obtenido de <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>

#### **2.4.2.4. TIPOS DE ANTENAS**

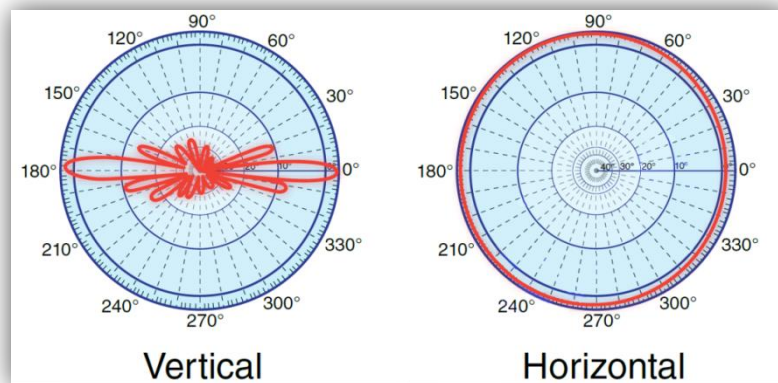
Cuando se alimenta una señal en una antena, la antena emitirá radiación distribuida en el espacio de una manera determinada. Una representación gráfica de la distribución relativa de la potencia radiada en el espacio se denomina un patrón de radiación.

Según la forma de señal que cubren, pueden clasificarse en tres tipos:

- ✓ Omnidireccionales
- ✓ Direccionales o bidireccionales
- ✓ Sectoriales

### 2.4.2.4.1. OMNIDIRECCIONALES

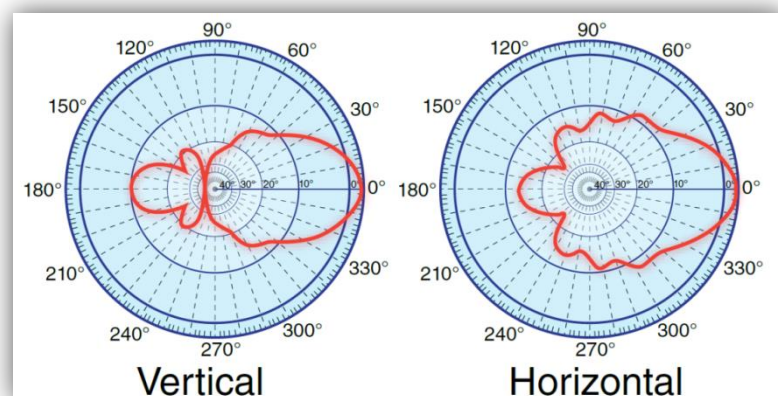
Radian la señal en todas direcciones. En realidad, lo hacen según un diagrama en forma de toro. A medida que aumenta la ganancia de este tipo de antenas pueden lograrse conexiones a mayores distancias, si bien la potencia se concentra cada vez más en el eje horizontal.



**Figura 15:** Área de cobertura de las ondas electromagnéticas en una antena omnidireccional.  
**Fuente:** Mifsud, E., & Lerma-Blasco, R. (2013). *Servicios en Red*. Madrid: McGraw Hill.

### 2.4.2.4.2. DIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES

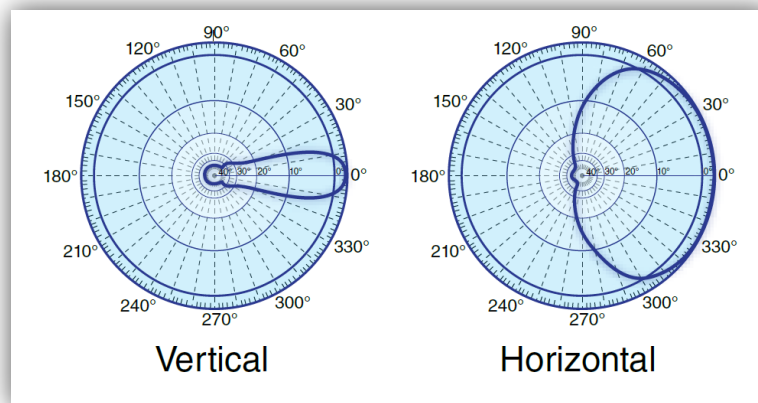
Concentran la señal en una sola dirección (o en dos direcciones, en las bidireccionales) y cubren cierto ángulo alrededor de la dirección a la que se apunta. Cuanto mayor sea la ganancia de la antena, menor será el ángulo de radiación, con lo que resultará más difícil apuntar al otro extremo y mantener una conexión estable.



**Figura 16:** Área de cobertura de las ondas electromagnéticas en una antena direccional.  
**Fuente:** Mifsud, E., & Lerma-Blasco, R. (2013). *Servicios en Red*. Madrid: McGraw Hill.

### 2.4.2.4.3. SECTORIALES

Es un tipo mixto, que intenta juntar lo mejor de los dos anteriores. Por una parte, emite una señal más amplia que una direccional, pero menor que la omnidireccional. En cuanto a la intensidad (alcance) es mayor que la omnidireccional, pero algo menor que la direccional.



**Figura 17:** Área de cobertura de las ondas electromagnéticas en una antena sectorial.  
**Fuente:** Mifsud, E., & Lerma-Blasco, R. (2013). *Servicios en Red*. Madrid: McGraw Hill.

### 2.4.2.5. CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE UNA ANTENA

Las características más importantes que deben valorarse a la hora de elegir las antenas son las siguientes:

- ✓ El alcance o intensidad, es decir, la distancia física en línea recta entre dos puntos.
- ✓ Las dimensiones, imprescindibles para saber si cabe en la ubicación donde necesita colocarse.
- ✓ Los rangos de temperaturas que soporta en funcionamiento, sabiendo si es apta para interior o exterior.
- ✓ El tipo de polarización (vertical u horizontal).
- ✓ La frecuencia de trabajo (Banda ISM o UNNI).
- ✓ La ganancia o potencia, expresada en dBi (fabricantes) o en dBm (reales).

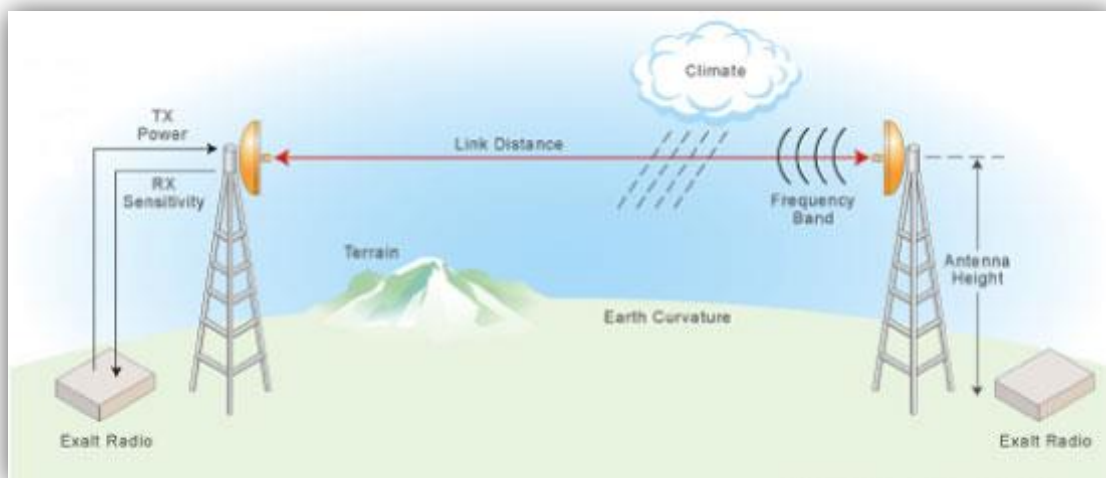
- ✓ Los ángulos de recepción del ancho de banda, tanto horizontal como vertical.

(Mifsud & Lerma-Blasco, 2013)

## 2.5. PRESUPUESTO DEL ENLACE

Un concepto fundamental en cualquier sistema de comunicaciones es el presupuesto del enlace o el balance de potencia, este término describe una serie de cálculos para cuantificar el rendimiento de un enlace mediante la sumatoria de todas las potencias, las ganancias y las pérdidas del sistema tanto para el transmisor (Tx) como para el receptor (Rx).

Un sistema de comunicación básico consiste en dos radios, cada uno con su antena y separados por el trayecto a ser cubierto como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 18:** Factores considerados en el Balance de potencias de un Sistema Inalámbrico  
**Fuente:** MELC. (enero de 2014). *Radio Optimization and Link Budget Calculation*. Obtenido de <http://melc.mitra-edukasi.com/radio-optimization-and-link-budget-calculation>

El que las señales puedan o no ser transmitidas entre los radios va a depender de las características del equipo y de la disminución de la señal debido a la distancia.



## **2.5.1. FACTORES EMPLEADOS EN EL BALANCE DE POTENCIAS.**

### ***2.5.1.1. POTENCIA DE TRANSMISIÓN (TX)***

Se expresa en milivatios o en dBm. La potencia de transmisión a menudo depende de la tasa de transmisión y esta especificada en los manuales del fabricante de.

### ***2.5.1.2. GANANCIA DE LAS ANTENAS***

La ganancia de la antena se refiere a la dirección de la máxima radiación de la antena. Se mide normalmente en dBi.

### ***2.5.1.3. SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR***

La sensibilidad del receptor es un parámetro que identifica el valor mínimo de potencia que necesita el radio para poder decodificar/extraer la señal recibida. Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción de la radio. Al igual que la potencia TX, las especificaciones debería proporcionarlas el fabricante del equipo.

### ***2.5.1.4. PÉRDIDAS EN LOS CABLES.***

Parte de la energía de la señal se pierde en los cables, los conectores y otros dispositivos desde los radios a las antenas. La pérdida depende del tipo de cable usado y de su longitud. La pérdida de señal para cables coaxiales cortos incluyendo los conectores es bastante baja, en el rango de los 2-3 dB.

### ***2.5.1.5. PÉRDIDA EN ESPACIO LIBRE.***

A medida que las ondas electromagnéticas viajan a través del espacio abierto se atenúan. Esta atenuación se describe como la pérdida en el espacio libre (FSL). La pérdida depende de la distancia recorrida por la señal y su frecuencia. A mayor distancia y mayor frecuencia se incrementa significativamente la atenuación.

La pérdida en el espacio libre se puede calcular así:

$$FSL = 32.44 + 20 \log f + 20 \log D$$

**Ecuación 1:** Cálculo de las Pérdidas en el Espacio Libre

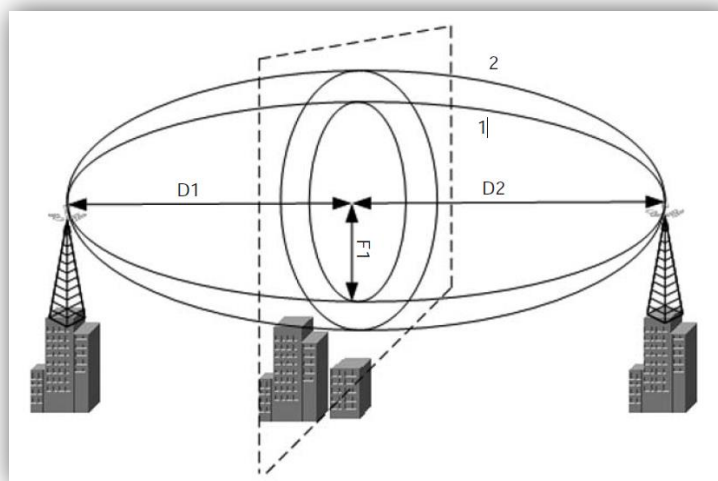
**Fuente:** Tranzeo. (2010). *Tranzeo Wireless Technologies Inc.* Obtenido de [http://www.tranzeo.com/allowed/Tranzeo\\_Link\\_Budget\\_Whitepaper.pdf](http://www.tranzeo.com/allowed/Tranzeo_Link_Budget_Whitepaper.pdf)

Donde:

FSL	Pérdidas en el Espacio Libre (dB)
f	Frecuencia de la señal emitida (MHz)
D	Longitud del enlace (km)

### 2.5.1.6. ZONA DE FRESNEL

Las zonas de Fresnel son unos elipsoides concéntricos que rodean al rayo directo de un enlace radioeléctrico y se definen a partir de las posiciones de las antenas transmisora y receptora. El cálculo de la zona de Fresnel puede ayudar a determinar posibles obstáculos que pueden causar un perjuicio. La primera Zona de Fresnel es la más crítica debido a que la mayoría de la potencia transmitida se encuentra en esta zona y se observa que la atenuación desaparece cuando el despejamiento es igual al 60% del radio de la primera zona de Fresnel, criterio que suele utilizarse en la práctica para el diseño del radioenlace.



**Figura 19:** Primera y segunda Zona de Fresnel

**Fuente:** Ohrtman, F. (2005). *WIMAX Handbook Building 802.16 Wireless Network*. USA: McGraw-Hill.

El radio máximo de la primera zona de Fresnel se halla por medio de la siguiente formula:

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{d * f}}$$

**Ecuación 2:** Cálculo del radio de la primera Zona de Fresnel

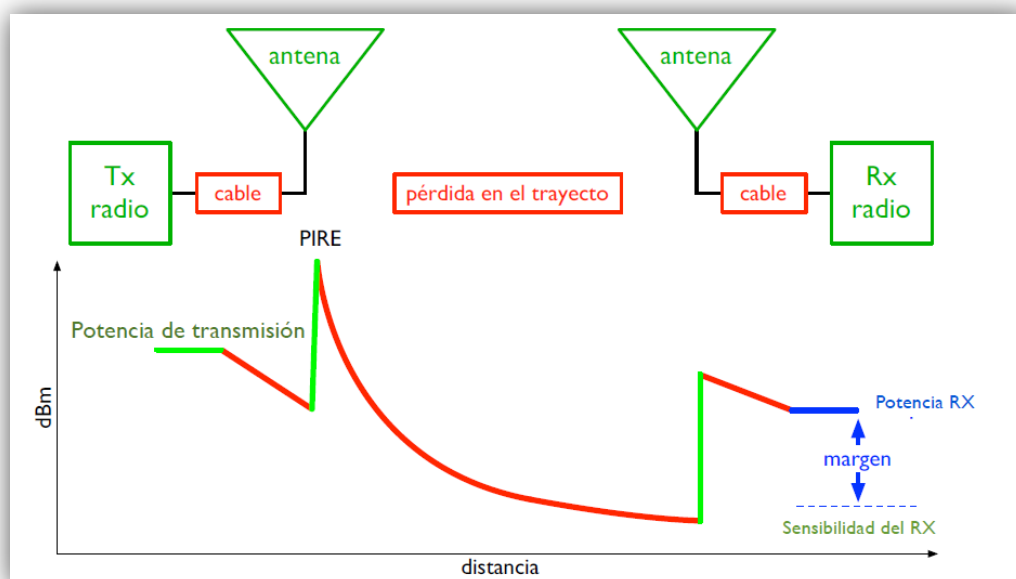
**Fuente:** WNDW. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo* (4 ed.). Copenhagen: WNDW. Obtenido de <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>

Donde:

r	radio de la primera zona de Fresnel. [m].
d <sub>1</sub>	distancia de la antena 1 al obstáculo [Km.].
d <sub>2</sub>	distancia de la antena 2 al obstáculo [Km.].
d	distancia entre las dos antenas [Km.].
f	frecuencia de transmisión de las antenas [GHz.].

### 2.5.1.7. CALCULO DEL PRESUPUESTO DEL ENLACE

Para cada uno de los enlaces se debe realizar un cálculo del nivel de señal esperado y el margen de desvanecimiento que se obtiene. El cálculo consiste en realizar un balance de potencia la siguiente ecuación muestra los elementos básicos que deben considerarse al calcular un presupuesto de enlace de acuerdo al esquema de la figura.



**Figura 20:** Factores que intervienen en el Presupuesto de Potencias de un enlace.

**Fuente:** WNDW. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo* (4 ed.). Copenhagen: WNDW. Obtenido de <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>

$$PRx_{dBm} = PTx_{dBm} - LTx_{dB} + GTx_{dBi} - FSL_{dB} + GRx_{dBi} - LRx_{dB}$$

**Ecuación 3:** Cálculo del balance de Potencias del enlace

**Fuente:** Fernández Nieto, E. (2010). *Proyecto Técnico de despliegue de Red Inalámbrica en el municipio San Rafael del Río*. Obtenido de [http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01\\_Memoria\\_Red\\_Wireless\\_SRR\\_v2.pdf](http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01_Memoria_Red_Wireless_SRR_v2.pdf)

Donde:

$PTx_{dBm}$	Potencia del transmisor.
$LTx_{dB}$	Pérdidas en los cables y conectores del Transmisor
$LRx_{dB}$	Pérdidas en los cables y conectores en el Receptor.
$GTx_{dBi}$	Ganancia de la antena en Transmisión.
$GRx_{dBi}$	Ganancia de la antena en Recepción.
$FSL$	Pérdidas en el Espacio Libre.
$PRx_{dBm}$	Potencia Recibida en el Receptor.

### 2.5.1.8. MARGEN DE DESVANECIMIENTO

La determinación del margen de desvanecimiento suficiente es el paso más importante en el diseño de radioenlaces. Si el margen es demasiado pequeño, el enlace será inestable. Además se establece un margen de desvanecimiento, es decir, un margen de seguridad en el que la Potencia recibida en el Receptor (PRx) debe superar a la Sensibilidad del Receptor (SRx). Se establece que este valor debe ser mayor o igual que 10 dB.

El margen de la potencia de recepción está dada por la siguiente formula:

$$M_{dB} = PRx_{dBm} - SRx_{dBm}$$

**Ecuación 4:** Cálculo del Margen de Desvanecimiento del enlace.

**Fuente:** Fernández Nieto, E. (2010). *Proyecto Técnico de despliegue de Red Inalámbrica en el municipio San Rafael del Río*. Obtenido de [http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01\\_Memoria\\_Red\\_Wireless\\_SRR\\_v2.pdf](http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01_Memoria_Red_Wireless_SRR_v2.pdf)

Donde:	$PRx_{dBm}$	Potencia Recibida en el Receptor.
	$SRx_{dBm}$	Sensibilidad del Receptor

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS DE ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS**

En el presente Capítulo se examina los reglamentos vigentes y las normas que se deberán cumplir al momento de empezar con la implementación de la red con la finalidad de que se encuentre en cumplimiento del marco regulatorio de las telecomunicaciones que rigen nuestro país actualmente.

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

La regulación comprende un conjunto de normas que otorgan mecanismos a la sociedad para controlar los comportamientos frente al Estado y vigilar que se cumplan los principios fundamentales de la libre competencia y la satisfacción de interés general actividades necesarias en establecimiento del mercado.

En el ámbito de las telecomunicaciones de nuestro país, como cualquier otra actividad de la sociedad, se encuentra enmarcado dentro del entorno legal que rige al Estado Ecuatoriano y se soporta en siete pilares fundamentales:

- El Marco Legal
- Los Organismos de Control y Regulación
- Las Redes
- Los Servicios
- Los Fabricantes
- Los Operadores
- Los Usuarios

De acuerdo a la evolución en el aspecto legal y regulatorio que se ha experimentado en el sector de las telecomunicaciones se ha visto reflejado en los diferentes cuerpos legales que rigen a la sociedad. Dentro de este contexto las normas que deben

cumplirse en el país para el normal desenvolvimiento de las actividades se encuentran especificadas a continuación:

- Constitución Política de la República del Ecuador. Registro Oficial 449 emitido el 20 de octubre del 2008.
- Ley Especial de Telecomunicaciones N° 184. Registro Oficial 996 del 10 de agosto de 1992. Última modificación: 13 de Octubre del 2011
- Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada. Decreto Ejecutivo 1790. Registro Oficial 404 del 04 de Septiembre del 2001. Última modificación: 13 de Octubre del 2011
- Reglamento de Radiocomunicaciones. Resolución del CONATEL 556. Registro Oficial 215 de 30-nov-2000. Última modificación: 24 de Noviembre del 2011
- Plan Nacional de Frecuencias. Resolución No. TEL-391-15-CONATEL-2012 emitida el 04 de Julio del 2012 las modificaciones del Plan Nacional de Frecuencias de septiembre de 2008.
- Reglamentos específicos para diferentes áreas de las Telecomunicaciones. (Telecomunicaciones, 2010)

### **3.2. CONTEXTO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL PAÍS**

#### **3.2.1. ANÁLISIS DE LA CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

Con la nueva Constitución del Ecuador adoptada mediante referéndum en el 2008 en la que se incluye varios cambios en el modelo de desarrollo del Estado estableciendo diferentes sectores estratégicos entre ellos el sector de las telecomunicación y el espectro radioeléctrico; recursos que son de rectoría, control y manejo exclusivo del

Estado y orientados al mejoramiento del interés social para beneficio de todos los ecuatorianos.

En lo que corresponde a la ***Comunicación e Información*** en la Constitución se establecen como derechos fundamentales y se expresa puntualmente en su artículo 16 que todas las personas en forma individual o colectiva tienen derecho a: el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación; La creación de medios de comunicación social, y al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas. Además en el artículo 17. Se menciona que tales derechos y su utilización prevalecerán al interés colectivo y deberán estar garantizados por el Estado para lo cual se implementarán normas y políticas públicas para permitir realizar estos derechos. (Constitución del Ecuador 2008)

### **3.2.2. ANÁLISIS DEL PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR 2013-2017**

Para garantizar los derechos y la nueva concepción estratégica del sector de las telecomunicaciones se ha preparado políticas que se contemplan en el Plan de Desarrollo del país.

El Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 en el sector de la telecomunicaciones prioriza entre algunos aspectos el acceso universal y la prestación de servicios en telecomunicaciones, tecnologías de información y comunicación (TIC), incluyendo radiodifusión, televisión y espectro radioeléctrico garantizando la calidad, la accesibilidad, la continuidad para promover el acceso de los servicios en áreas de la educación, salud, producción y en especial para los sectores más vulnerables de las áreas rurales.

La democratización del uso del espectro radioeléctrico impulsando el uso de las bandas de frecuencia para propósitos comunitarios y de interés nacional además el desarrollar redes y servicios en los que se emplean los mecanismos regulatorios para la realización de contratos, concesiones de bandas de frecuencia y prestación de servicios.

La importancia que tiene el acceso y la repotenciación de la infraestructura el equipamiento, la conectividad y el uso de TIC para alcanzar la universalización en la educación inicial, básica y bachillerato. (Plan Nacional de Desarrollo / Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017)

### **3.2.3. ANÁLISIS DEL CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN**

#### **TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD)**

En el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización en su sección cuarta concerniente al Gobierno y Democracia Digital en los Artículos 361, 362, y 363 emitido por el Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados declara la prestación de servicios por parte de los gobiernos autónomos descentralizados, con el apoyo de sus respectivas entidades asociativas, emprenderán un proceso progresivo de aplicación de los sistemas de gobierno y democracia digital, aprovechando de las tecnologías disponibles y propiciar el uso masivo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la educación, la cultura, la salud y las actividades de desarrollo social, incrementando la eficacia y la eficiencia individual y colectiva del quehacer humano.

Los gobiernos autónomos descentralizados realizarán procesos para asegurar progresivamente a la comunidad la prestación de servicios electrónicos acordes con el desarrollo de las tecnologías, y dotarán a los servicios de banda libre para el uso de



redes inalámbricas en espacios públicos. (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD, 2011)

Igualmente con el proyecto emprendido se pretende satisfacer en el Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Cotacachi (PDOT) especialmente a lo que se refiere a los Objetivos de: Mejorar la Infraestructura y Sistemas de Energía y Telecomunicaciones; Fortalecer las capacidades humanas, la organización con identidad y autonomía, y la relación intercultural a través de la educación y la salud de la niñez, juventud, mujeres, adultos mayores y personas con capacidades diferentes con equidad. (Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Cotacachi (PDOT), 2011)

### **3.3. ASPECTOS JURÍDICOS DEL ESPECTRO RADIO ELÉCTRICO EN EL ECUADOR**

La distribución de las frecuencias del espectro radioeléctrico para las transmisiones de señales de radio, televisión, detección y en general de todas las comunicaciones inalámbricas son potestad del estado mediante el intermedio del Ministerio, Secretaría o Consejo de Telecomunicaciones encargados de la administración, regulación y control de los sistemas de telecomunicaciones en todo el territorio ecuatoriano con la finalidad de evitar la interferencia entre sistemas. Para el mejor manejo del uso del espectro se cuenta con algunos instrumentos legales y reglamentarios que rigen las telecomunicaciones en el país que serán analizados a continuación.

#### **3.3.1. ANÁLISIS A LA LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES**

Esta Ley constituye el marco legal vigente del sector de las Telecomunicaciones en el país mediante la cual se establece una transformación indispensable para asegurar una adecuada regulación y expansión de los sistemas radioeléctricos de acuerdo con

la importancia, complejidad, magnitud, tecnología y acogiendo como principio general la libre competencia en la prestación de estos servicios.

Esta ley enmarca las disposiciones fundamentales correspondientes a la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de información de cualquier naturaleza utilizando sistemas de transmisión radioeléctrica. En este contexto presenta los lineamientos para la administración y el uso de las frecuencias, la normalización y homologación de los equipos terminales, las condiciones en las que se proporcionan los diferentes servicios de telecomunicaciones con la determinación de las tasas y tarifas por concesiones y autorizaciones propuestas para la instalación y explotación de los sistemas de telecomunicaciones.

Se crea organismos destinados a la planificación, administración y control del sector de las telecomunicaciones el Consejo, la Secretaría y la Superintendencia en referencia a los términos y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Ley Especial de Telecomunicaciones , 2011)

### **3.3.2. ANÁLISIS AL REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES REFORMADA**

Documento usado en el Ecuador con la finalidad de establecer las normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones y la operación, instalación y explotación de los mismos. (Derecho de las telecomunicaciones en el Ecuador, 2010)

### **3.3.3. ANÁLISIS AL REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES**

Es un instrumento jurídico sobre las radiocomunicaciones, que establece los procedimientos y principios que rigen a los servicios y sistemas que hacen uso del espectro radioeléctrico en el país. (Derecho de las telecomunicaciones en el Ecuador, 2010)

En especial contempla la manera eficaz y eficiente de uso y explotación del espectro radioeléctrico y de los servicios de telecomunicaciones dentro del territorio nacional. Todo servicio que implica la transmisión y recepción de ondas sea para uso privado y de explotación deberán seguir los lineamientos descritos en el reglamento para operar como corresponde en el marco legal. (CONATEL, Reglamento de Radiocomunicaciones, 2011)

### **3.3.4. ANÁLISIS DEL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS**

El Plan Nacional de Frecuencias establece las normas para la atribución de las bandas, sub-bandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones, en el Ecuador.

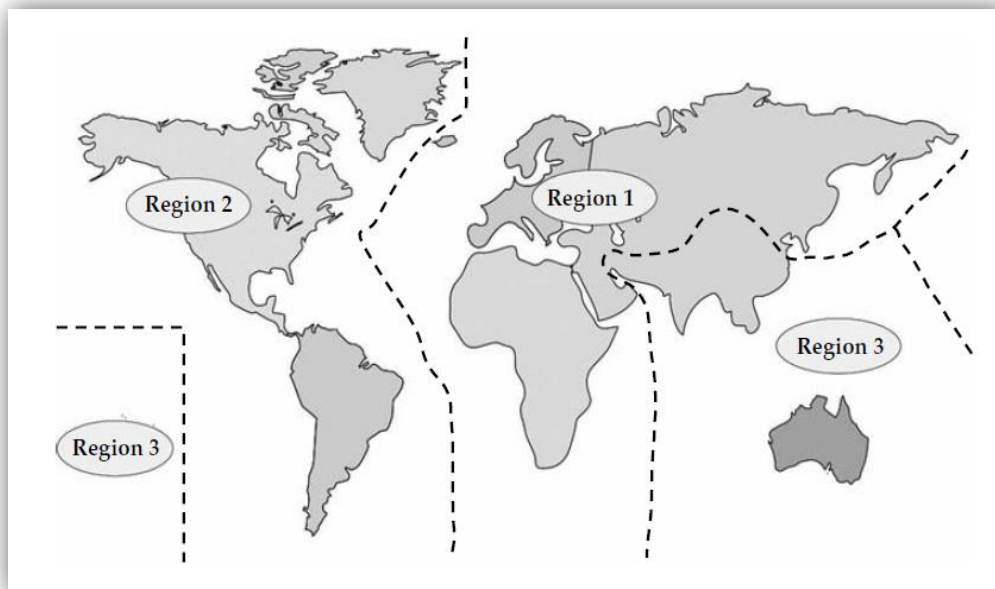
El objetivo principal de este Plan es el de proporcionar los lineamientos para un proceso eficaz de gestión del espectro radioeléctrico, asegurar una utilización óptima del mismo; así como, la prevención de interferencias perjudiciales entre los distintos servicios. Especifica la información necesaria para permitir a las personas naturales o jurídicas interesadas en el uso del espectro radioeléctrico disponer de una guía de atribuciones de bandas para los servicios radioeléctricos.

La Atribución de Bandas de Frecuencias que especifica el plan comprende en el rango de 8,3 kHz – 3000 GHz en base a lo estipulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para la atribución de bandas se ha dividido al mundo en

tres Regiones: Región 1, Región 2 y Región 3. Ecuador pertenece a la Región 2 como se observa en la Figura 21.

- ✓ **Región 1:** comprende Europa, Oriente Medio, África, la antigua Unión Soviética incluyendo Siberia y Mongolia
- ✓ **Región 2:** comprende Norte y Sur América y el Pacífico
- ✓ **Región 3:** comprende Asia, Australia , y la Cuenca del Pacífico

Las regiones reguladoras son en realidad muy importantes los fabricantes de hardware inalámbrico establecen claramente en el producto las regiones en las que están diseñados para ser operados. El uso de equipo de radio inalámbrico fuera de la región designada puede causar interferencia técnica con otros equipos inalámbricos y puede interrumpir las comunicaciones e incumplir con las normas asignadas para cada región.



**Figura 21:** División de Regiones para la Regulación del ondas de Radio de acuerdo a la UIT.

**Fuente:** Obtenido de Soyinka, W. (2010). *Wireless Network Administration A Beginner's Guide*. New York: The McGraw-Hill Companies.

Se contempla que el espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias como se indica en la Figura 22, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo con el siguiente cuadro. Dado que la unidad de frecuencia es el hertzio (Hz), las frecuencias se expresan:

- En kilohertzios (KHz) hasta 3000 KHz, inclusive;
- En megahertzios (MHz) por encima de 3 MHz hasta 3000 MHz, inclusive;
- En gigahertzios (GHz) por encima de 3 GHz hasta 3000 GHz, inclusive.

La presentación del Cuadro contenida en el Plan está clasificada por rangos de frecuencias acorde con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT<sup>56</sup>. (Plan Nacional de Frecuencias Ecuador 2012)

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 22:** Asignación de Bandas de Frecuencia y Longitudes de Onda

**Fuente:** Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico. (4 de Julio de 2012). *Plan Nacional de Frecuencias Ecuador 2012*. Obtenido de [http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan\\_nacional\\_frecuencias\\_2012.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf)

<sup>56</sup> UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**Sistemas de Radiocomunicaciones de Uso Reservado:** Son sistemas de radiocomunicaciones empleados para fines de utilidad pública o por motivos de seguridad interna y externa.

Según la comisión Interamericana de Telecomunicaciones organización de la cual el Ecuador e parte se asigna la banda de frecuencia entre los 2 300 a 2 400 MHz reservada para Seguridad Nacional.

### 3.4. NORMA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA

En el presente proyecto conforme a lo establecido en el marco regulatorio que rigen las telecomunicaciones en el Ecuador se contempla la NORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA para brindar el servicio con acceso inalámbrico de banda ancha.

La SENATEL<sup>57</sup> es encargada de proceder con la emisión del Certificado de Registro de los Sistemas de Modulación Digital de banda Ancha el que debe incluir la descripción del sistema registrado con la aprobación de algunos requerimientos que se presentan a continuación:

- **Homologación:** Todos los equipos que utilicen modulación digital de banda ancha deberán ser homologados por la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- **Bandas de Frecuencia:** Operar en bandas de frecuencias inscritas en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias. Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones, que utilicen técnicas de modulación digital de banda ancha en las siguientes bandas de frecuencias:

---

<sup>57</sup> **SENATEL:** Secretaria nacional de Telecomunicaciones

**Tabla 5:** Bandas de Frecuencia permitidas para Sistemas de Modulación digital de banda ancha.

**Fuente:** CONATEL. (21 de Octubre de 2010). *Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de banda ancha*. Obtenido de [http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560\\_tel\\_18\\_conatel.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560_tel_18_conatel.pdf)

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

Se definen las Bandas INI<sup>58</sup> y las bandas ICM<sup>59</sup> para el desarrollo de la Infraestructura Nacional de Información y las Aplicaciones Industriales Científicas y Médicas.

- **Configuraciones del Sistema:** La operación de los sistemas con técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha se aprobará en las siguientes configuraciones:
  - ✓ Sistemas punto - punto
  - ✓ Sistemas punto - multipunto
  - ✓ Sistemas móviles
- **Potencia Pico Máxima del Transmisor de acuerdo a la Frecuencia de Operación:** en la siguiente tabla se representan las máximas potencias permitidas según la norma técnica para la operación en las distintas bandas de frecuencias y en los distintos tipos de configuración del sistema.

<sup>58</sup> **INI:** Bandas para el desarrollo de la Infraestructura Nacional de Información

<sup>59</sup> **ICM:** Bandas de Frecuencia utilizadas para aplicaciones Industriales Científicas y Médicas

**Tabla 6:** Tabla de Potencias Pico Máxima del Transmisor respecto a la Frecuencia de Operación  
**Fuente:** CONATEL. (21 de Octubre de 2010). *Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de banda ancha*. Obtenido de [http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560\\_tel\\_18\\_conatel.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560_tel_18_conatel.pdf)

Tipo de Configuración del Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)
Punto-punto Punto-multipunto Móviles	902 - 928 250	250
Punto-punto Punto-multipunto Móviles	2400-2483.5	1000
Punto-punto Punto-multipunto Móviles	5150-5250	50 <sup>60</sup>
Punto-punto Punto-multipunto Móviles	5250 - 5350	250 <sup>61</sup>
Punto-punto Punto-multipunto Móviles	5470 - 5725	250 <sup>59</sup>
Punto-punto Punto-multipunto Móviles	5725 - 5850	1000

- Ganancia de la Antena de Transmisión:** Si la ganancia de la antena direccional empleada exclusivamente en los sistemas fijos punto a punto, punto a multipunto y que operan en la banda 2400 - 2483.5 MHz es superior a 6 dBi, deberá reducirse la potencia máxima de salida del transmisor, esto es 1 Watt, en 1dB por cada 3 dB de ganancia de la antena que exceda los 6 dBi.
- Cuando en las bandas de 5150 - 5250 MHz, 5250 -5350 MHz y 5470 - 5725 MHz, se utilicen en equipos con antenas de transmisión de ganancia direccional mayor a 6 dBi, la potencia de transmisión pico y la densidad espectral de potencia pico deberán ser reducidas en la cantidad de dB que superen la ganancia de la antena direccional que exceda los 6 dBi.
- Cualquier dispositivo que opere en la banda de 5150 - 5250 MHz deberá utilizar una antena de transmisión que sea parte integral del dispositivo.

<sup>60</sup> 50 mW o  $(4+10\log B)$  dBm, la que sea menor

<sup>61</sup> 250 mW o  $(11+10\log B)$  dBm, la que sea menor



Los sistemas que operen en la banda de 5725 - 5850 MHz pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi y de hasta 23 dBi sin la correspondiente reducción en la potencia pico de salida del transmisor. Si emplean ganancia direccional en la antena mayor a 23 dBi, será requerida una reducción de 1 dB en la potencia pico del transmisor y en la densidad espectral de potencia pico por cada dB que la ganancia de la antena exceda a los 23 dBi.

Los equipos que emplean Modulación Digital de Banda Ancha que requieren autorización de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Radiocomunicaciones, deben cumplir con lo establecido en la Tabla.

**Tabla 7:** Potencias de los Equipos de acuerdo a la radiación de las Antenas.

**Fuente:** CONATEL. (21 de Octubre de 2010). *Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de banda ancha*. Obtenido de [http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560\\_tel\\_18\\_conatel.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560_tel_18_conatel.pdf)

<b>Equipos con Potencia (P)</b>	<b>Antenas</b>	<b>Áreas</b>
P<100 mW	Directivas	Públicas o Privadas
P<300 mW	Exteriores	Públicas
$300 \leq P \leq 1000$ mW	Cualquier tipo de antenas	Públicas o privadas

### **3.4.1. FORMULARIOS NECESARIOS PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA**

Los formularios necesarios para la implementación de sistemas de modulación de banda ancha son los siguientes:

- Formulario para información legal (sistemas de modulación digital de banda ancha): RC – 1B.
- Formulario para información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones: RC – 2A.
- Formulario para información de antenas: RC – 3A.

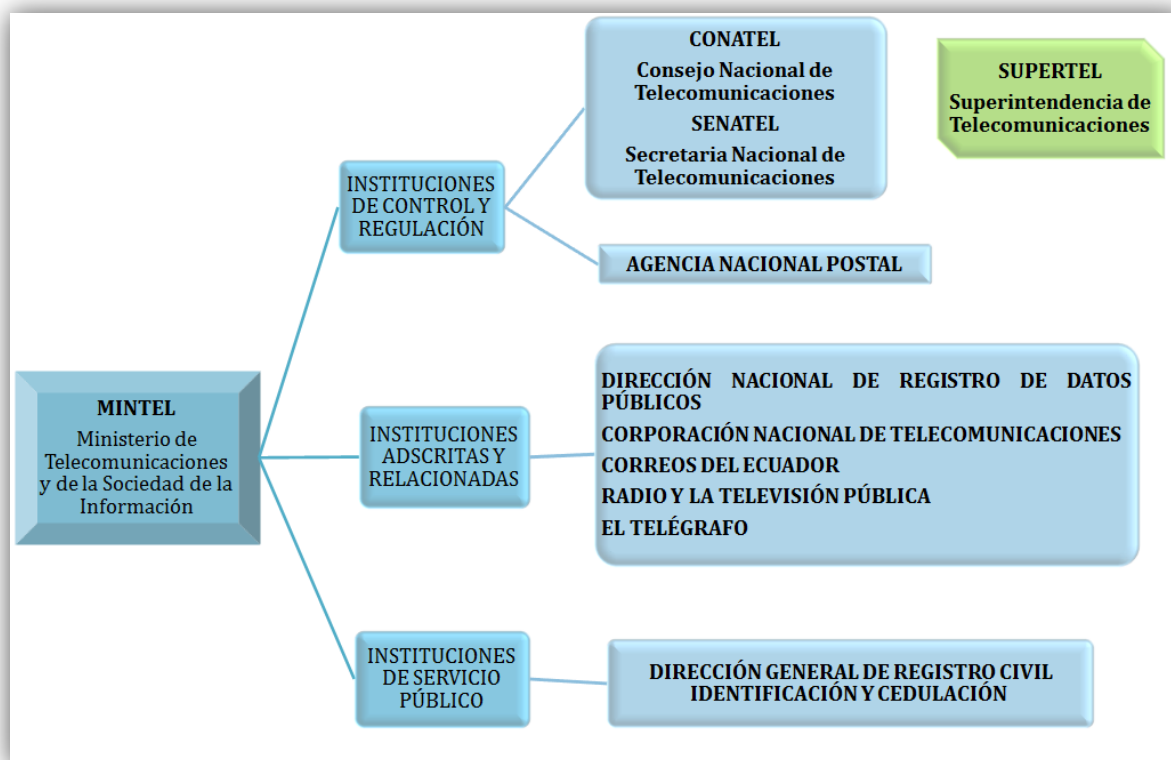
- Formulario para información de equipamiento: RC – 4A.
- Formulario para sistemas de modulación digital de banda ancha (sistemas punto-punto): RC – 9A.
- Formulario para sistemas de modulación digital de banda ancha (sistemas punto-multipunto): RC – 9B.
- Formulario para esquema del sistema de radiocomunicaciones: RC – 14A.

Estos formularios pueden ser fácilmente descargados desde la página oficial de la Secretaría Nacional de telecomunicaciones en la dirección: <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/formularios-sistema-de-modulacion-de-banda-ancha>.

Cada formulario se encuentra descrito en el anexo C.

### **3.5. ORGANISMOS RESPONSABLES DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR.**

De acuerdo a la Constitución establece al estado como administrador y propietario del espectro radio eléctrico por tal motivo el estado asigna a las entidades con competencias y funciones diferenciadas para regular el espectro como se muestra en la siguiente figura la estructura de los organismos responsables y algunas organizaciones adscritas:



**Figura 23:** Estructura de los Organismos Reguladores de las Telecomunicaciones en el Ecuador  
**Fuente:** Ortega, W. (2010). *Establecimiento de parámetros de Calidad de Servicio para comunicaciones de voz en el Servicio Movil Avanzado (SMA), en la Republica del Ecuador*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/211/1/T-ESPE-027397.pdf>.  
 Modificado por el Autor.

### 3.5.1. MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN (MINTEL)

El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información fue creado mediante Decreto Ejecutivo N° 8, el 13 de agosto de 2009 como el ente emisor de políticas y planes generales del sector y cumpliendo con los objetivos de coordinar acciones de apoyo y asesoría para que a través de políticas y proyectos garantizar el acceso igualitario a los servicios que tienen que ver con el área de telecomunicación, para de esta forma asegurar el avance hacia la Sociedad de la Información y del Conocimiento consiguiendo así el buen vivir de la población ecuatoriana.

### **3.5.1.1. FUNCIONES Y COMPETENCIAS DEL MINTEL**

- Establecer y coordinar la representatividad del estado en las políticas del sector de las telecomunicaciones, orientada a satisfacer las necesidades de toda la población;
- Elaborar, Formular, Dirigir y Desarrollar los planes y proyectos de manera concertada con la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y con la ciudadanía;
- Garantizar la masificación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la población del Ecuador, incrementando y mejorando la Infraestructura de Telecomunicaciones;
- Apoyar y facilitar la gestión de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo;
- Funcionar como enlace entre la gestión del sector y las decisiones presidenciales;
- Diseñar y ejecutar programas y proyectos específicos de corto y mediano plazo, que respondan a las políticas de desarrollo del sector;
- Liderar los procesos de diseño, creación, implantación, desarrollo y actualización de un Sistema de Información de las Telecomunicaciones;
- Realizar el monitoreo, seguimiento y evaluación a las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las telecomunicaciones. (MINTEL, 2014)

### **3.5.2. CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL)**

Es el ente de administración y regulación de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador, en nombre del Estado y es el representante ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

### **3.5.2.1. FUNCIONES Y COMPETENCIAS DEL CONATEL**

Dentro de las competencias y funciones principales del Consejo Nacional de Telecomunicaciones se encuentran:

- Dictar las políticas de Telecomunicaciones en el Ecuador;
- Aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones;
- Aprobar el Plan de Frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico;
- Aprobar las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones;
- Aprobar los pliegos tarifarios de los servicios de telecomunicaciones, así como los cargos de interconexión que deban pagar obligatoriamente los concesionarios de servicios portadores;
- 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;
- Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción de contratos de concesión para la explotación de servicios de telecomunicaciones y para el uso del espectro radioeléctrico;
- Expedir los reglamentos necesarios para la interconexión de las redes;
- 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.

(Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2014)

### **3.5.3. SECRETARIA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (SENATEL)**

La misión de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones es liderar la gestión de las telecomunicaciones en todo el territorio ecuatoriano, convirtiéndose en un ente

administrador, regulador, consultor, y promotor encargado de la ejecución de las políticas de las telecomunicaciones en el país.

Es el ente que ejecuta las políticas dictadas por el CONATEL desarrollando los reglamentos y normas técnicas que serán aplicados en los diversos servicios de telecomunicaciones; y elabora normas para regular los servicios de telecomunicaciones, las cuales pone a consideración del CONATEL.

#### **3.5.3.1. FUNCIONES Y COMPETENCIAS DE LA SENATEL**

Las principales funciones y competencias de la Secretaría se describen a continuación:

- Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL;
- Ejercer la gestión y administración del espectro radioeléctrico;
- Elaborar los planes de desarrollo de telecomunicaciones y de frecuencias;
- Elaboración de normas, suscribir los contratos de concesión de los servicios de telecomunicaciones y de uso del espectro radioeléctrico;
- Otorgar la autorización para interconexión de redes;
- Promover la investigación científica y tecnológica en el área de telecomunicaciones, entre otros. (SENATEL, 2014)

#### **3.5.4. SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES (SUPERTEL)**

La Superintendencia de Telecomunicaciones es el organismo técnico de vigilancia, auditoria, intervención y control de 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 con el mandato constitucional y ordenamiento jurídico y el interés general.

La SUPERTEL realiza el control y monitoreo del espectro radioeléctrico, así como del desempeño de los operadores y concesionarios de telecomunicaciones. En este marco promueve la defensa de los derechos de los consumidores de estos servicios. Además, dentro del procedimiento de concesiones de frecuencias, elabora los informes técnicos para otorgar las concesiones de radio y televisión. (Navas, 2011)

#### **3.5.4.1. FUNCIONES Y COMPETENCIAS DE LA SUPERTEL**

De acuerdo a la Constitución, Leyes, Reglamentos y Decretos a la Superintendencia de Telecomunicaciones se le atribuyen las siguientes funciones específicas:

- Controlar y monitorear el uso del espectro radioeléctrico.
- Controlar las actividades técnicas de los operadores de los servicios de telecomunicaciones.
- Controlar la correcta aplicación de los pliegos tarifarios aprobados por el CONATEL<sup>62</sup>.
- Supervisar el cumplimiento de las concesiones y permisos otorgados para la explotación del servicio de telecomunicaciones.
- Supervisar el cumplimiento de las normas de homologación y normalización aprobadas por el CONATEL.
- Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL.
- Aplicar las normas de protección del mercado y estimular la libre competencia; y,

---

<sup>62</sup> CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones

- Juzgar a las personas naturales y jurídicas que incurran en las infracciones señaladas en la Ley y aplicar las sanciones en los casos que corresponda.  
(Superintendencia de Telecomunicaciones, 2014)



## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA**

El estudio para el diseño comprende la recolección y análisis de los datos relevantes para el desarrollo del proyecto tales como el número de alumnos, el número de docentes y el número de computadores de las instituciones educativas para poder establecer los requerimientos mínimos de la red y los beneficiarios directos e indirectos.

Este capítulo además contiene el estudio técnico y factible de cada enlace a las diferentes instituciones y la posición de puntos estratégicos de repetidoras que brinden cobertura a los establecimientos; se determinará la conectividad mediante un modelo jerárquico de la red y las características adicionales que se garantizaran para el acceso a internet con un ancho de banda de acuerdo a los requerimientos de cada uno de los centros educativos previamente establecidos y el control de acceso mediante un servidor Firewall/Proxy para restringir la navegación a páginas no educativas según políticas establecidas para la seguridad de la red.

#### **4.1. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS INICIALES DEL PROYECTO**

En el comienzo del diseño de una red es fundamental el conocimiento de los puntos a los que se va a prestar el servicio sus coordenadas geo referenciales, los datos sobre la infraestructura existente y los beneficiarios así como la capacidad necesaria en cada uno de ellos. Con ello y en función de las características como la distancia hacia el nodo principal del enlace troncal y la disponibilidad del servicio a proporcionar tendremos la topología que mejor se adapta a nuestras necesidades.

#### 4.1.1. PUNTOS INVOLUCRADOS EN LA RED

El proyecto de Interconectividad y acceso a internet a las unidades educativas nace de una iniciativa del Municipio de Santa Ana de Cotacachi con el único fin de proporcionar este servicio a las escuelas públicas del cantón.

A continuación se listan los sitios involucrado para la conectividad del acceso a internet para la zona andina:

- Municipalidad de Santa Ana de Cotacachi
- Nodos seleccionados para la red de Transporte o Troncal.
- Unidades educativas de la parroquia de Imantag
- Unidades educativas de la parroquia de Quiroga
- Unidades educativas de la zona urbana-rural y cabeceras cantonales de la parroquia de Cotacachi.

##### 4.1.1.1. *CENTRO DE PROCESO DE DATOS MUNICIPIO DE COTACACHI*



**Figura 24:** Ubicación del Municipio de Cotacachi.

El punto de gestión y procesamiento de Datos ubicado en las calles González Suárez y García Moreno el Edificio de la Municipalidad de Cotacachi es el lugar donde se

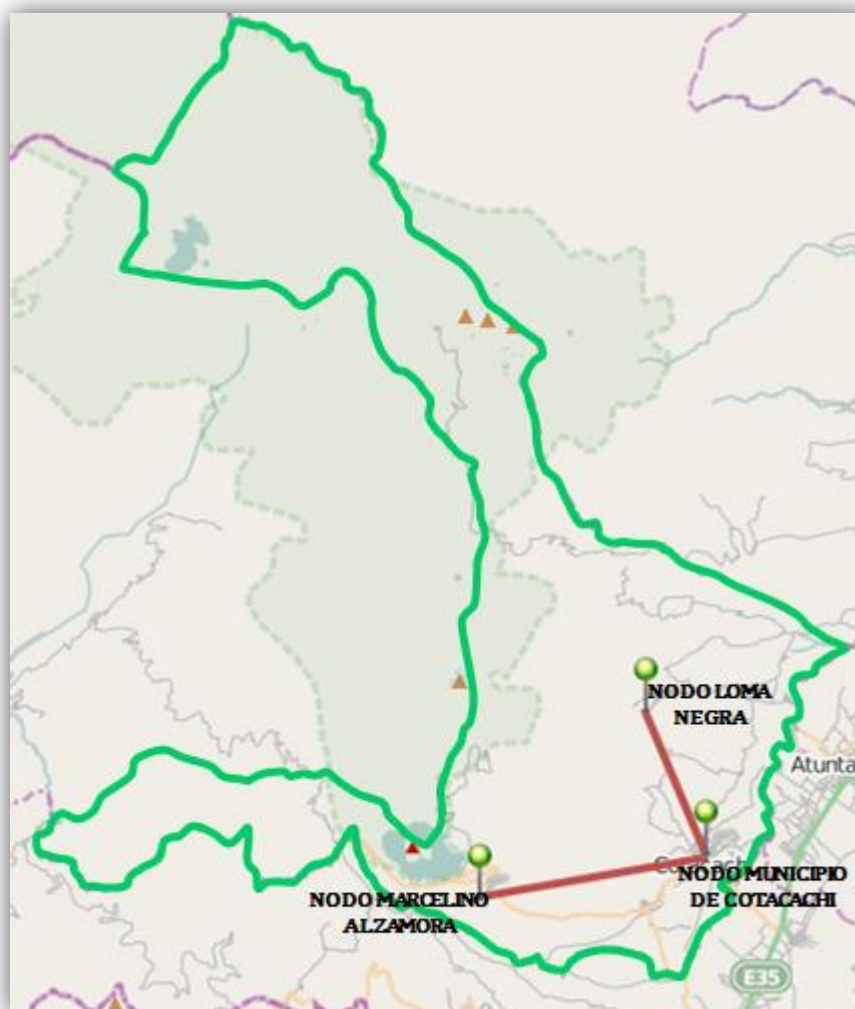
interconecta la red troncal y por lo tanto la red de usuarios con la conexión de Internet de banda ancha proporcionado por el proveedor de servicios de internet autorizado (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) mediante un enlace de fibra óptica con un ancho de banda de 6 Mbps y un plan adicional que será determinado de acuerdo al estudio del dimensionamiento del ancho de banda requerido por los establecimientos educativos. Además corresponde al punto en donde se encuentran los servidores que permitirán controlar y gestionar los servicios ofrecidos por la nueva red entre ellos un servidor firewall proxy y servidores opcionales como: servidor web, correo electrónico, tele vigilancia (video streaming), Voz sobre IP.

#### **4.1.1.2. ENLACE TRONCAL PRINCIPAL**

Red Troncal inalámbrica dispuesta de dos partes principales para la interconexión el Municipio de Cotacachi que se establece como centro de proceso de Datos y los nodos de transporte principales ubicados en el núcleo de la Zona andina del cantón Cotacachi a partir de los cuales se despliega la cobertura hacia la red de acceso.

Los puntos que forman la red Troncal principal son los que se describen a continuación:

- Nodo Troncal ubicado en el Cerro Yanahurco o Loma Negra.
- Nodo Troncal ubicado en el Municipio de Cotacachi.
- Nodo Troncal ubicado en la Escuela Marcelino Alzamora



**Figura 25:** Ubicación Geográfica de los Nodos Seleccionados para el Enlace Troncal  
**Fuente:** Editado por el Autor a partir de Mapas Topográficos del Geoportal de Arcgis obtenido de <http://www.arcgis.com/>

#### 4.1.1.3. INSTITUCIONES BENEFICIARIAS

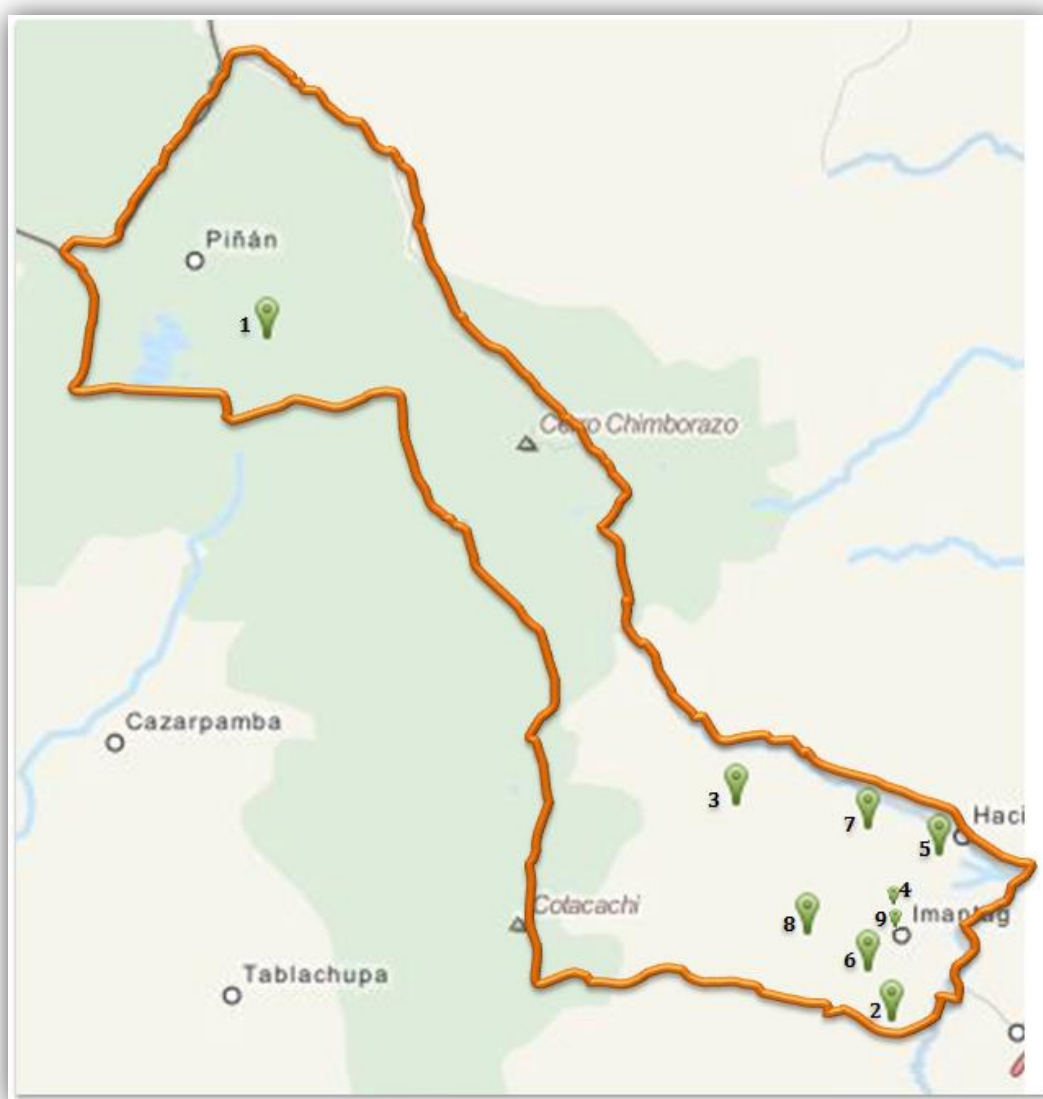
Las entidades beneficiarias del presente proyecto son instituciones públicas existentes en la zona andina y parte de la zona urbana que no cuentan con el servicio de internet y estén calificadas por la Municipalidad y el Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones, instituciones responsables de brindar conectividad a los establecimientos educativos del cantón.

A continuación se muestra la ubicación de las instituciones educativas por parroquia.

#### 4.1.1.3.1. INSTITUCIONES BENEFICIARIAS PARROQUIA IMANTAG

En la parroquia de Inmantag existe una Unidad Educativa del Milenio que cuenta con un enlace para el acceso a internet y nueve establecimientos de educación pública los cuales son tomados en cuenta para el presente diseño como entidades beneficiarias.

En el siguiente Mapa se observa la ubicación de cada establecimiento de esta parroquia y junto a la tabla que contiene los nombres de las instituciones.



**Figura 26:** Ubicación Geográfica de las Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Inmantag

**Fuente:** Editado por el Autor a partir del Geoportal del Ministerio de Educación obtenido de <http://geoportal.educacion.gob.ec>

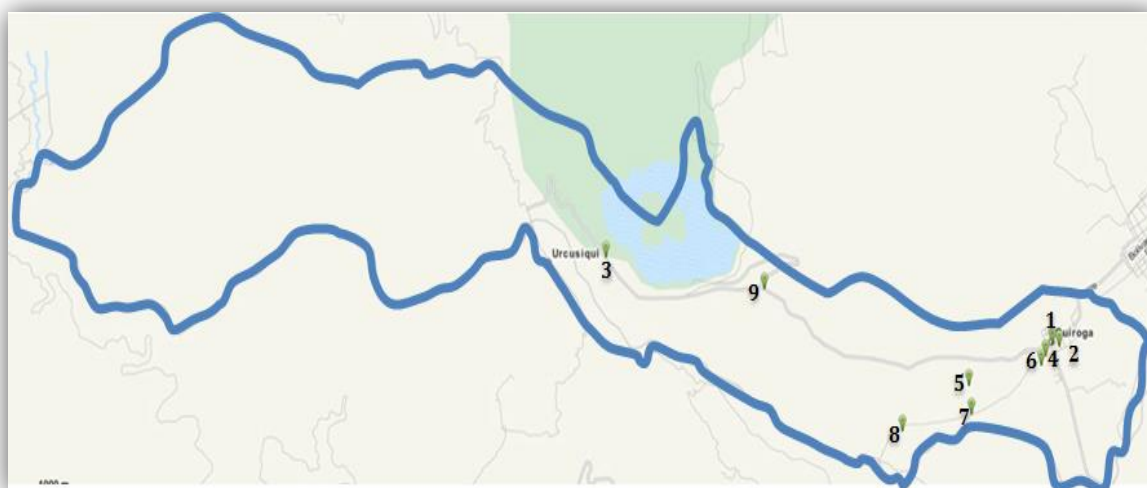
**Tabla 8:** Tabla de Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Inmantag  
**Fuente:** Ministerio de Educación. (2012-2013). *Geoportal* . Obtenido de <http://geoportal.educacion.gob.ec/visor/index.html>

INSTITUCIONES BENEFICIARIAS DE LA PARROQUIA DE INMANTAG	
CÓDIGO	INSTITUCIÓN BENEFICIARIA
1	ABELARDO MORAN MUÑOZ
2	MONSEÑOR BERNARDINO ECHEVERRIA
3	CECIB ALEJO SAES
4	DR IGNACIO SALAZAR
5	HERNANDO DE MAGALLANES
6	LUIS ALBERTO MORENO
7	MARCO HERRERA ESCALANTE
8	PROVINCIA DE EL ORO
9	RED EDUCATIVA IMANTAG

#### 4.1.1.3.2. INSTITUCIONES BENEFICIARIAS PARROQUIA QUIROGA

En la parroquia de Quiroga cuenta con 9 Establecimientos de Educación Pública los cuales son tomados en cuenta para el presente diseño como entidades beneficiarias.

En el siguiente Mapa se observa la ubicación de cada establecimiento de la parroquia, junto a la tabla que contiene los nombres de las instituciones.



**Figura 27:** Ubicación Geográfica de las Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Quiroga  
**Fuente:** Editado por el Autor a partir del Geoportal del Ministerio de Educación obtenido de <http://geoportal.educacion.gob.ec>

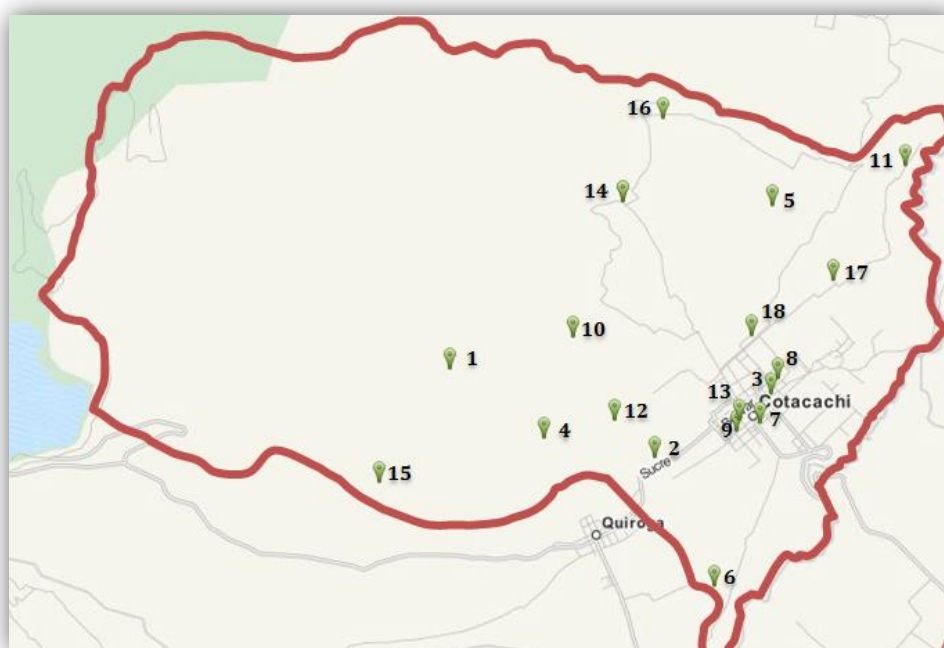
**Tabla 9:** Tabla de Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Quiroga  
**Fuente:** Ministerio de Educación. (2012-2013). *Geoportal* . Obtenido de <http://geoportal.educacion.gob.ec/visor/index.html>

<b>INSTITUCIONES BENEFICIARIAS DE LA PARROQUIA DE QUIROGA</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>INSTITUCIÓN BENEFICIARIA</b>
1	28 DE JUNIO
2	ANDRÉS AVELINO DE LA TORRE
3	CUICOCHA
4	ELOY PROAÑO
5	LETICIA PROAÑO REYES
6	LUIS PLUTARCO CEVALLOS
7	MARCELINO ALZAMORA Y PEÑAHERRERA
8	SEGUNDO LUIS MORENO
9	VIRGILIO TORRES VALENCIA

#### **4.1.1.3.3. INSTITUCIONES BENEFICIARIAS EN COTACACHI**

En la parroquia de San Francisco y el Sagrario cuenta con 3 establecimientos particulares y 18 Establecimientos de Educación Pública, entidades beneficiarias según el proyecto que emprende la Municipalidad.

En el siguiente Mapa se observa la ubicación geográfica de cada establecimiento de la parroquia, junto a la tabla que contiene los nombres de las instituciones.



**Figura 28:** Ubicación Geográfica de las Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Cotacachi  
**Fuente:** Editado por el Autor a partir del Geoportal del Ministerio de Educación obtenido de <http://geoportal.educacion.gob.ec>

**Tabla 10:** Tabla de Instituciones Beneficiarias de la Parroquia de Cotacachi  
**Fuente:** Ministerio de Educación. (2012-2013). *Geoportal* . Obtenido de  
<http://geoportal.educacion.gob.ec/visor/index.html>

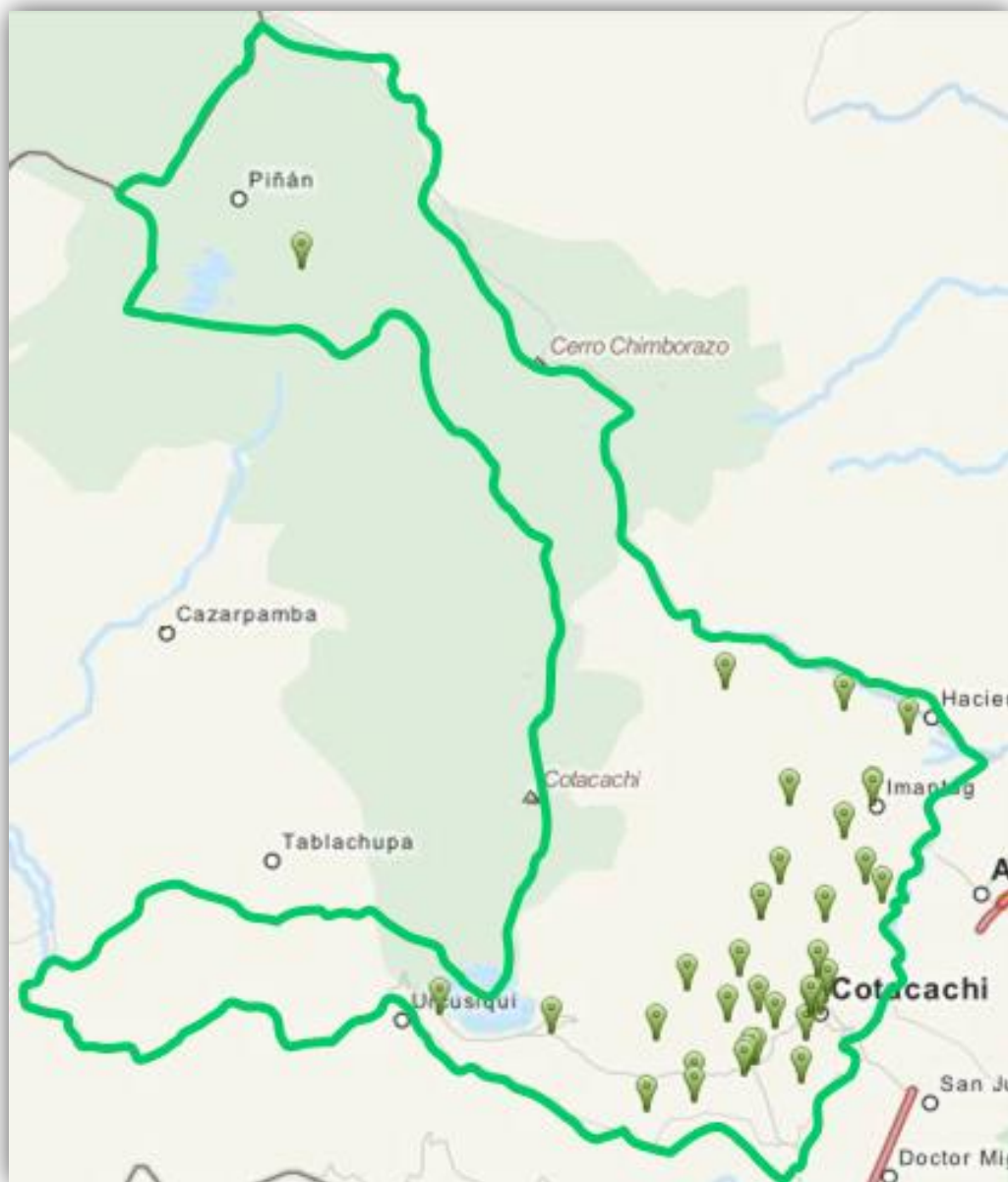
<b>INSTITUCIONES BENEFICIARIAS DE LA PARROQUIA DE COTACACHI</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>INSTITUCIÓN BENEFICIARIA</b>
1	JORGE GÓMEZ ANDRADE
2	HORTENSIA YÉPEZ TOBAR
3	6 DE JULIO
4	ENRIQUE VACAS GALINDO
5	RCECIB COTACACHI JOSÉ DOMINGO ALBUJA
6	JOSÉ VASCONCELOS
7	JUAN FRANCISCO CEVALLOS
8	LUIS ULPIANO DE LA TORRE
9	MANUELA CAÑIZARES
10	MARCO TULIO HIDROBO
11	MARTIN ALONSO GONZÁLEZ LALANNE
12	MIGUEL DE CERVANTES
13	MODESTO AURELIO PEÑAHERRERA
14	NAZACOTA PUENTO
15	PICHINCHA
16	SAN JACINTO
17	PIAVA SAN PEDRO O LUIS FELIPE BORJA
18	TRAJANO NARANJO

#### **4.1.1.3.4. INSTITUCIONES BENEFICIARIAS EN TODA LA ZONA ANDINA DEL CANTÓN COTACACHI**

En la totalidad de la zona Andina que comprende las parroquias de Inmantag, Quiroga, San Francisco y El Sagrario existen 40 establecimientos educativos 3 de ellos son del tipo de sostenimiento particular y una Unidad Educativa del Milenio que cuentan con los respectivos servicios de Internet los 36 establecimientos restantes son de sostenimiento público y son tomados en cuenta como entidades beneficiarias para el desarrollo del diseño.



En el siguiente Mapa se observa la ubicación de cada institución educativa beneficiaria en lo que corresponde a la zona Andina.



**Figura 29:** Ubicación Geográfica de las Instituciones Beneficiarias de la totalidad de la Zona Andina  
**Fuente:** Editado por el Autor a partir del Geoportal del Ministerio de Educación obtenido de <http://geoportal.educacion.gob.ec>

#### 4.1.2. INFORMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y BENEFICIARIOS

Las siguientes tablas contienen la información de la infraestructura el número de computadores con las que cuentan cada institución y el número de estudiantes y profesores que serán beneficiados con el proyecto.

**Tabla 11:** Beneficiarios por cada establecimiento educativo.

**Fuente:** Ministerio de Educación. (2012-2013). *Geoportal*. Obtenido de <http://geoportal.educacion.gob.ec/visor/index.html>

<b>Establecimientos De La Parroquia De Inmantag</b>	<b>Num Alumnos</b>	<b>Num Profesores</b>
Marco Herrera Escalante	50	4
Red Educativa Imantag	704	31
Provincia De El Oro	111	10
Monseñor Bernardino Echeverría	45	3
Cecib Alejo Saes	16	1
Luis Alberto Moreno	94	6
Hernando De Magallanes	166	13
Abelardo Moran Muñoz	63	3
Dr. Ignacio Salazar	32	2
<b>Establecimientos De La Parroquia De Quiroga</b>	<b>Num Alumnos</b>	<b>Num Profesores</b>
Andrés Avelino De La Torre	332	22
Segundo Luis Moreno	92	4
Eloy Proaño	418	21
Leticia Proaño Reyes	235	13
28 De Junio	130	6
Virgilio Torres Valencia	28	2
Cuicocha	10	1
Marcelino Alzamora Y Peñaherrera	97	7
Luis Plutarco Cevallos	384	21
<b>Establecimientos De La Parroquia De Cotacachi</b>	<b>Num Alumnos</b>	<b>Num Profesores</b>
Marco Tulio Hidrobo	42	3
Juan Francisco Cevallos	201	10
San Jacinto	287	13
Jorge Gómez Andrade	47	4
Martin Alonso González Lalanne	26	4

Piava San Pedro O Luis Felipe Borja	15	1
Trajano Naranjo	25	1
Nazacota Puento	131	9
Rcecib Cotacachi José Domingo Albuja	60	5
Pichincha	107	9
Enrique Vacas Galindo	32	3
Miguel De Cervantes	52	7
José Vasconcelos	85	5
Luis Ulpiano De La Torre	1252	79
6 De Julio	629	24
Modesto Aurelio Peñaherrera	505	21
Hortensia Yépez Tobar	67	3
Manuela Cañizares	512	20
<b>SUMA TOTAL</b>	<b>7082</b>	<b>391</b>

Para el diseño de la red es importante considerar el equipamiento tecnológico que las entidades beneficiarias deben tener en base a los estándares definidos por el *Proyecto de Interconectividad Cantonal para servicios Municipales y acceso a Internet en Unidades Educativas y Entidades Estatales del cantón Cotacachi en la Provincia de Imbabura*. En este proyecto se considera que en cada establecimiento se debe tener un valor mínimo de cinco computadores por establecimiento educativo que serán otorgados por la Municipalidad para el acceso a internet como un complemento al equipamiento tecnológico ya existente; además para la proyección de crecimiento de la red se toma como relación los indicadores de uso de las TIC en el proceso de la educación emitidas por el Ministerio de Educación en los que especifica que al menos debe existir un computador por cada 20 estudiantes matriculados en cada institución. (Michilena, 2014)

**Tabla 12:** Infraestructura Computacional de cada Unidad Educativa

**Fuente:** Departamento de Tecnologías Informáticas GAD Cotacachi. (2013). *Proyecto de Interconectividad Cantonal para Servicios Municipales y Acceso a Internet en Unidades Educativas y Entidades Estatales del Cantón Cotacachi en la Provincia de Imbabura*. Cotacachi: GAD Santa Ana de Cotacachi.

<b>Establecimientos de la Parroquia Inmantag</b>	<b>Num Alumnos</b>	<b>Pcs Actual</b>	<b>Pcs a Entregar</b>	<b>Escalabilidad Pcs</b>	<b>Total Pcs</b>
Marco Herrera Escalante	50	2	5	----	7
Red Educativa Imantag	704	24	5	7	29
Provincia De El Oro	111	4	5	----	9
Monseñor Bernardino Echeverría	45	1	5	----	6
Cecib Alejo Saes	16	1	5	----	6
Luis Alberto Moreno	94	3	5	----	8
Hernando De Magallanes	166	6	5	----	11
Abelardo Moran Muñoz	63	2	5	----	7
Dr. Ignacio Salazar	32	--	5	----	5
<b>Establecimientos De La Parroquia Quiroga</b>	<b>Num Alumnos</b>	<b>Pcs Actual</b>	<b>Pcs a Entregar</b>	<b>Escalabilidad Pcs</b>	<b>Total Pcs</b>
Andrés Avelino De La Torre	332	10	5	1	15
Segundo Luis Moreno	92	4	5	----	9
Eloy Proaño	418	15	5	1	20
Leticia Proaño Reyes	235	9	5	1	14
28 De Junio	130	4	5	----	9
Virgilio Torres Valencia	28	2	5	----	7
Cuicocha	10	1	5	----	6
Marcelino Alzamora Y Peñaherrera	97	1	5	----	6

Luis Plutarco Cevallos	384	13	5	2	18
<b>Establecimientos de la Parroquia Cotacachi</b>	<b>Num Alumnos</b>	<b>Pcs Actual</b>	<b>Pcs a Entregar</b>	<b>Escalabilidad Pcs</b>	<b>Total Pcs</b>
Marco Tulio Hidrobo	42	--	5	----	5
Juan Francisco Cevallos	201	--	5	6	5
San Jacinto	287	8	5	2	13
Jorge Gómez Andrade	47	2	5	----	7
Martin Alonso González Lalanne	26	1	5	----	6
Piava San Pedro O Luis Felipe Borja	15	1	5	----	6
Trajano Naranjo	25	1	5	----	6
Nazacota Puento	131	--	5	2	5
Rcecib Cotacachi José Domingo Albuja	60	3	5	----	8
Pichincha	107	5	5	----	10
Enrique Vacas Galindo	32	--	5	----	5
Miguel De Cervantes	52	3	5	----	8
José Vasconcelos	85	4	5	----	9
Luis Ulpiano De La Torre	1252	8	5	50	13
6 De Julio	629	27	5	----	32
Modesto Aurelio Peñaherrera	505	21	5	----	26
Hortensia Yépez Tobar	67	2	5	----	7
Manuela Cañizares	512	17	5	4	22
<b>Número Total De Computadores</b>	<b>7082</b>	<b>205</b>	<b>180</b>	<b>76</b>	<b>385</b>

#### 4.1.3. POSICIÓN GEO REFERENCIAL DE LAS ENTIDADES EDUCATIVAS

El paso inicial y principal para el diseño es el correcto emplazamiento de las instalaciones finales sobre la cartografía a fin de tener la perspectiva global de cómo está la red. Para ello es necesario visitar cada unidad educativa y tomar cada una de las coordenadas con ayuda de un dispositivo GPS (Global Positioning System).

La siguiente tabla contiene la información en coordenadas geográficas y coordenadas UTM, zona 17 sur de cada establecimiento a ser beneficiado por el proyecto.

**Tabla 13:** Coordenadas Geográficas de los Establecimientos Educativos.

ESTABLECIMIENTOS DE LA PARROQUIA DE INMANTAG	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	LONGITUD (X)	LATITUD (Y)	LONGITUD (O)	LATITUD (N)
MARCO HERRERA ESCALANTE	805274,24613	10042578,87997	78°15'27.26"	0°23'5.18"
RED EDUCATIVA IMANTAG	806181,86942	10039556,60659	78°14'58.01"	0°21'26.96"
PROVINCIA DE EL ORO	803468,72584	10039551,32440	78°16'25.66"	0°21'26.72"
MONSEÑOR BERNARDINO ECHEVERRIA	805909,58820	10037008,31246	78°15'6.80"	0°20'3.97"
CECIB ALEJO SAES	801412,19419	10043233,74992	78°17'32.06"	0°23'26.53"
LUIS ALBERTO MORENO	805235,97627	10038482,85974	78°15'28.56"	0°20'51.93"
HERNANDO DE MAGALLANES	807350,91225	10041767,07222	78°14'20.18"	0°22'38.78"
ABELARDO MORAN MUÑOZ	787829,24990	10056683,55287	78°24'50.89"	0°30'44.29"
DR IGNACIO SALAZAR	806172,56472	10039627,30229	78°14'58.27"	0°21'29.17"
<b>ESTABLECIMIENTOS DE LA PARROQUIA DE QUIROGA</b>				
ANDRÉS AVELINO DE LA TORRE	802436,69268	10031210,23656	78°16'59.08"	0°16'55.37"
SEGUNDO LUIS MORENO	798918,70501	10029702,61798	78°18'52.78"	0°15'48.12"
ELOY PROAÑO	802124,03133	10031047,32515	78°17'9.16"	0°16'50.07"
LETICIA PROAÑO REYES	800406,91977	10030505,88396	78°18'4.68"	0°16'32.46"
28 DE JUNIO	802268,60054	10031255,11639	78°17'4.44"	0°16'56.87"
VIRGLIO TORRES VALENCIA	795825,49463	10032232,22046	78°20'32.72"	0°17'28.68"
CUICOCHA	792249,12033	10032806,13123	78°22'28.28"	0°17'47.38"
MARCELINO ALZAMORA Y PEÑAHERRERA	800454,85443	10030013,67763	78°18'3.14"	0°16'16.45"
LUIS PLUTARCO CEVALLOS	802022,11825	10030868,25424	78°17'12.46"	0°16'44.08"

<b>ESTABLECIMIENTOS DE LA PARROQUIA DE COTACACHI</b>	<b>LONGITUD (X)</b>	<b>LATITUD (Y)</b>	<b>LONGITUD (O)</b>	<b>LATITUD (N)</b>
MARCO TULLIO HIDROBO	801918,53482	10034019,94248	78°17'15.79"	0°18'26.76"
JUAN FRANCISCO CEVALLOS	804488,47899	10032850,55782	78°15'52.75"	0°17'48.71"
SAN JACINTO	803151,45491	10037026,14543	78°16'35.92"	0°20'4.58"
JORGE GÓMEZ ANDRADE	800207,43867	10033597,28887	78°18'11.09"	0°18'13.37"
MARTIN ALONSO GONZÁLEZ LALANNE	806507,25012	10036379,51354	78°14'47.48"	0°19'43.50"
PIAVA SAN PEDRO O LUIS FELIPE BORJA	805526,78643	10034791,82937	78°15'19.19"	0°18'51.85"
TRAJANO NARANJO	804377,18897	10034048,33879	78°15'56.33"	0°18'27.68"
NAZACOTA PUENTO	802598,80635	10035885,98037	78°16'53.80"	0°19'27.46"
RCECIB COTACACHI JOSÉ DOMINGO ALBUJA	804667,42535	10035821,77341	78°15'46.94"	0°19'25.36"
PICHINCHA	799244,92655	10032030,32907	78°18'42.22"	0°17'22.07"
ENRIQUE VACAS GALINDO	801519,49341	10032640,67936	78°17'28.70"	0°17'41.90"
MIGUEL DE CERVANTES	802490,20207	10032878,04657	78°16'57.32"	0°17'49.64"
JOSÉ VASCONCELOS	803862,44549	10030600,84526	78°16'13.00"	0°16'35.29"
LUIS ULPIANO DE LA TORRE	804742,68988	10033463,29875	78°15'44.54"	0°18'8.65"
6 DE JULIO	804653,86859	10033244,99096	78°15'47.42"	0°18'1.52"
MODESTO AURELIO PEÑAHERRERA	804203,21841	10032892,03922	78°16'1.96"	0°17'50.08"
HORTENSIA YÉPEZ TOBAR	803044,61352	10032369,19088	78°16'39.42"	0°17'33.07"
MANUELA CAÑIZARES	804162,54600	10032727,41682	78°16'3.26"	0°17'44.71"

#### **4.1.4. POSICIÓN GEO REFERENCIAL DE EMPLAZAMIENTOS**

##### **DETERMINADOS PARA EL ENLACE TRONCAL**

El paso siguiente para el diseño es la ubicación de los puntos predispuestos para formar parte del enlace troncal sobre la cartografía a fin de comprobar la cobertura y obtener las distancias a cada punto de distribución.

Con la obtención de las coordenadas mediante la ayuda de un dispositivo receptor GPS (Global Positioning System) se tiene la siguiente tabla con la información en coordenadas geográficas y de los puntos involucrados en la red de transporte.

**Tabla 14:** Posición Geo referencial de los Puntos expuestos para la Red Troncal

PUNTOS PARA ENLACE TRONCAL	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	LONGITUD (X)	LATITUD (Y)	LONGITUD (O)	LATITUD (N)
CERRO YANAHURCO O LOMA NEGRA	802160,38000	10038770,150	78°17'7,64"	0°21'1,85"
INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARCELINO ALZAMORA	800454,85443	10030013,67763	78°18'3.14"	0°16'16.45"
MUNICIPIO DE COTACACHI	804277,61000	10033290,870	78°15'59.55"	0°18'3.05"

#### 4.1.5. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

##### 4.1.5.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD MÁXIMA REQUERIDA CASO DE ESTUDIO

Para realizar el cálculo de la capacidad máxima requerida se debe tener en cuenta ciertos factores como son:

- **Ancho de banda requerido por Aplicación en Internet**

Para calcular el caudal necesario que se va a necesitar para la red se debe tener en cuenta el número de usuarios y que aplicaciones van a utilizar con más frecuencia para ello se analizan algunas aplicaciones en función de su consumo de ancho de banda:

**Tabla 15:** Consumo de Ancho de Banda requerido por aplicación en Internet

**Fuente:** WNDW. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo* (4 ed.). Copenhagen: WNDW.

Obtenido de <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>

Aplicaciones	Requisito/ Usuario	Notas
Mensajes de texto/ IM	< 1 kbps	Como el tráfico es infrecuente y asíncrono, Mensajería Instantánea tolera latencia alta.
Correo Electrónico	1 a 100 kbps	El email es asíncrono e intermitente así que va a tolerar latencia.
Navegación Web	50 - 100+ kbps	La comunicación es asíncrona, así que una buena cantidad de retardo puede tolerarse. A medida que los navegadores solicitan más datos (imágenes grandes, descargas largas, etc.) el uso de ancho de banda aumenta considerablemente.



Audio en tiempo real	96 - 160 kbps	Cada usuario de audio en tiempo real va a usar una cantidad considerable y constante de ancho de banda. Puede tolerar latencia transitoria muy baja.
Voz sobre IP (VoIP)	24 - 100+ kbps	Igual que con el audio en tiempo real, la VoIP compromete un ancho de banda constante por cada usuario durante el tiempo de la llamada. Pero con la VoIP, el ancho de banda se usa aproximadamente de manera igual en ambas direcciones. La latencia debe ser baja.
Video en tiempo real (streaming)	64 - 200+ kbps	El video en tiempo real necesita un caudal elevado y baja latencia para funcionar adecuadamente.
Aplicaciones peer-to-peer	0- infinito Mbps	Las aplicaciones peer-to-peer toleran cierta latencia y usar todo el caudal disponible para transmitir datos al mayor número de clientes posible, en el menor tiempo posible.

En la siguiente figura recopilada del informe realizado por la Comisión sobre Banda Ancha para el Desarrollo Digital se demuestra el concepto de la banda ancha como un servicio siempre activo, y de alta capacidad, capaz de llevar una gran cantidad de datos por segundo además muestra los tipos de servicios y el tiempo de descarga que pueden presentarse con diversas capacidades de banda ancha.

<i>Tiempo teórico para descargar datos en línea a diferentes velocidades de conexión</i>					
Descarga	56 kbit/s (marcación)	256 kbit/s	2 Mbit/s	40 Mbit/s	100 Mbit/s
Página web sencilla (160 KB)	23 segundos	5 segundos	0,64 segundos	0,03 segundos	0,01 segundos
Página de entrada de la UIT (750 KB)	107 segundos	23 segundos	3 segundos	0,15 segundos	0,06 segundos
Pista de música 5 MB	12 minutos	3 minutos	20 segundos	1 segundo	0,4 segundos
Videoclip 20 MB	48 minutos	10 minutos	1 minuto	4 segundos	1,6 segundos
CD/película, con calidad baja (700 MB)	28 horas	6 horas	47 minutos	2 minutos	56 segundos
DVD/película, con calidad elevada (4 GB)	1 semana	1,5 días	4,5 horas	13 minutos	5 minutos

**Figura 30:** Tiempo teórico de descarga de datos en línea a diferentes velocidades de conexión

**Fuente:** International Telecommunication Union-ITU. (2011). *Broadband: A platform for progress*. Nueva York: ITU/UNESCO. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002198/219825e.pdf>

- ***Banda Ancha***

El análisis del crecimiento y el estado actual de la banda ancha depende de cómo se la define, ya que la definición exacta de la banda ancha afecta a los abonados y a las estadísticas de crecimiento de la red.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a través de la Comisión sobre Banda Ancha para el Desarrollo Digital en su reporte sobre el estado de la banda Ancha para el 2014 define la banda ancha como el acceso a Internet con una velocidad de al menos 256 kbit/s en ambos sentidos; El acceso puede ser a través de cualquier dispositivo (computadora de escritorio, portátil, teléfono móvil, etc). (International Telecommunication Union- ITU, 2014). Siguiendo este lineamiento la Superintendencia de Telecomunicaciones establece que la velocidad mínima efectiva de conexión considerada como banda ancha es de 256 Kbps. (Superintendencia de Telecomunicaciones Ecuador, 2012)

En este contexto se considerará para el dimensionamiento del sistema una capacidad mínima de acceso a Internet de 256 Kbps por cada computador de una institución educativa de acuerdo a los indicadores clave sobre el acceso y el uso de las TIC que especifica la UIT como ente regulador de las telecomunicaciones a nivel internacional y la SUPERTEL como ente regulador a nivel nacional.

- ***Relación de Compartición –Factor de Simultaneidad***

El servicio de internet se basa en la necesidad particular de las personas de acceder a información de una manera totalmente aleatoria. Al existir intereses y necesidades diferentes de consumo de la información disponible en internet se presenta la definición de la relación de compartición y el factor de simultaneidad.

Puesto que es improbable que todos los usuarios usen la conexión exactamente al mismo tiempo y además existe una alta probabilidad de que una porción determinada de ellos utilice el servicio simultáneamente. Es una práctica común compartir el caudal disponible usando algún factor (es decir, permitir más usuarios de los que el máximo ancho de banda disponible puede tolerar).

La relación de compartición define el número de usuarios asignados a un determinado canal y se representa como  $n:1$  donde  $n$  es el número de usuarios simultáneos, los niveles de compartición del canal de comunicaciones más usados en el medio van desde  $2:1$  hasta  $8:1$ ; el factor de simultaneidad expresa que porción de usuarios utilizan el servicio al mismo tiempo y se representa como  $1/n$  en este caso los niveles del factor de simultaneidad son iguales a  $0,5$  hasta  $0,1$ . (WNDW, 2013)

- ***Horarios de Uso de la Red***

La gran mayoría de las instituciones educativas tienen horarios matutinos a excepción de dos instituciones que tienen horarios matutino y vespertino con esta referencia los profesores y estudiantes tendrán acceso al servicio en mayor proporción en horas de la tarde de entre las 15:00 hasta las 18:00 porque es cuando disponen del tiempo para la realización de consultas y tarea. En la mañana los estudiantes tendrán acceso al servicio una vez por semana en clases de computación en donde una porción de tiempo el uso de Internet será para obtener una fuente de consulta de las actividades que se realicen en la clase.

- ***Cálculo de la capacidad requerida para la implementación en puntos fijos***

Con el análisis de las consideraciones antes expresadas se determina un ancho de banda de 256 Kbps para cada computador que forme parte de los establecimientos educativos debido a que el uso es tipo educativo y los servicios más frecuentes serán

la navegación web, correo electrónico y descarga de archivos educativos con un tamaño promedio de 5MB (audio, video, documentos, etc) con un tiempo de descarga de 3 minutos aproximadamente según los índices de la UIT<sup>63</sup> (figura 30).

Dado que los usuarios de la red accederán al servicio en mayor medida en la tarde y su acceso será para fines educativos de consultas y aplicaciones a menor escala que involucra un consumo controlado de ancho de banda y con una utilización menor de los recursos se mantiene un factor de simultaneidad de 0,2 es decir el 20% del total de los usuarios utilizarán los servicios al mismo tiempo este factor de simultaneidad es el que se aplica en los entornos rurales. (Garrido Ojeda & Santos Cevallos, 2011)

En función de las consideraciones antes expresadas el cálculo del ancho de banda o capacidad total requerida en cada punto de interconexión fija es:

$$C_{max} = \text{Número de computadores por nodo} \times 256 \text{ Kbps}$$

**Ecuación 5:** Cálculo de la Capacidad Máxima por nodo de conexión fija.

**Fuente:** Ecuación obtenida de Fernández Nieto, E. (15 de Junio de 2010). *Proyecto Técnico de despliegue de Red Inalámbrica en el municipio San Rafael del Río*. Recuperado el 06 de Junio de 2014, de [http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01\\_Memoria\\_Red\\_Wireless\\_SRR\\_v2.pdf](http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01_Memoria_Red_Wireless_SRR_v2.pdf)

- ***Cálculo de la capacidad requerida para conexiones o Accesos Inalámbricos***

Para dimensionar la red inalámbrica y calcular la capacidad para los puntos de interconexión inalámbrica se considera una transferencia máxima de 128 Kbps por dispositivo inalámbrico debido a que las estadísticas presentadas por el INEC<sup>64</sup> para el año 2011 el 60% de la población comprendida en las edades de 10 a 24 años que poseen dispositivos inalámbricos (Tablet, Laptops, Smartphone) lo utilizan para

---

<sup>63</sup> UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

<sup>64</sup> INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

aplicaciones como redes sociales, internet, correo electrónico, juegos y música en ese orden en particular, aplicaciones que representan un consumo de ancho de banda de entre 50 y 100 Kbps para lo cual 128 Kbps es un nivel aceptable de transferencia para un acceso inalámbrico de este tipo.

Teniendo en cuenta estas necesidades, a continuación es preciso conocer el número de posibles conexiones inalámbricas para ello se establece un intervalo promedio de estudiantes y docentes que se tiene en cada unidad educativa para conocer la carga teórica aproximada a la que se va someter la red inalámbrica en cada institución, para determinar dicho número se analizan los datos obtenidos del porcentaje de personas que poseen dispositivos inalámbricos para lo cual el 10% corresponde a personas de entre 10 a 24 años, obtenido de la página del instituto nacional de estadística y Censos (INEC), por este motivo se fija un índice de un 10% de uso con respecto al intervalo de estudiantes en cada unidad educativa y una conexión para el 100% del promedio de docentes como se aplica en la siguiente tabla:

**Tabla 16:** Asignación de número de dispositivos inalámbricos de acuerdo al número de estudiantes y docentes de la institución

<b>INTERVALO DE ESTUDIANTES</b>	<b>10% DE ESTUDIANTES POR INTERVALO</b>	<b>PROMEDIO DE DOCENTES POR INSTITUCIÓN</b>	<b>NÚMERO DE POSIBLES ACCESOS INALÁMBRICOS</b>
10 a 30	3	2	5
30 a 50	5	3	8
50 a 70	6	4	10
70 a 100	9	6	15
100 a 200	15	10	25
200 a 300	25	15	40
300 a 600	40	20	60
600 a 800	50	30	80
800 a >1200	50	60	110

Dado que los usuarios de la red inalámbrica accederán eventualmente al servicio y por lo general será para aplicaciones a menor escala que involucra un consumo controlado de ancho de banda y con una utilización menor de los recursos se mantiene un factor de simultaneidad de 0,2 es decir el 20% del total de los usuarios utilizarán los servicios al mismo tiempo este factor de simultaneidad es el que se aplica en los entornos rurales y también en los accesos esporádicos de los visitantes que se conectan.

Con las siguientes determinaciones se obteniendo la siguiente ecuación:

$$C_{max} = \text{Número posible de dispositivos inalámbricos} \times 128 \text{ Kbps}$$

**Ecuación 6:** Cálculo de la Capacidad Máxima reservada para dispositivos inalámbricos

**Fuente:** Realizada por el Autor a partir de Fernández Nieto, E. (15 de Junio de 2010). *Proyecto Técnico de despliegue de Red Inalámbrica en el municipio San Rafael del Río*. Recuperado de [http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01\\_Memoria\\_Red\\_Wireless\\_SRR\\_v2.pdf](http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01_Memoria_Red_Wireless_SRR_v2.pdf)

La siguiente tabla detalla la velocidad de transferencia calculada para cada establecimiento educativo en base al número de Computadores fijos que disponen y los que serán asignados para el cumplimiento de los requerimientos del proyecto además se tiene presente los posibles acceso inalámbricos en la red este cálculo está determinado para el caso de estudio de ancho de banda ideal.

**Tabla 17:** Ancho de Banda requerido por cada establecimiento de acuerdo al número total de computadores y posibles dispositivos Inalámbricos a Interconectarse

<b>ESTABLECIMIENTOS DE LA PARROQUIA DE INMANTAG</b>	<b>TOTAL DE PCS FIJOS</b>	<b>ANCHO DE BANDA FIJO</b>	<b>TOTAL DE DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS</b>	<b>ANCHO DE BANDA INALÁMBRICO</b>	<b>ANCHO DE BANDA TOTAL</b>
MARCO HERRERA ESCALANTE	7	1792 Kbps	10	1280 Kbps	3072 Kbps
RED EDUCATIVA IMANTAG	29	7424 Kbps	60	7680 Kbps	15104 Kbps
PROVINCIA DE EL ORO	9	2304 Kbps	25	3200 Kbps	5504 Kbps
MONSEÑOR BERNARDINO ECHEVERRÍA	6	1536 Kbps	8	1024 Kbps	2560 Kbps
CECIB ALEJO SAES	6	1536 Kbps	5	640 Kbps	2176 Kbps
LUIS ALBERTO MORENO	8	2048 Kbps	15	1920 Kbps	3968 Kbps
HERNANDO DE MAGALLANES	11	2816 Kbps	25	3200 Kbps	6016 Kbps
ABELARDO MORAN MUÑOZ	7	1792 Kbps	10	1280 Kbps	3072 Kbps
DR. IGNACIO SALAZAR	5	1280 Kbps	8	1024 Kbps	2304 Kbps

<b>ESTABLECIMIENTOS DE LA PARROQUIA DE QUIROGA</b>	<b>TOTAL DE PCS FIJOS</b>	<b>ANCHO DE BANDA FIJO</b>	<b>TOTAL DE DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS</b>	<b>ANCHO DE BANDA INALÁMBRICO</b>	<b>ANCHO DE BANDA TOTAL</b>
ANDRÉS AVELINO DE LA TORRE	15	3840 Kbps	40	5120 Kbps	8960 Kbps
SEGUNDO LUIS MORENO	9	2304 Kbps	15	1920 Kbps	4224 Kbps
ELOY PROAÑO	20	5120 kbps	60	7680 Kbps	12800 Kbps
LETICIA PROAÑO REYES	14	3584 Kbps	40	5120 Kbps	8704 Kbps
28 DE JUNIO	9	2304 Kbps	25	3200 Kbps	5504 Kbps
VIRGILIO TORRES VALENCIA	7	1792 Kbps	5	640 Kbps	2432 Kbps
CUICOCHA	6	1536 Kbps	5	640 Kbps	2176 Kbps
MARCELINO ALZAMORA Y PEÑAHERRERA	6	1536 Kbps	15	1920 Kbps	3456 Kbps

LUIS PLUTARCO CEVALLOS	18	4608 Kbps	40	5120 Kbps	9728 Kbps
<b>ESTABLECIMIENTOS DE LA PARROQUIA DE COTACACHI</b>	<b>TOTAL DE PCS FIJOS</b>	<b>ANCHO DE BANDA FIJO</b>	<b>TOTAL DE DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS</b>	<b>ANCHO DE BANDA INALÁMBRICO</b>	<b>ANCHO DE BANDA TOTAL</b>
MARCO TULIO HIDROBO	5	1280 Kbps	8	1024 Kbps	2304 Kbps
JUAN FRANCISCO CEVALLOS	5	1280 Kbps	40	5120 Kbps	6400 Kbps
SAN JACINTO	13	3328 Kbps	40	5120 Kbps	8448 Kbps
JORGE GÓMEZ ANDRADE	7	1792 Kbps	8	1024 Kbps	2816 Kbps
MARTIN ALONSO GONZÁLEZ LALANNE	6	1536 Kbps	5	640 Kbps	2176 Kbps
PIAVA SAN PEDRO O LUIS FELIPE BORJA	6	1536 Kbps	5	640 Kbps	2176 Kbps
TRAJANO NARANJO	6	1536 Kbps	5	640 Kbps	2176 Kbps
NAZACOTA PUENTO	5	1280 Kbps	25	3200 Kbps	4480 Kbps
RCECIB COTACACHI JOSÉ DOMINGO ALBUJA	8	2048 Kbps	10	1280 Kbps	3328 Kbps
PICHINCHA	10	2560 Kbps	25	3200 Kbps	5760 Kbps
ENRIQUE VACAS GALINDO	5	1280 Kbps	8	1024 Kbps	2304 Kbps
MIGUEL DE CERVANTES	8	2048 Kbps	10	1280 Kbps	3328 Kbps
JOSÉ VASCONCELOS	9	2304 Kbps	15	1920 Kbps	4224 Kbps
LUIS ULPIANO DE LA TORRE	13	3328 Kbps	100	12800 Kbps	16128 Kbps
6 DE JULIO	32	8192 Kbps	60	7680 Kbps	15872 Kbps
MODESTO AURELIO PEÑAHERRERA	26	6656 Kbps	60	7680 Kbps	14336 Kbps
HORTENSIA YÉPEZ TOBAR	7	1792 Kbps	10	1280 Kbps	3072 Kbps
MANUELA CAÑIZARES	22	5632 Kbps	10	1280 Kbps	6912 Kbps
<b>RESULTADO TOTAL</b>	<b>385</b>	<b>98560 Kbps</b>	<b>855</b>	<b>109440 Kbps</b>	<b>208000 Kbps</b>



Si sumamos todas las tasas previstas de carga de la red, obtenemos una carga total teórica de unos 208 Mbps, suponiendo que todos los usuarios realizan un aprovechamiento total de la red de manera continua y simultánea.

En las consideraciones anteriores se determina, que para realizar el cálculo necesario de carga de la red, se parte de factores de corrección tales como relación de compartición o factor de simultaneidad.

Esta necesidad se traduce del hecho de que hay una muy baja probabilidad de que todos los usuarios utilicen la red al mismo tiempo.

Por esta razón se mantiene para la red un factor de simultaneidad del 20% y se determina mediante el siguiente cálculo que:

$$C \text{ salida} = \text{Carga Total} \times \text{Factor de simultaneidad}$$

**Ecuación 7:** Cálculo de la Capacidad Máxima de salida garantizada para la red  
**Fuente:** Realizada por el Autor a partir de Fernández Nieto, E. (15 de Junio de 2010). *Proyecto Técnico de despliegue de Red Inalámbrica en el municipio San Rafael del Río*. Recuperado de [http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01\\_Memoria\\_Red\\_Wireless\\_SRR\\_v2.pdf](http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01_Memoria_Red_Wireless_SRR_v2.pdf)

$$C \text{ salida} = 208 \text{ Mbps} \times 20 \% = 41600 \text{ Kbps}$$

Esto garantiza 42 Mbps de capacidad del canal mediante un enlace con compartición 1:1 para la salida de Internet que requiere la red para operar de manera óptima en la red según el ancho de banda de operación.

- **Proyecciones de Crecimiento**

Para tener una idea del crecimiento de la red por año se realiza el estudio del número de alumnos matriculados en los años lectivos de 5 años atrás en la Zona Andina de este cantón para establecer el promedio de crecimiento porcentual por año de esta zona de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 18:** Crecimiento de Alumnos en la Zona Andina del cantón Cotacachi en los años 2008

**Fuente:** Ministerio de Educación. (2013). *Reportes de Registros Educativos*. Obtenido de <http://reportes.educacion.gob.ec:8085/reportesPlantilla.aspx?rep=7>

<b>Año Lectivo</b>	<b>Imantag</b>	<b>Quiroga</b>	<b>Sagrario</b>	<b>San Francisco</b>	<b>Alumnos matriculados Zona andina</b>	<b>Crecimiento de alumnos por año</b>
<b>2008-2009</b>	1127	1582	1444	2229	6382	-----
<b>2009-2010</b>	1212	1700	1440	2560	6912	530
<b>2010-2011</b>	1270	1728	2647	1550	7195	283
<b>2011-2012</b>	1281	1728	2700	1620	7329	134
<b>2012-2013</b>	1436	1815	2791	1725	7767	438
<b>Promedio de total de Alumnos matriculados por año</b>					<b>7117</b>	
<b>Promedio Total de Crecimiento de alumnos por año</b>						<b>347</b>

Con estos datos se determina un crecimiento promedio de un 5% del total de los alumnos es decir que un promedio de 347 alumnos más se matriculan por año en esta zona además para la proyección de crecimiento de la red se toma como relación los indicadores de uso de las TIC en el proceso de la educación emitidas por el Ministerio de Educación en los que especifica que al menos debe existir un computador por cada 20 estudiantes matriculados en cada institución.

Para el cumplimiento dar cumplimiento a estos indicadores se contempla una escalabilidad en la infraestructura computacional tratada en la Tabla 12 de un total de 76 computadores más aparte de la infraestructura ya existente esto equivale a un aumento en 4 Mbps en la capacidad máxima de la red.

Y se prevé un crecimiento de la red de alrededor 18 computadores por año que corresponde a un aumento una capacidad de 1 Mbps por cada año en los cinco años que se contempla la operación del proyecto en total el crecimiento y escalabilidad en lo que respecta al ancho de banda es de 9 Mbps hacia cinco años.

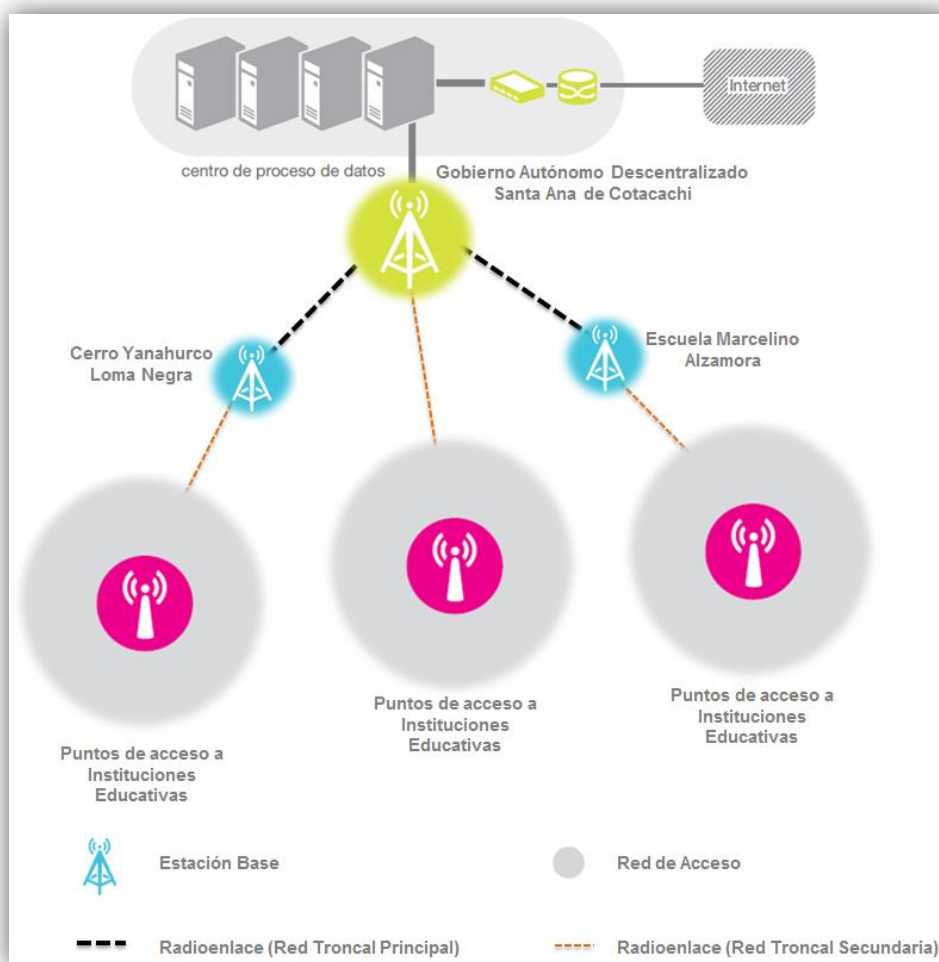
## **4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TÉCNICO**

### **4.2.1. ARQUITECTURA DE RED INALÁMBRICA**

La Arquitectura general adoptada para la red inalámbrica para la prestación de servicios de acceso a internet constará de dos secciones elementales, una red de transporte o backhaul y una red de acceso.

Bajo esta Arquitectura el proyecto consiste en la interconexión mediante la red de acceso los establecimientos educativos ubicados en las parroquias de Imantag, Quiroga, San Francisco y el Sagrario en el cantón Cotacachi.

A partir del Municipio de Cotacachi, lugar en donde se encuentra el Centro de Proceso de Datos (CPD), los servidores necesarios para la gestión de la red y el acceso a la conexión de Internet hacia el enlace de la Red de Transporte o Troncal el nexo entre el los puntos de repetición ubicados en el Cerro Yanahurco o Loma Negra y en la Escuela Marcelino Alzamora y Peñaherrera puntos estratégicos para el despliegue de la cobertura inalámbrica hasta los puntos de la red acceso ubicados en las instituciones beneficiarias como se muestra en el siguiente esquema.



**Figura 31:** Esquema de la Red con arquitectura de la Red Inalámbrica.

**Fuente:** Realizado por el Autor en base a Ferrero, F., & De la Cuesta, G. (2007). *Libro Blanco de Buenas Prácticas para el Despliegue de Redes Inalámbricas de banda Ancha en Municipios de Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Innovación Ciencia y Empresa.

#### 4.2.2. MODO DE OPERACIÓN Y TOPOLOGÍA DE LA RED

De acuerdo a la arquitectura básica tomada como referencia anteriormente el modo infraestructura corresponde al criterio de formación de celdas por medio de varios puntos de emisión además tienden a formar una topología de redes punto a multipunto debido a la ubicación de los puntos de la red de acceso a interconectar, mientras que los enlaces troncales de backhaul mantienen la topología punto a punto.

#### 4.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA WILD SELECCIONADAS

La solución tecnológica adoptada consiste en una Red de Área Metropolitana inalámbrica WILD o Wi-Fi Para Largas Distancias bajo el estándar 802.11.

**Estándar 802.11n-2009:** Es la versión del Estándar 802.11 creado específicamente para extender el alcance para redes de área metropolitana que adopta las siguientes características:

- **Bandas de Frecuencias:** Las bandas de Frecuencia que maneja este estándar 802.11n corresponde a 2,4 GHz y 5GHz bandas de frecuencia de uso libre, y asignadas para la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de modulación digital de banda ancha específicamente. Se utilizará la banda de frecuencias de 5,8 GHz ya que ofrece un espectro menos congestionado y una mejor inmunidad frente a interferencias provenientes de otras fuentes.
- **Ancho de Banda:** El ancho de Banda de los canales de esta versión es de 40 MHz proporciona el doble de capacidad en relación con las anteriores versiones del estándar aumentando en si la velocidad de transmisión de datos.
- **Tasa de Transferencia de Datos o Throughput:** Este estándar permite tasas transferencia de datos de 300 a 600 Mbps teóricos para garantizar un crecimiento de la red y transmisión fiable de aplicaciones como voz, datos y video.
- **Flujos:** Permitir mejorar el rendimiento del sistema permitiendo el uso de Múltiples Antenas con el sistema MIMO utilizando un mismo canal y frecuencia aprovecha la propagación de múltiples trayectorias para mejorar la velocidad de transmisión reducir la tasa de bits errados.

#### 4.2.4. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE EQUIPOS PROPUESTOS

Antes de comenzar con la planificación radioeléctrica al realizar las simulaciones teóricas de la propagación de las señales de radio frecuencia para cada enlace es primordial hacer un análisis de las necesidades en cuanto a datos técnicos de los equipos, antenas y la tecnología que serán empleados para el diseño.

Para trabajar con equipos en base a la tecnología WILD se debe realizar un arreglo determinado que consta de las siguientes partes descritas a continuación.

##### 4.2.4.1. *ROUTER INALÁMBRICO DE LARGA DISTANCIA O PLACA SBC (SINGLE BOARD COMPUTER)*

Un Router que permite la interconexión de redes en forma inalámbrica tiene las características de un computador completo, una tarjeta que incluye memoria RAM, microprocesador y puertos usados para entrada y salida (puertos para interfaz de radio inalámbrico) además incorpora un sistema operativo para configuración de enlaces para largo alcance.

Los requisitos necesarios para la interconexión de redes a larga distancia son determinados según los siguientes parámetros:

**Procesador:** El Router debe poseer un procesador lo suficientemente robusto para ejecutar simultáneamente los servicios que va a requerir la red y realizar las funciones de ruteo.

**Puertos de entrada y Salida:**

- **Número y Tipo de interfaces inalámbricas:** Para un Router que tiene las funciones de Repetidor para el acceso a la red Troncal es necesario que al menos cuente con tres ranuras para la conexión de interfaces inalámbricas.;

Las ranuras de expansión para las interfaces inalámbricas de tipo mini – PCI generalmente.

- **Puerto Serial:** Es importante una interfaz serial para realizar la configuración y mantenimiento de Router.
- **Puerto Ethernet:** Si es necesario la conexión de algún dispositivo de red.

**Resistente a condiciones atmosféricas:** El Router debe tener resistencia a condiciones de temperatura y humedad intensas ya que este será instalado en exteriores en zonas altas montañosas.

**Tipos de alimentación:** La alimentación del Router a través del puerto LAN con POE (Power over Ethernet) es una característica primordial.

Para el presente diseño se considera parámetros de selección para placas Single Board Computer o Router Inalámbrico destinados para el uso en el enlace:

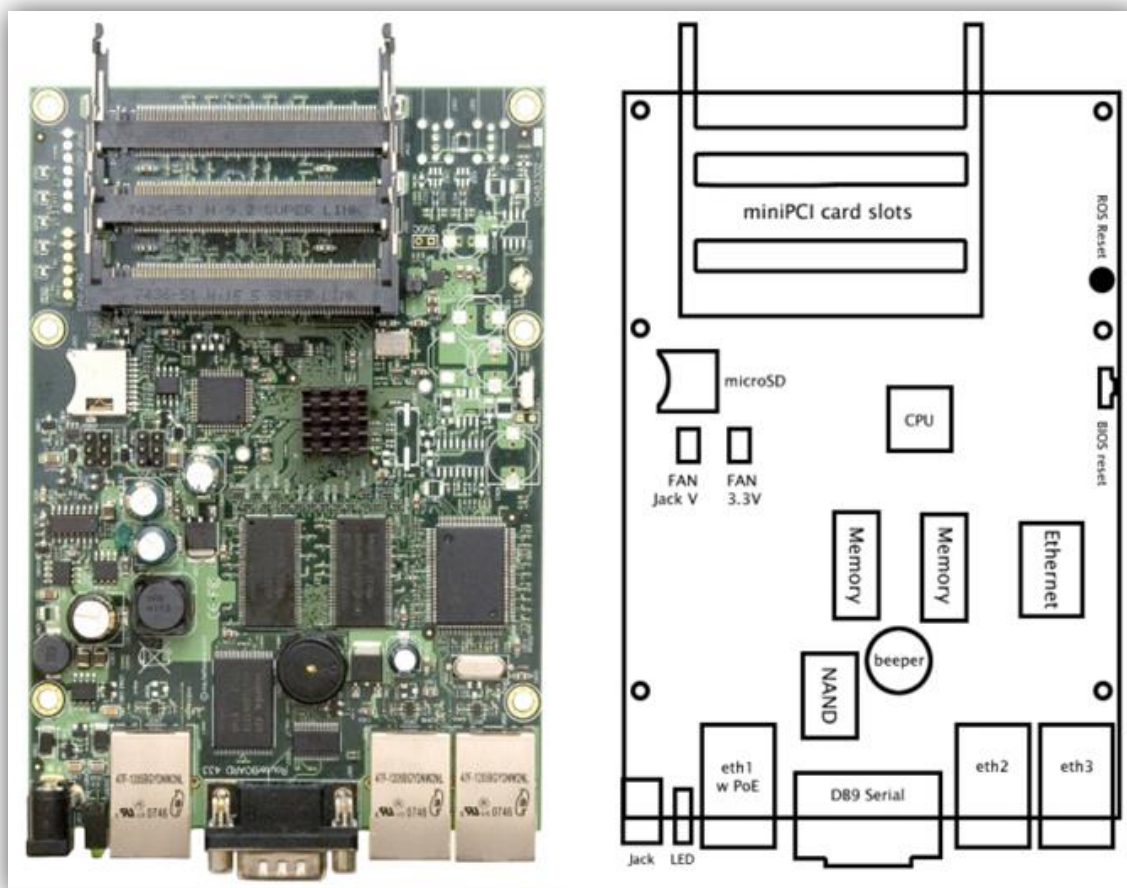
- Backhaul o la red troncal principal.
- Red troncal secundaria.
- Puntos de acceso a los clientes.

#### ***4.2.4.1.1. PLACA SBC A UTILIZAR PARA LA RED TRONCAL Y RED TRONCAL SECUNDARIA***

Para el caso de la red troncal principal y secundaria se presenta una placa madre de la solución Mikrotik el Router Board RB433AH un dispositivo muy utilizado para redes de backhaul de alto rendimiento elegido por sus características técnicas:

- **Procesador:** Atheros AR7161 de 680MHz
- **Memoria RAM del Sistema:** 128MB DDR SDRAM memoria integrada
- **Almacenamiento de Datos:** 64MB integrada y MicroSD
- **Puertos Ethernet:** 3 puertos Ethernet 10/100

- **Puertos mini-PCI:** 3 puertos mini PCI para expansión slots tipo IIIA/IIIB
- **Puerto serial:** DB9 RS232C puerto serial.
- **Rango de temperatura y Humedad de operación:** -30C a +60C; humedad relativa de hasta 70%
- **Alimentación:** Conector de Voltaje de 10-28V DC y Alimentación por POE 10-28V DC.
- **Consumo de Potencia:** 3W sin interfaces inalámbricas máximo de 25W.
- **Sistema Operativo:** MikroTik RouterOS v3, licencia Level5.



**Figura 32:** Placa Mikrotik RB433AH

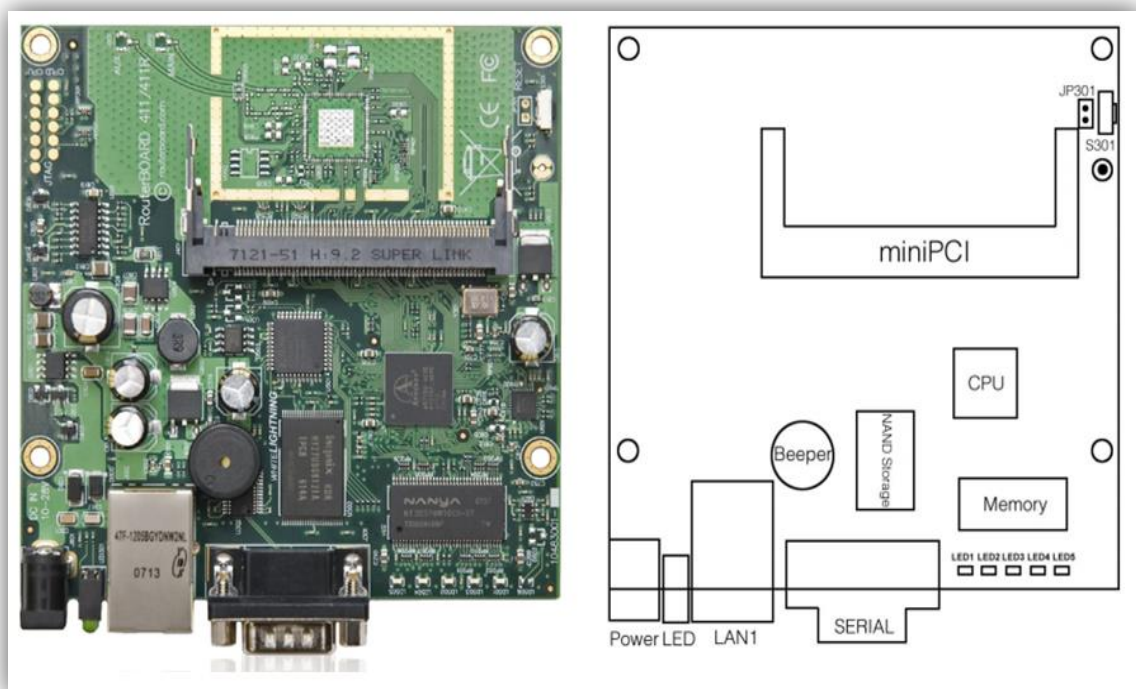
**Fuente:** Mikrotik. (Junio de 2014). *RouterBOARD 433AH*. Obtenido de <http://routerboard.com/RB433AH>



#### 4.2.4.1.2. PLACA SBC A UTILIZAR PARA PUNTOS DE ACCESO DEL CLIENTE.

Para el caso de los puntos de acceso hacia los clientes se presenta una placa madre de la solución Mikrotik el Router Board RB411 un dispositivo muy utilizado para redes de acceso y distribución elegido por sus características y requerimientos técnicos:

- **Procesador:** Atheros AR7130 300MHz CPU
- **Memoria RAM del Sistema:** 32MB DDR SDRAM memoria integrada
- **Almacenamiento de Datos:** 64MB integrada
- **Puertos Ethernet:** 1 puerto Ethernet 10/100
- **Puertos mini-PCI:** 1 puerto miniPCI; slot tipo IIIA/IIIB
- **Puerto serial:** DB9 RS232C puerto serial.
- **Rango de temperatura de operación:** -30C a +60C
- **Alimentación:** Conector de Voltaje de 9-28V DC y Alimentación por POE 12-28V DC.
- **Consumo de Potencia:** 3W sin interfaces inalámbricas máximo de 12W.
- **Sistema Operativo:** MikroTik RouterOS v3, licencia Level3.



**Figura 33:** Placa Mikrotik RB411

**Fuente:** Mikrotik. (Junio de 2014). *RouterBOARD411*. Obtenido de <http://routerboard.com/RB411>

#### **4.2.4.2. TARJETAS DE RED INALÁMBRICAS**

Para elegir la una tarjeta adecuada para la red inalámbrica es recomendable fijar ciertos parámetros que están dispuestos por la tarjeta como: las versiones del estándar 802.11 a las que trabaja, la máxima potencia de salida para transmisión, la sensibilidad en recepción, los flujos MIMO, el tipo de chipset incorporado, Rango de temperatura de operación igualmente el consumo de corriente y el tipo de slot para ranura inalámbrica según la placa SBC<sup>65</sup> elegida.

Es recomendable que la tarjeta disponga de un chipset tipo Atheros<sup>66</sup> que trabajen con el controlador Madwifi una solución para deshabilitar la sincronización de reloj y modificar el valor de ACKtimeout, CTSTimeout y SlotTime para mejorar el control de las prestaciones del sistema, además con puede el dispositivo operar en las modalidades (master, Administrado, Ad-hoc, Monitor) para construir nodos como Punto de Acceso (Access Point), Cliente y Ad-hoc en redes tipo Malla.

##### **4.2.4.2.1. TARJETA DE RED INALÁMBRICA A UTILIZAR PARA LA PLACA SBC**

La interfaz miniPCI R52HN es seleccionada al permitir operar en el estándar 802.11a/b/g/n. Las especificaciones técnicas que se ajustan a los requerimientos del diseño:

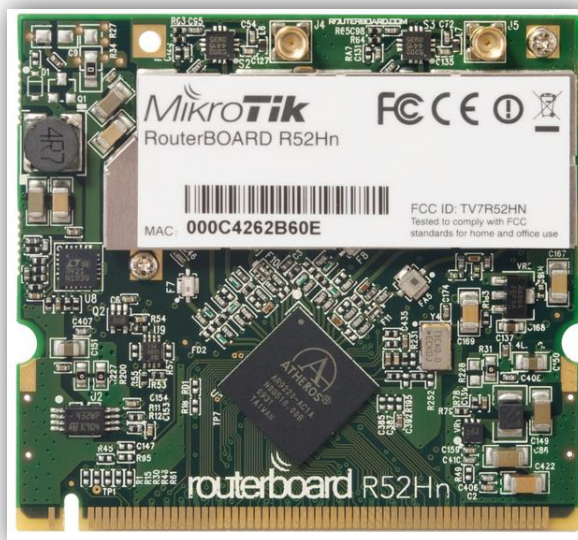
- **Estándar de trabajo:** IEEE 802.11 a/b/g/n
- **Chipset:** Atheros AR9220
- **Potencia de Transmisión:** 25dBm; 315 mW.
- **Flujos MIMO:** 2x2.
- **Factor de Forma:** Tipo Mini-PCI IIIA

---

<sup>65</sup> SBC: Single Board Computer

<sup>66</sup> Atheros: Desarrollador de chipsets inalámbricos.

- **Conectores:** 2 conectores para antena MMCX.
- **Frecuencia de Operación:** 2.4 GHz ; 5 GHz
- **Modulaciones:**
  - OFDM:** BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
  - DSSS:** DBPSK, DQPSK, CCK
- **Temperatura de operación:** -50° C a +60 ° C
- **Consumo de Potencia:** 0.4W



**Figura 34:** Adaptador de Red Inalámbrico Mikrotik R52Hn  
**Fuente:** Mikrotik. (Junio de 2014). *RouterBOARD R52Hn*. Obtenido de <http://routerboard.com/R52Hn>

#### 4.2.4.3. ANTENAS

Existe una variedad de requerimientos que intervienen en la selección de las antenas entre ellos esta las necesidades presentes en instalaciones entre enlaces punto a punto y enlaces punto a multipunto para lo cual se tiene:

#### 4.2.4.2.2. ANTENAS DIRECTIVAS UTILIZADAS PARA ENLACE TRONCAL

Generalmente utilizada para enlaces backhaul de sistemas Punto a Punto una antena tipo reflector parabólico con las siguientes especificaciones:

- **Modelo:** Antena AirMax Dish RD-5G-30
- **Frecuencia de Operación:** 5.1-5.8 GHz (Banda de 5.8 Ghz)
- **Ganancia:** 30 dBi
- **Apertura del haz horizontal:** 5°
- **Apertura del haz vertical:** 5°
- **Polarización:** doble polaridad.
- **Entradas MIMO:** 2x2
- **Conector:** RP-SMA Hembra



**Figura 35:** Antena Ubiquiti Airmax DISH Parabólica de 30 dBi a 5 GHz.  
**Fuente:** Ubiquiti Networks. (Junio de 2014). *Rocket Dish*. Obtenido de [http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd\\_ds\\_web.pdf](http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd_ds_web.pdf)

#### **4.2.4.2.3. ANTENAS SECTORIALES UTILIZADAS PARA ENLACES DE DISTRIBUCIÓN**

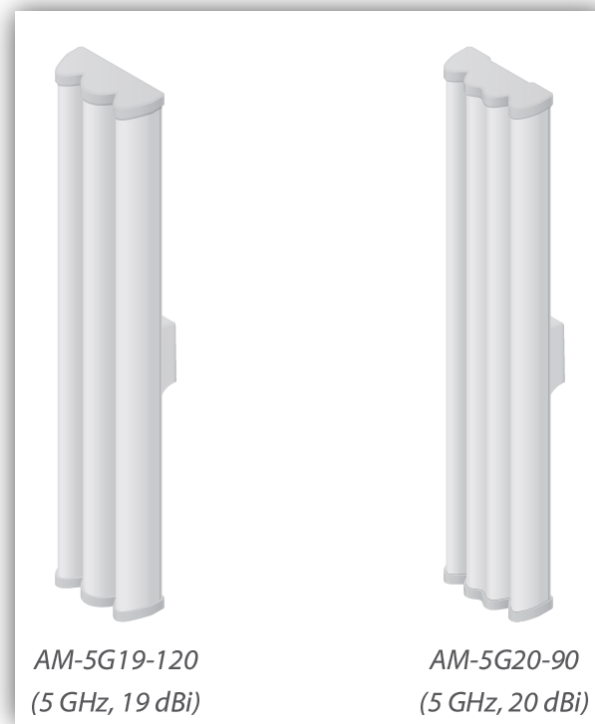
Generalmente utilizada para los enlaces de distribución en la estación base para sistemas Punto a Multipunto, una antena tipo sectorial para cubrir 120° o 90° de área con las siguientes especificaciones:

##### **ANTENA SECTORIAL DE 120°**

- **Modelo:** Antena AirMax Sector RM-5G19-120
- **Frecuencia de Operación:** 5150 - 5850 Mhz (Banda de 5.8 Ghz)
- **Ganancia:** 19 dBi
- **Apertura del haz horizontal:** 123°
- **Apertura del haz vertical:** 123°
- **Polarización:** Doble Polaridad.
- **Entradas MIMO:** 2x2
- **Conector:** RP-SMA

##### **ANTENA SECTORIAL DE 90°**

- **Modelo:** Antena AirMax Sector RM-5G20-90
- **Frecuencia de Operación:** 5150 - 5850 Mhz (Banda de 5.8 Ghz)
- **Ganancia:** 20 dBi
- **Apertura del haz horizontal:** 91°
- **Apertura del haz vertical:** 85°
- **Polarización:** Doble Polaridad.
- **Entradas MIMO:** 2x2
- **Conector:** RP-SMA



**Figura 36:** Antenas Sectoriales Ubiquiti AirMAX de 5GHz 19 dBi a 120° y 20 dBi a 90°  
**Fuente:** Ubiquiti Networks. (Junio de 2014). *Antenas Sectoriales AirMAX*. Obtenido de [http://dl.ubnt.com/datasheets/airmaxsector/airMAX\\_Sector\\_Antennas\\_DS.pdf](http://dl.ubnt.com/datasheets/airmaxsector/airMAX_Sector_Antennas_DS.pdf)

#### 4.2.4.2.4. **ANTENAS DIRECTIVAS UTILIZADAS PARA ENLACE TRONCAL Y ESTACIONES CLIENTE**

Generalmente utilizada para sistemas Punto a Punto y Punto a Multipunto una antena tipo grilla con las siguientes especificaciones:

- **Modelo:** Antena Lanbowan ANT4958D28PG-DP
- **Frecuencia de Operación:** 4950 - 5850 Mhz (Banda de 5.8 Ghz)
- **Ganancia:** 28 dBi
- **Apertura del haz horizontal:** 6°
- **Apertura del haz vertical:** 5°
- **Polarización:** horizontal y vertical
- **Entradas MIMO:** 2x2
- **Conector:** 2N-Female



**Figura 37:** Antena Grilla Lanbowan ANT4958D28PG-DP 5GHz 28 dBi  
**Fuente:** Lanbowan. (Junio de 2014). *Lanbowan Antena*. Obtenido de <http://www.lanbowan.com/ANT4958D28PG-DP.htm>

#### **4.2.4.4. PIGTAILS**

Los pigtails son cables coaxiales adecuados para realizar la conexión de un dispositivo inalámbrico (mini-pci, punto de acceso) tarjeta inalámbrica con una antena inalámbrica.

Para elegir el pigtail apropiado para el diseño se debe tener presente los conectores a utilizar para conectar los dispositivos comúnmente para las tarjetas inalámbricas del tipo mini-PCI se tiene conectores UFL y MMCX por otra parte para conexión hacia la antena se tienen conectores tipo RPSMA, N o SMA macho o hembra; además se considera que el cable debe ser lo más corto posible para evitar atenuaciones.

##### **4.2.4.4.1. PIGTAIL DE CONECTORES MMCX A N-HEMBRA**

Este pigtail es comúnmente para interconectar la tarjeta inalámbrica hasta la salida de la caja metálica para la estación base con un largo aproximado de 30 cm.



**Figura 38:** Pigtail MMCX N-Hembra

**Fuente:** Mini Service Online. (Enero de 2010). *Pigtails*. Obtenido de <http://www.miniserviceonline.com/productos/Cables.htm#>

#### 4.2.4.4.2. PIGTAIL DE CONECTORES N-MACHO A N-MACHO

Pigtail que interconecta la salida de la caja metálica hacia la antena con conectores tipo N-Hembra con un largo de 60 cm.



**Figura 39:** Pigtail N-Macho N-Macho

**Fuente:** Mini Service Online. (Enero de 2010). *Pigtails*. Obtenido de <http://www.miniserviceonline.com/productos/Cables.htm#>

#### 4.2.4.4.3. PIGTAIL DE CONECTORES RP-SMA A N-MACHO

Pigtail que interconecta la salida de la caja metálica hacia la antena con conectores tipo RP-SMA con un largo de 60 cm.



**Figura 40:** Pigtail RP-SMA N-Macho

**Fuente:** Mini Service Online. (Enero de 2010). *Pigtails*. Obtenido de <http://www.miniserviceonline.com/productos/Cables.htm#>



### 4.3. PLANIFICACIÓN RADIOELÉCTRICA

Una vez decidido los puntos de apoyo intermedios deberemos hacer un estudio teórico de despejamiento del haz radioeléctrico respecto del perfil topográfico del terreno. Este es un estudio que mediante un software de procesamiento adecuado se puede solucionar, la herramienta de simulación definida Radio Mobile<sup>67</sup> es un software de libre distribución utilizado para el cálculo de radio enlaces que combina las características de los equipos junto con los perfiles geográficos del terreno para proporcionar los resultados esperados.

#### 4.3.1. EMPLAZAMIENTOS

Los lugares que se interconectan a la red troncal se detallan en la siguiente tabla de acuerdo a la estación de repetición a la que se encuentra enlazado:

**Tabla 19:** Lugares Interconectados a la Red Troncal

<b>RED TRONCAL- ESTACIÓN REPETIDOR</b>	<b>RED ACCESO-ESTACIONES CLIENTE</b>
MUNICIPIO DE COTACACHI	NAZACOTA PUENTO
	RCECIB DOMINGO ALBUJA
	PIAVA SAN PEDRO
	TRAJANO NARANJO
	LUIS ULPIANO DE LA TORRE
	HORTENSIA YÉPEZ TOBAR
	LETICIA PROAÑO REYES
	PICHINCHA
	LUIS PLUTARCO CEVALLOS
	ELOY PROAÑO
	28 DE JUNIO
	ANDRÉS AVELINO DE LA TORRE
	MIGUEL DE CERVANTES

<sup>67</sup> Radio Mobile sitio oficial <http://www.cplus.org/>

	ENRIQUE VACAS GALINDO
	JORGE GÓMEZ ANDRADE
	MARCO TULIO HIDROBO
	MANUELA CAÑIZARES
	JOSÉ VASCONCELOS
	JUAN FRANCISCO CEVALLOS
	MODESTO PEÑAHERRERA
	6 DE JULIO
	CECIB ALEJO SAES
	MARCO HERRERA ESCALANTE
	SAN JACINTO
	HERNANDO DE MAGALLANES
	MONSEÑOR BERNANDINO ECHEVERRÍA
LOMA NEGRA	MARTIN ALONSO GONZÁLEZ
	DR. IGNACIO SALAZAR
	RED EDUCATIVA IMANTAG
	PROVINCIA DEL ORO
	LUIS ALBERTO MORENO
	CUICOCHA
MARCELINO ALZAMORA	SEGUNDO LUIS MORENO
	VIRGILIO TORRES VALENCIA

La Figura 41 presenta el esquema de la Red Troncal con sus respectivas Coordenadas Geográficas la Figura 42 muestra la Topología detallada de la Red de Distribución y de Acceso a los Clientes.

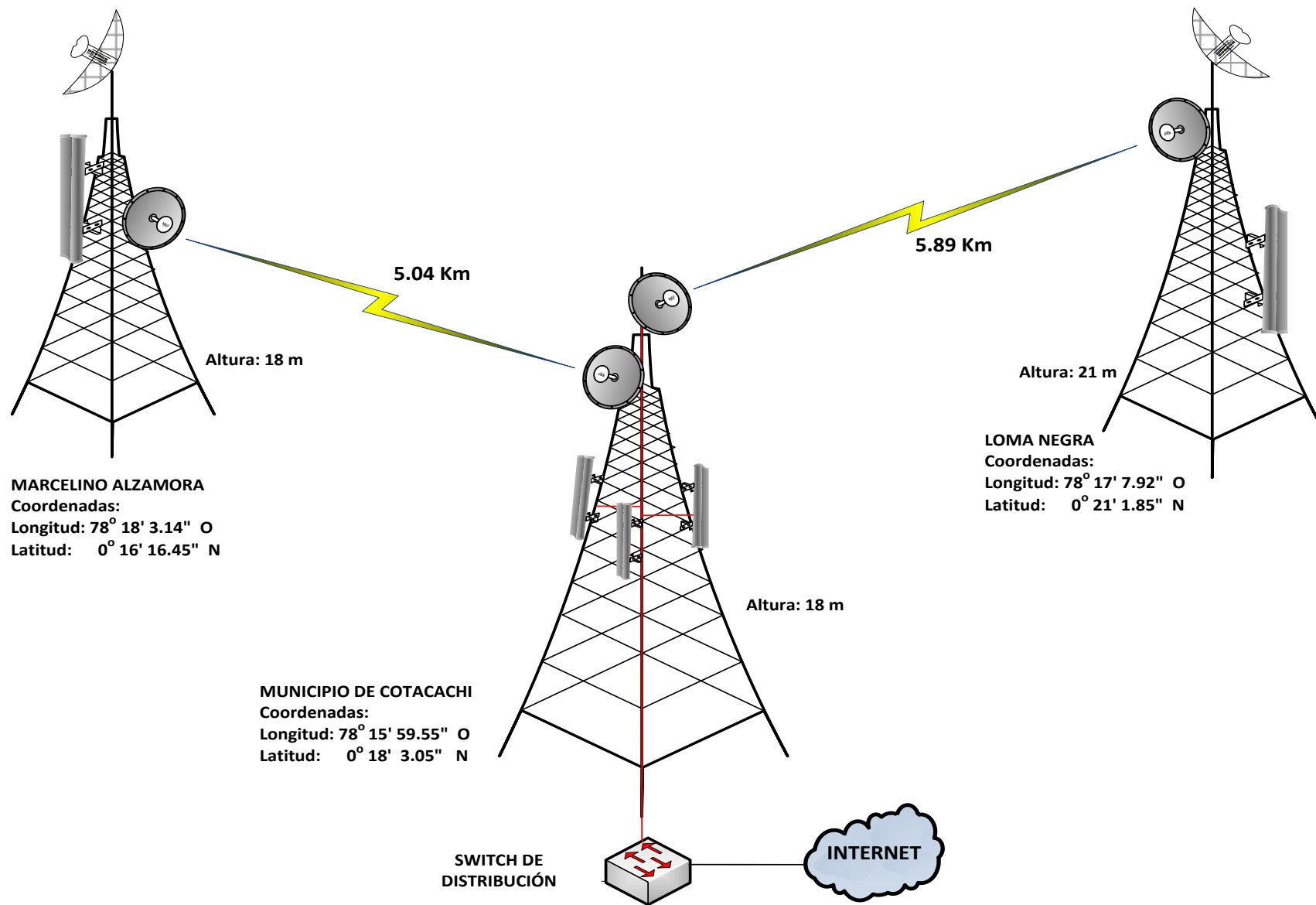


Figura 41: Diagrama de Red Troncal

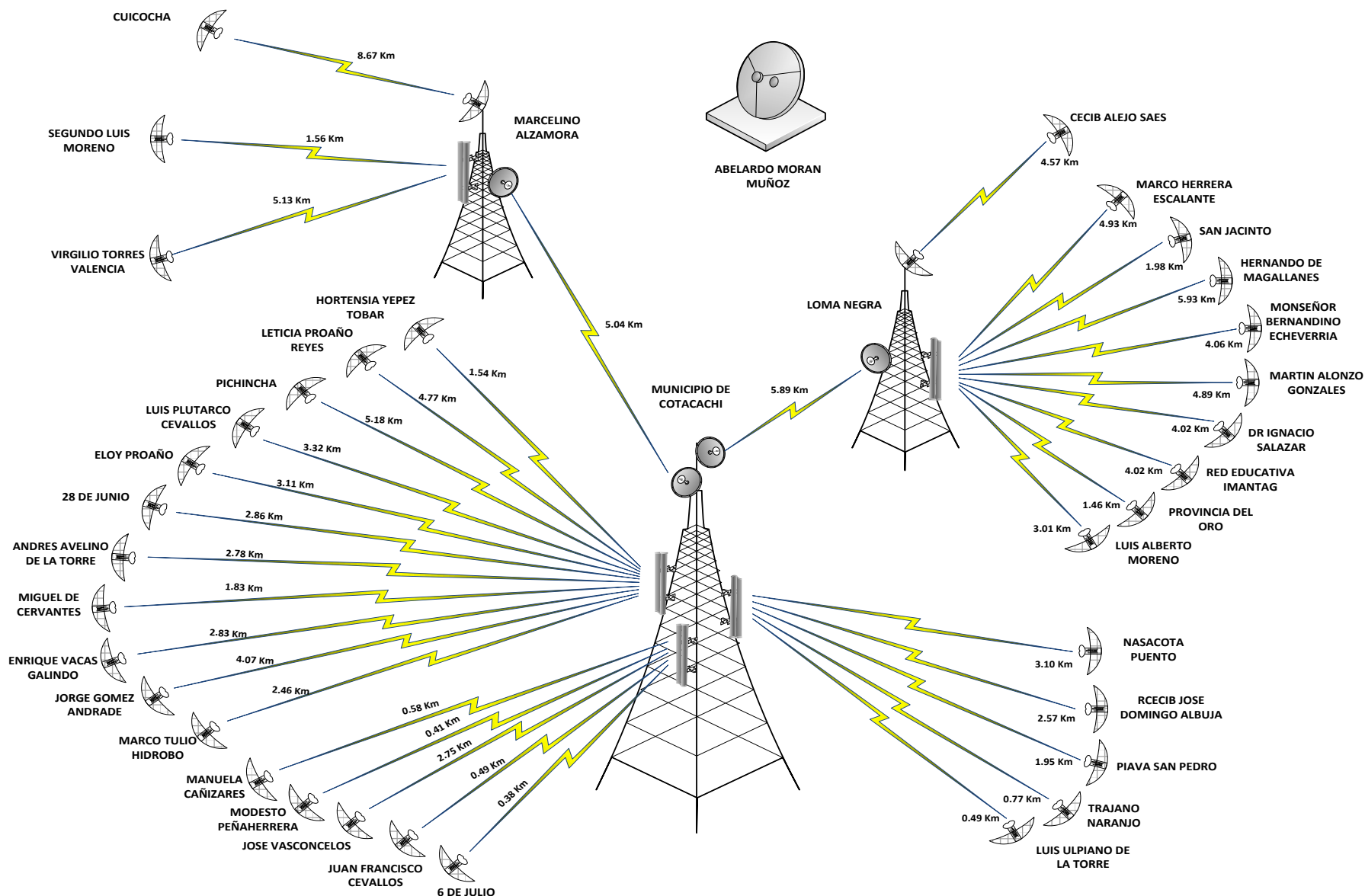
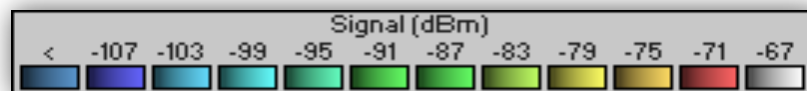


Figura 42: Topología detallada de la Red de Distribución y de Acceso a los Clientes

#### 4.3.2. ESTUDIO DE COBERTURA DE EMPLAZAMIENTOS DETERMINADOS PARA EL ENLACE TRONCAL HACIA LA RED DE ACCESO.

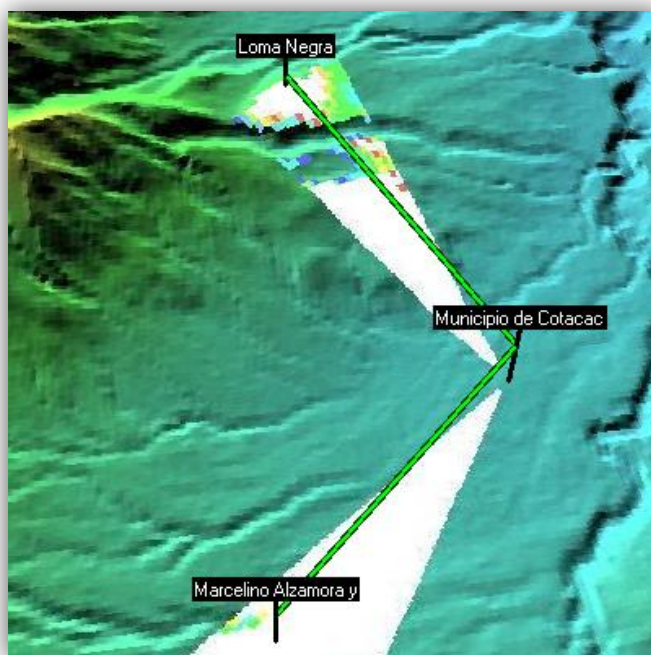
Es importante tener en cuenta los niveles de señal con los que se prevé dotar a las áreas donde operará la red inalámbrica para verificar que la solución técnica propuesta cumpla con los requisitos de cobertura especificados.

El cálculo de la cobertura de las estaciones centrales de repetición se representa en base a los mapas cartográficos de Radio Mobile el nivel de señal de la potencia recibida en los clientes asignada respecto a la siguiente escala de colores donde -67 dBm se considera el nivel más óptimo de señal expresado por el color blanco de la escala y -107 dBm es el peor nivel representado por el color azul:



**Figura 43:** Escala de colores representación de nivel de señal de Potencia de Recepción en dBm

La siguiente figura muestra la cobertura en la red Troncal comprendido por los enlaces Punto a Punto Municipio de Cotacachi-Loma Negra y Municipio de Cotacachi- Unidad Educativa Marcelino Alzamora con un nivel de señal emitida por la antena directiva representado en color blanco a -67 dBm el nivel más alto expresado en la escala para los dos sitios de repetición.



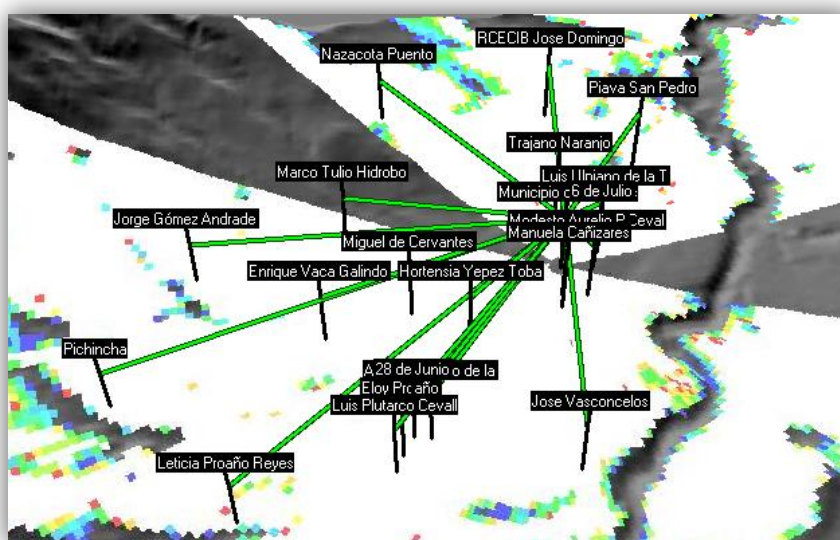
**Figura 44:** Cobertura de las estaciones de Repetición en la red Troncal desde las Antenas Directivas del Repetidor Municipio de Cotacachi; simulación realizada en el software Radio Mobile.

La siguiente figura muestra la cobertura en la estación Loma Negra que distribuye la señal por medio de una antena sectorial de  $120^\circ$  a una parte de las instituciones educativas y se despliega el enlace Punto a Punto mediante una antena directiva a la institución Alejo Saes con un nivel de señal emitida por las antenas representando un rango de entre  $-67$  a  $-75$  dBm el nivel aceptable de señal para conseguir un enlace óptimo.



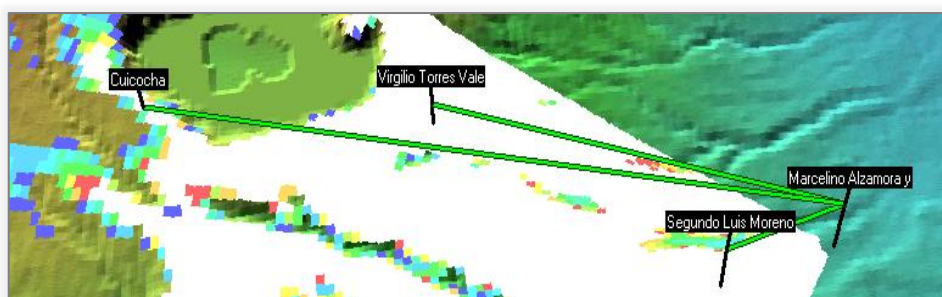
**Figura 45:** Área de Cobertura de la Antena sectoriales a  $120^\circ$  y la Antena Directiva en el Repetidor de Loma Negra; simulación realizada en el software Radio Mobile.

La cobertura en la estación central Municipio de Cotacachi que se muestra en la figura distribuye la señal por medio de una antena sectorial de 120° y dos antenas sectoriales de 90° hacia toda las instituciones educativas con un nivel de señal de recepción de entre -67 a -75 dBm el nivel aceptable de señal para conseguir un enlace óptimo.



**Figura 46:** Área de Cobertura de las Antenas sectoriales que cubren un área de 120° y de 180° en el Repetidor del Municipio de Cotacachi; simulación realizada en el software Radio Mobile.

El área de cobertura en la estación central de Repetición de la institución Marcelino Alzamora que se muestra en la figura distribuye la señal por medio de una antena sectorial de 90° para cubrir el área de las instituciones educativas con un nivel de señal de recepción de entre -67 a -75 dBm el nivel aceptable de señal para conseguir un enlace óptimo.



**Figura 47:** Área de Cobertura de la Antena sectorial que cubren un área de 90° en el Repetidor de la Institución Educativa Marcelino Alzamora; simulación realizada en el software Radio Mobile.

### 4.3.3. SIMULACIÓN DE LOS RADIOENLACES

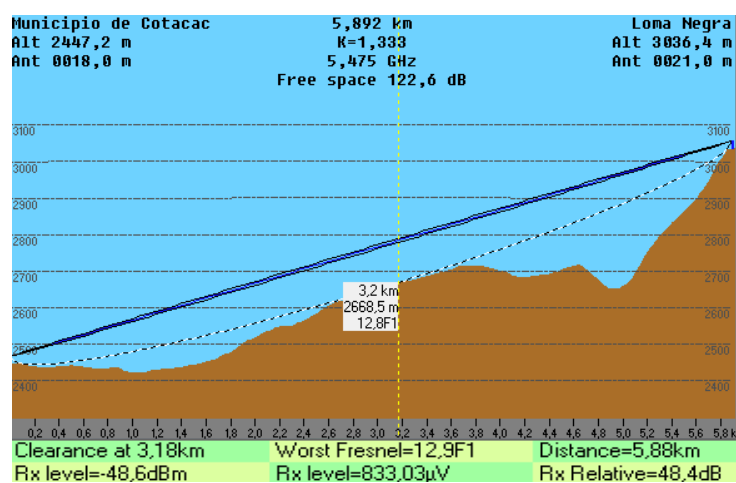
Para poder determinar la factibilidad de un enlace se utiliza la herramienta de simulación Radio Mobile en el que se representan los perfiles topográficos permitiendo analizar la existencia de línea de vista, el grado de obstrucción o despeje que tiene el perfil (60 % de la primera zona de fresnel), el nivel de señal en recepción con respecto al margen de sensibilidad del receptor ( $>-97\text{dBm}$ ), la altura mínima recomendable de la antena, la longitud del enlace y las características técnicas mínimas de los equipos.

#### 4.3.3.1. SIMULACIÓN DE ENLACE TRONCAL PUNTO A PUNTO

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Loma Negra**

**Tabla 20:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Loma Negra

#### UBICACIÓN Y PERFIL



MUNICIPIO DE COTACACHI		LOMA NEGRA	
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°21'1.33" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°17'7.64" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	3036.4 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	21 m
SISTEMA DE RADIO			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Directiva RD-5G-30	Tipo de Antena	Directiva RD-5G-30
Ganancia de antena Tx (dBi)	30 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	30 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
RENDIMIENTO			
Distancia (km)			5.89 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz



Perdidas en el espacio libre (dB)	122.6 dB
1ª zona de fresnel (F1)	12.9 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)	54.5 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)	-48,6 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)	48.4 dB

Al determinar los parámetros del enlace tales como la frecuencia de operación (5475 MHz), la altura y la ganancia de la antena en cada emplazamiento, las potencias de transmisión y recepción (25 dBm), y la sensibilidad en recepción (-97 dBm) los resultados obtenidos de la simulación en el software Radio Mobile muestran una línea visual limpia entre las estaciones de Loma Negra y el Municipio de Cotacachi separadas por una distancia de 5.89 Km, con un despeje de 12.9 veces la primera zona de fresnel mayor al límite establecido (0.6 F1 es decir el 60 % requerido).

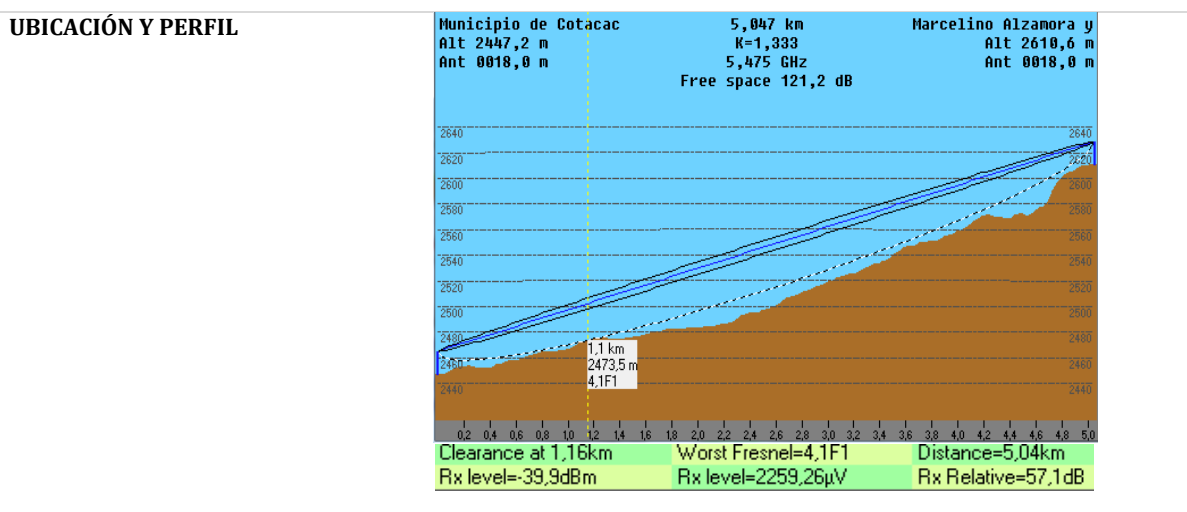
Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 122.6 dB se calculan en base a la distancia recorrida por la señal y la frecuencia a la que opera el enlace.

El nivel de señal recibida es de -48.6 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se obtiene un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 48.4 dB.

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos el enlace Loma Negra – Municipio de Cotacachi es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Marcelino Alzamora**

**Tabla 21:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Marcelino Alzamora



<b>MUNICIPIO DE COTACACHI</b>		<b>MARCELINO ALZAMORA</b>	
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	
Elevación	2447.2 m	Elevación	
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	18 m
<b>SISTEMA DE RADIO</b>			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Directiva RD-5G-30	Tipo de Antena	Directiva RD-5G-30
Ganancia de antena Tx (dBi)	30 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	30 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
<b>RENDIMIENTO</b>			
Distancia (km)			5.047 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)			121.2 dB
1ª zona de fresnel (F1)			4.1 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)			54.5 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)			-39.9 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)			57.1 dB

Al determinar los parámetros del enlace tales como la frecuencia de operación (5475 MHz), la altura y la ganancia de la antena en cada emplazamiento, las potencias de transmisión y recepción (25 dBm), y la sensibilidad en recepción (-97 dBm) los resultados obtenidos de la simulación en el software Radio Mobile muestran una línea visual limpia entre las estaciones de Loma Negra y el Municipio de Cotacachi separadas por una distancia de 5.89 Km, con un despeje de 12.9 veces la primera zona de fresnel mayor al límite establecido (0.6 F1 es decir el 60 % requerido).

Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 122.6 dB se calculan en base a la distancia recorrida por la señal y la frecuencia a la que opera el enlace.

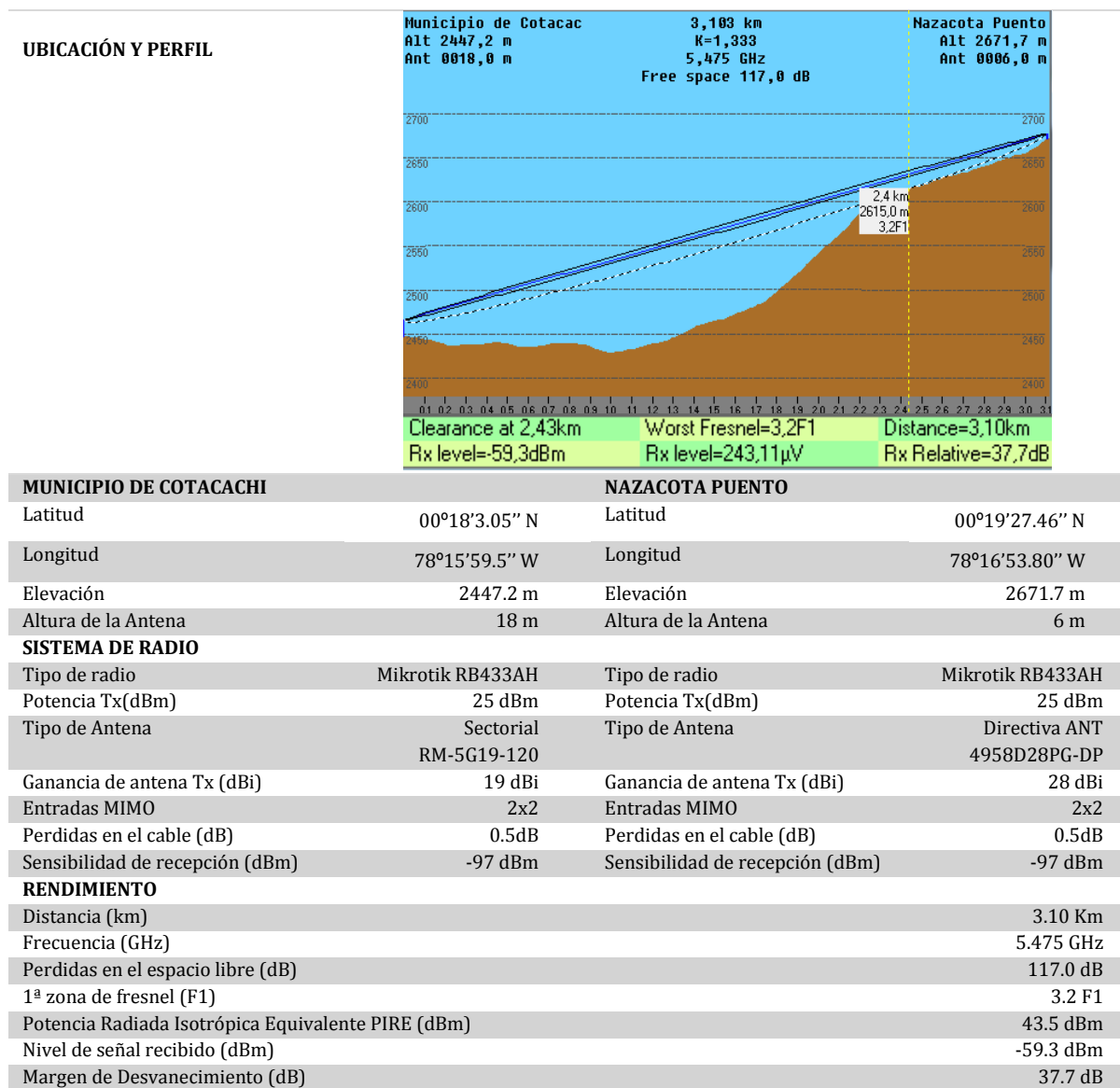
El nivel de señal recibida es de -48.6 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se obtiene un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 48.4 dB.

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos el enlace Loma Negra – Municipio de Cotacachi es viable.

### 4.3.3.2. SIMULACIÓN DE ENLACES PUNTO A MULTIPUNTO

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Nazacota Puento**

Tabla 22: Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Nazacota Puento



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 3.10 Km, con un despeje de 3.2 veces la primera zona de fresnel mayor a 0.6F1. El nivel de señal recibida es de -59.3 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 48.4 dB. De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi – Nazacota Puento es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Rcecib Domingo Albuja**

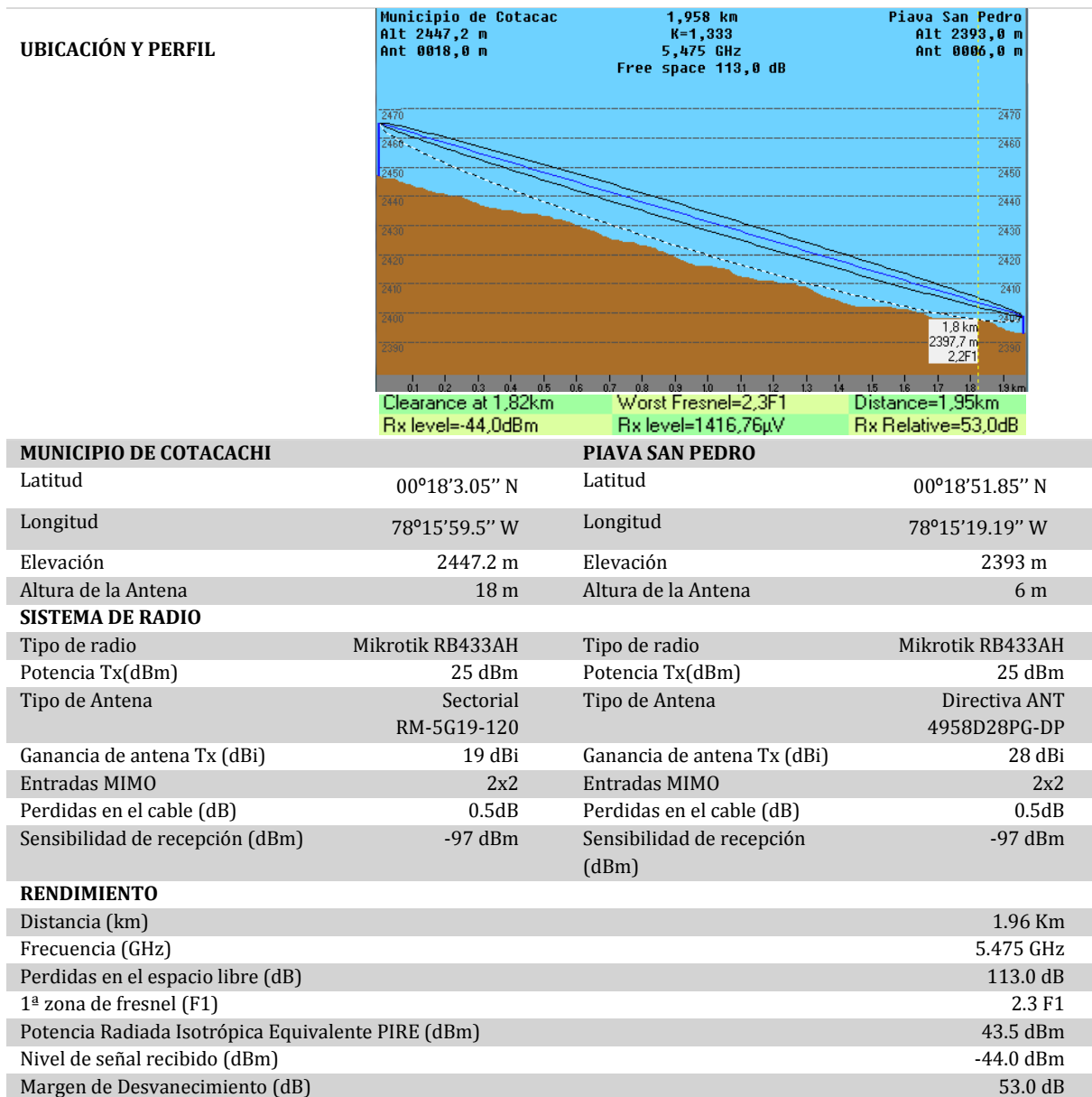
**Tabla 23:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Rcecib Domingo Albuja

UBICACIÓN Y PERFIL			
Municipio de Cotacac Alt 2447,2 m Ant 0018,0 m	2,575 km K=1,333 5,475 GHz Free space 115,4 dB		
RCECIB Jose Domingo Alt 2447,9 m Ant 0006,0 m			
Clearance at 2,50km    Worst Fresnel=5,0F1    Distance=2,57km Rx level=-47,4dBm    Rx level=954,63μV    Rx Relative=49,6dB			
MUNICIPIO DE COTACACHI		RCECIB JOSÉ DOMINGO ALBUJA	
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°19'25.36" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°15'46.94" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	2447.9 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m
SISTEMA DE RADIO			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G19-120	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	19 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
RENDIMIENTO			
Distancia (km)	2.57 Km		
Frecuencia (GHz)	5.475 GHz		
Perdidas en el espacio libre (dB)	115.4 dB		
1ª zona de fresnel (F1)	5.0 F1		
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)	43.48 dBm		
Nivel de señal recibido (dBm)	-47.4 dBm		
Margen de Desvanecimiento (dB)	49.6 dB		

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 2.57 Km, con un despeje de 5 veces la primera zona de fresnel mayor a 0.6F1. El nivel de señal recibida es de -47.4 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 49.6 dB. De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi – RCECIB Domingo Albuja es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Piava San Pedro**

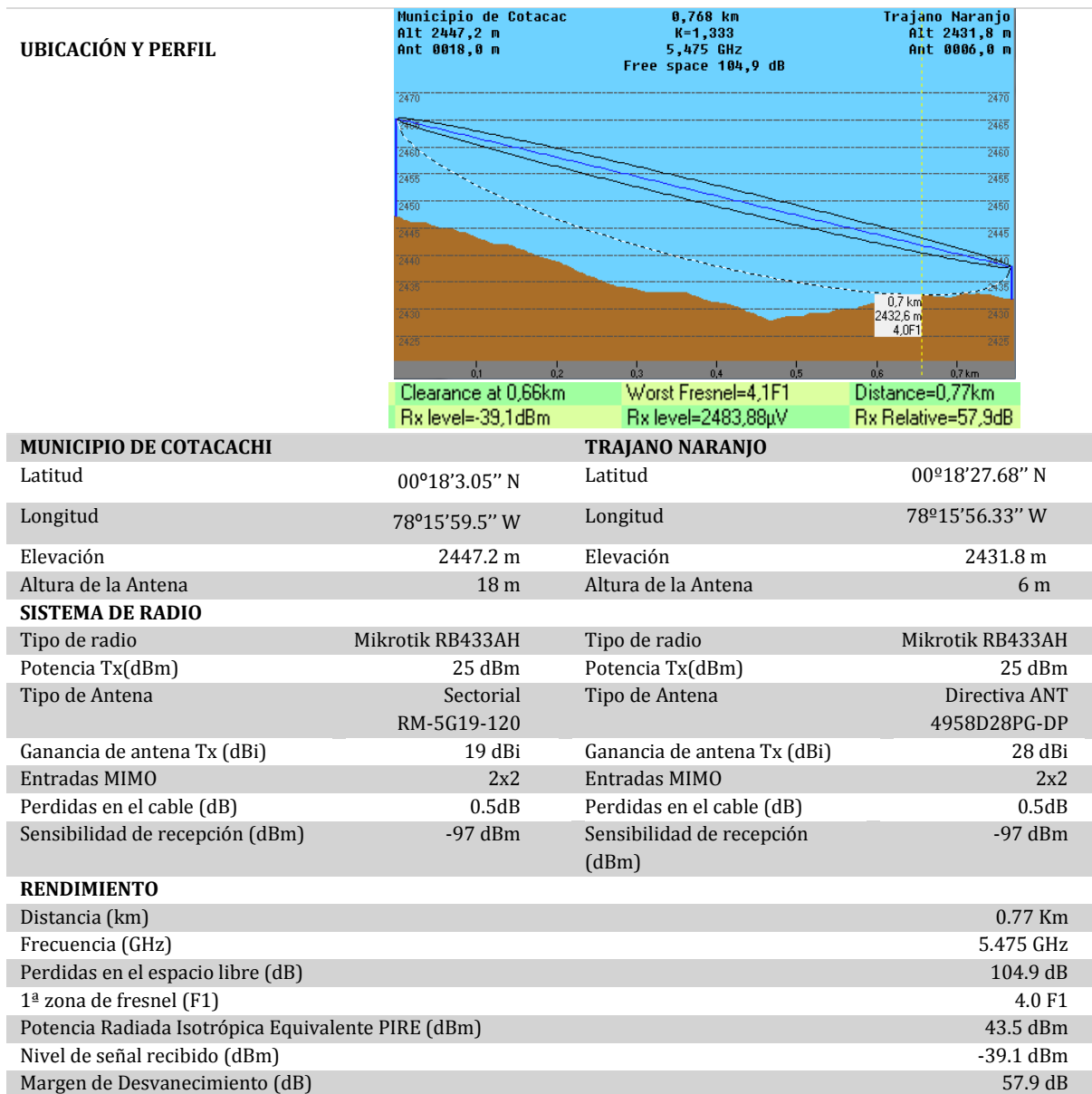
**Tabla 24:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Piava San Pedro



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 3.10 Km, con un despeje de 4.1 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 113 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -44 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 48.4 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi – Piava San Pedro es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Trajano Naranjo**

**Tabla 25:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Trajano Naranjo



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 0.77 Km, con un despeje de 4 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 104.9 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -39.1 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 48.4 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Trajano Naranjo es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Luis Ulpiano de la Torre**

**Tabla 26:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Luis Ulpiano de la Torre

UBICACIÓN Y PERFIL		
Municipio de Cotacachi	0,495 km	Luis Ulpiano de la Torre
Alt 2447,2 m	K=1,333	Alt 2432,6 m
Ant 0018,0 m	5,475 GHz	Ant 0006,0 m
	Free space 101,1 dB	

Clearance at 0,39km	Worst Fresnel=4,4F1	Distance=0,49km
Rx level=-34,7dBm	Rx level=4127,60µV	Rx Relative=62,3dB

MUNICIPIO DE COTACACHI		LUIS ULPIANO DE LA TORRE	
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°18'8.65" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°15'44.54" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	2432.6 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m
SISTEMA DE RADIO			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial	Tipo de Antena	Directiva ANT
	RM-5G19-120		4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	19 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
RENDIMIENTO			
Distancia (km)			0.49 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)			101.1 dB
1ª zona de fresnel (F1)			4.4 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)			43.5 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)			-34.7 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)			62.3 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 0.49 Km, con un despeje de 4.4 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 101.1 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -34.7 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 62.3 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi-Luis Ulpiano de la Torre es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Hortensia Yépez Tobar**

**Tabla 27:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Hortensia Yépez Tobar

UBICACIÓN Y PERFIL		
Municipio de Cotacachi	1,543 km	Hortensia Yépez Tobar
Alt 2447,2 m	K=1,333	Alt 2481,3 m
Ant 0018,0 m	5,475 GHz	Ant 0006,0 m
Free space 110,9 dB		

Clearance at 1,21km	Worst Fresnel=2,1F1	Distance=1,54km
Rx level=-50,1dBm	Rx level=700,00uV	Rx Relative=46,9dB

MUNICIPIO DE COTACACHI		HORTENSIA YÉPEZ TOBAR	
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°17'33.07" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°16'39.42" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	2481.3 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m
SISTEMA DE RADIO		SISTEMA DE RADIO	
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G20-90	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	20 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
Distancia (km)			1.54 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)			110.9 dB
1ª zona de fresnel (F1)			2.1 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)			44.47 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)			-50.1 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)			46.9 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 1.54 Km, con un despeje de 2.1 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 110.9 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -50.1 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 46.9 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Hortensia Yépez Tobar es viable.



- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Leticia Proaño Reyes**

**Tabla 28:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi - Leticia Proaño Reyes

UBICACIÓN Y PERFIL		
Municipio de Cotacachi	4,777 km	Leticia Proaño Reyes
Alt 2447,2 m	K=1,333	Alt 2614,0 m
Ant 0018,0 m	5,475 GHz	Ant 0006,0 m
	Free space 120,8 dB	

MUNICIPIO DE COTACACHI		LETICIA PROAÑO REYES	
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°16'32.46" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°18'4.68" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	2614 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m
SISTEMA DE RADIO			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial	Tipo de Antena	Directiva ANT
	RM-5G20-90		4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	20 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
RENDIMIENTO			
Distancia (km)			4.77 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)			120.8 dB
1ª zona de fresnel (F1)			1.9 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)			44.47 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)			-58 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)			39 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 4.77 Km, con un despeje de 1.9 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 120.8 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -58 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 39 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi-Leticia Proaño Reyes es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Pichincha**

**Tabla 29:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Pichincha

UBICACIÓN Y PERFIL		
Municipio de Cotacachi	5,188 km	Pichincha
Alt 2447,2 m	K=1,333	Alt 2715,3 m
Ant 0018,0 m	5,475 GHz	Ant 0006,0 m
	Free space 121,5 dB	

MUNICIPIO DE COTACACHI	PICHINCHA		
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°17'22.07" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°18'42.22" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	2715.3 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m

SISTEMA DE RADIO			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G20-90	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	20 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm

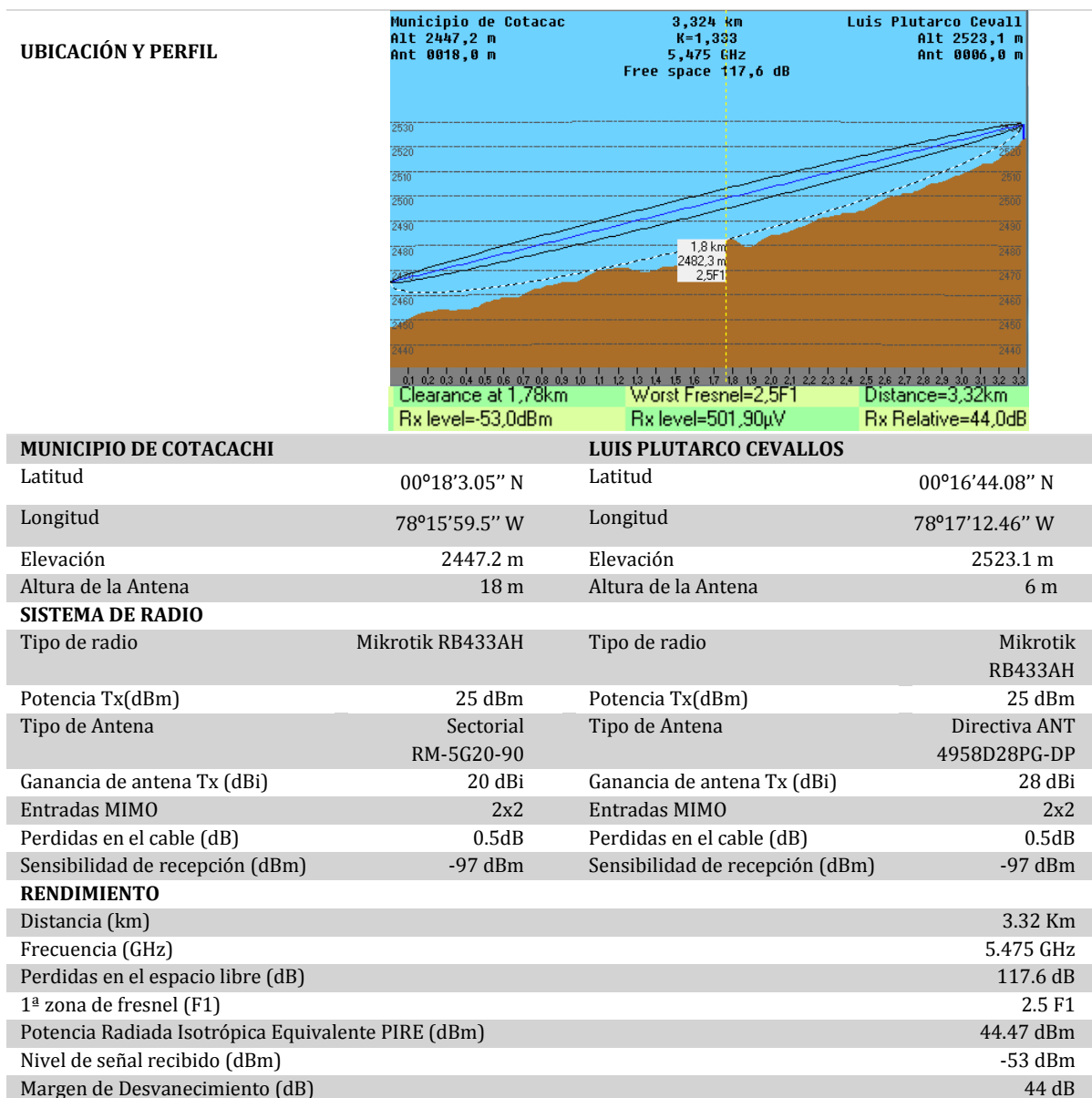
  

RENDIMIENTO	
Distancia (km)	5.18 Km
Frecuencia (GHz)	5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)	121.5 dB
1ª zona de fresnel (F1)	4.3 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)	44.47 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)	-53 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)	44 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 5.18 Km, con un despeje de 4.3 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 121.5 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -53 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 44 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Pichincha es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Luis Plutarco Cevallos**

**Tabla 30:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Luis Plutarco Cevallos



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 3.32 Km, con un despeje de 2.5 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 117.6 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -53 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 44 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Luis Plutarco Cevallos es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Eloy Proaño**

**Tabla 31:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Eloy Proaño

UBICACIÓN Y PERFIL		
Municipio de Cotacachi	3,119 km	Eloy Proaño
Alt 2447,2 m	K=1,333	Alt 2513,0 m
Ant 0018,0 m	5,475 GHz	Ant 0006,0 m
	Free space 117,0 dB	

MUNICIPIO DE COTACACHI		ELOY PROAÑO	
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°16'50.07" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°17'9.16" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	2513 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m

SISTEMA DE RADIO			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G20-90	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	20 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm

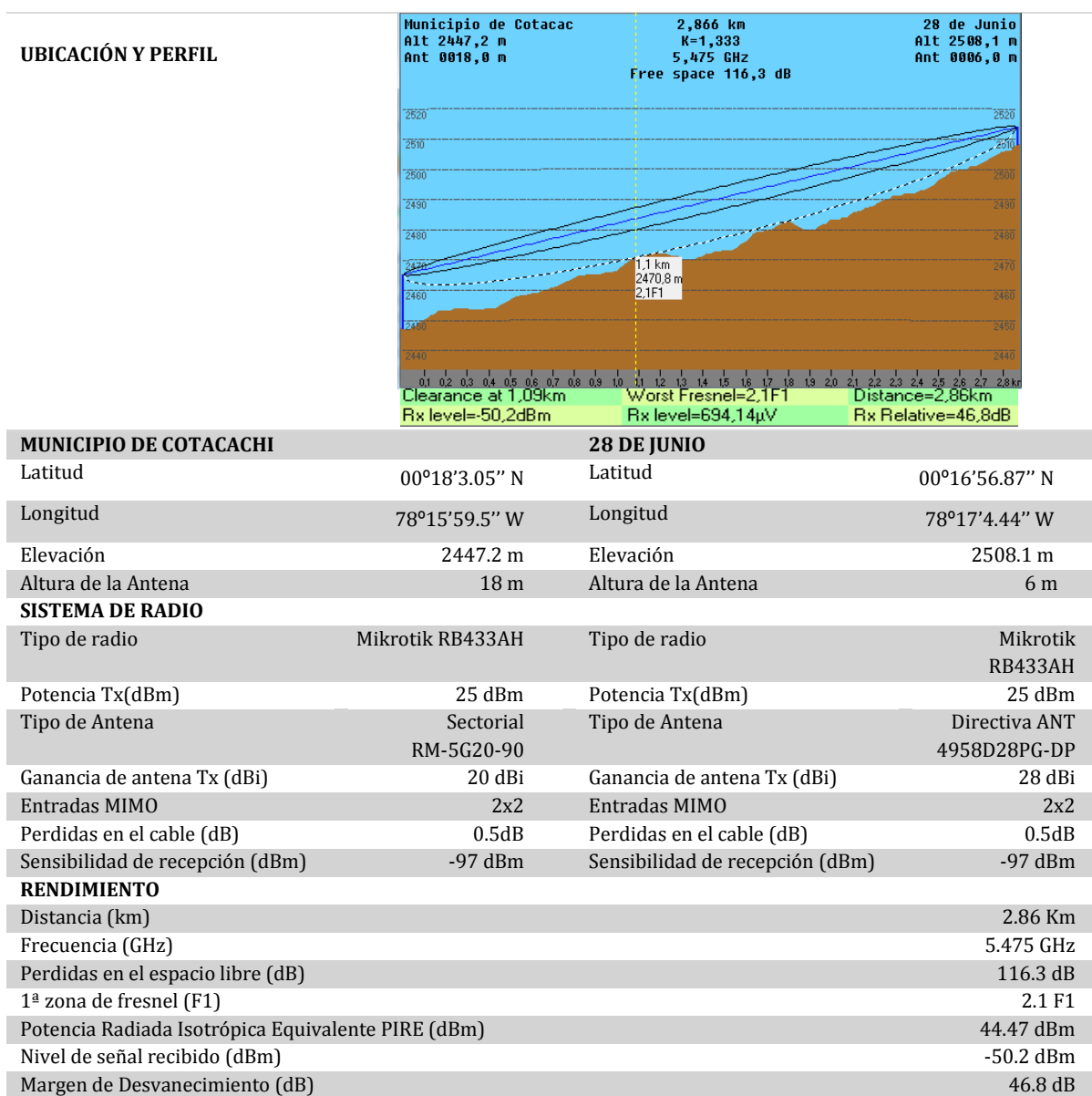
  

RENDIMIENTO	
Distancia (km)	3.11 Km
Frecuencia (GHz)	5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)	117 dB
1ª zona de fresnel (F1)	1.9 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)	44.47 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)	-54.4 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)	42.6 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 3.11 Km, con un despeje de 1.9 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 117 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -54.4 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 42.6 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Eloy Proaño es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- 28 de Junio**

**Tabla 32:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – 28 de Junio



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 2.86 Km, con un despeje de 2.1 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 116.3 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -50.2 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 46.8 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–28 de Junio es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Andrés Avelino de la Torre**

**Tabla 33:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Andrés Avelino de la Torre

UBICACIÓN Y PERFIL		
Municipio de Cotacachi	2,788 km	Andrés Avelino de la Torre
Alt 2447,2 m	K=1,333	Alt 2502,5 m
Ant 0018,0 m	5,475 GHz	Ant 0006,0 m
	Free space 116,1 dB	

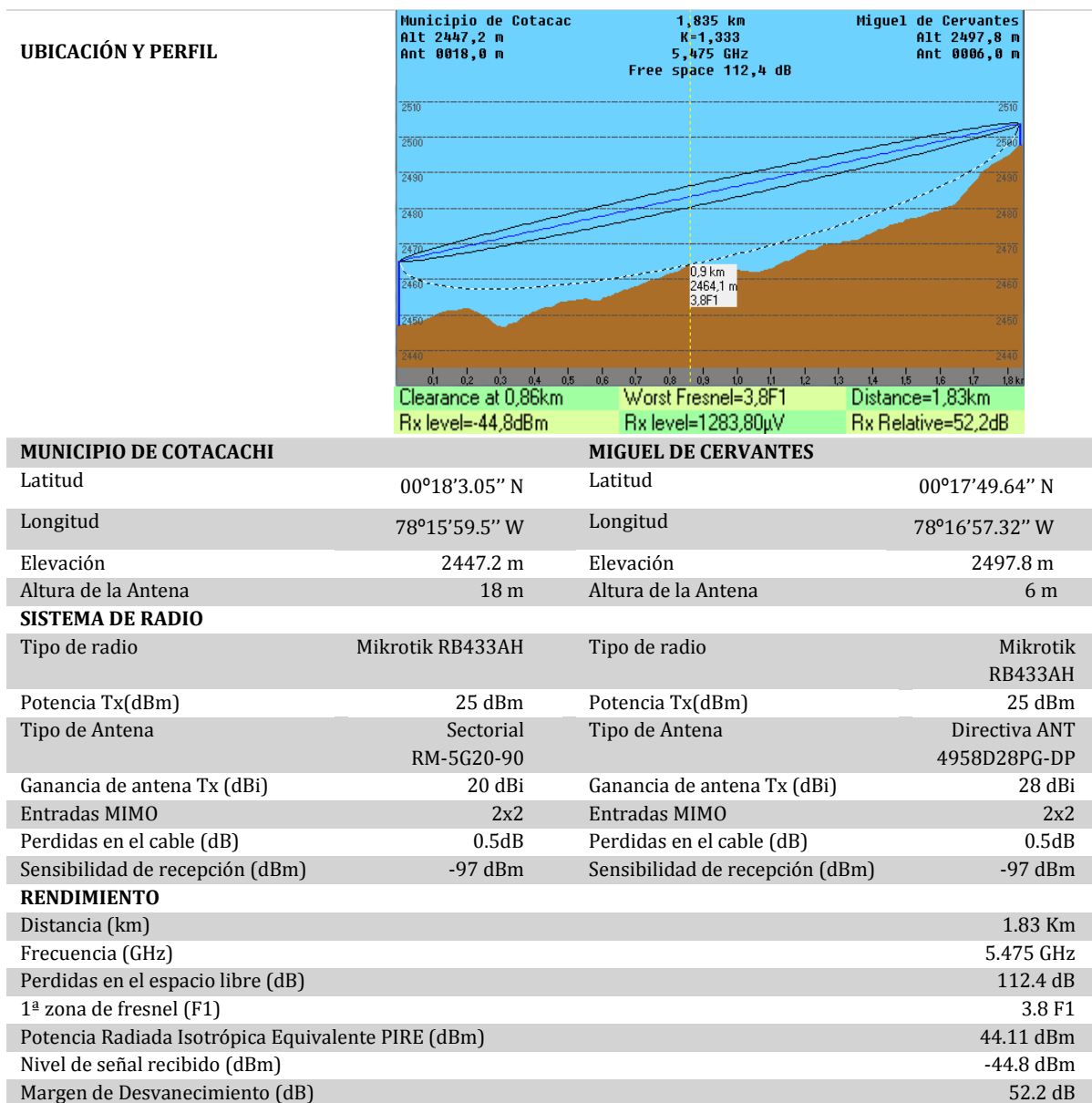
  

MUNICIPIO DE COTACACHI		ANDRÉS AVELINO DE LA TORRE	
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°16'55.37" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°16'59.08" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	2502.5 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m
SISTEMA DE RADIO			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G20-90	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	20 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
RENDIMIENTO			
Distancia (km)			2.78 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)			116.1 dB
1ª zona de fresnel (F1)			1.9 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)			44.47 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)			-49.2 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)			47.8 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 2.78 Km, con un despeje de 1.9 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 116.1 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -49.2 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 47.8 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi– Andrés Avelino de la Torre es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Miguel de Cervantes**

**Tabla 34:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Miguel de Cervantes



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 1.83 Km, con un despeje de 3.8 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 112.4 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -44.8 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 52.2 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Miguel de Cervantes es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Enrique Vacas Galindo**

**Tabla 35:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Enrique Vacas Galindo

UBICACIÓN Y PERFIL		
Municipio de Cotacachi	2,836 km	Enrique Vaca Galindo
Alt 2447,2 m	K=1,333	Alt 2550,3 m
Ant 0018,0 m	5,475 GHz	Ant 0006,0 m
	Free space 116,2 dB	

MUNICIPIO DE COTACACHI	Enrique Vacas Galindo		
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°17'41.90" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°17'28.70" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	2550.3 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m
SISTEMA DE RADIO			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G20-90	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	20 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
RENDIMIENTO			
Distancia (km)			2.83 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)			116.2 dB
1ª zona de fresnel (F1)			3.5 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)			44.47 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)			-59.6 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)			37.4 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 2.83 Km, con un despeje de 3.5 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 116.2 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -59.6 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 37.4 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Enrique Vacas Galindo es viable.



- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Jorge Gómez Andrade**

**Tabla 36:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Jorge Gómez Andrade

UBICACIÓN Y PERFIL		
Municipio de Cotacachi	4,081 km	Jorge Gómez Andrade
Alt 2447,2 m	K=1,333	Alt 2672,3 m
Ant 0018,0 m	5,475 GHz	Ant 0006,0 m
	Free space 119,4 dB	

MUNICIPIO DE COTACACHI	JORGE GÓMEZ ANDRADE		
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°18'13.37" N
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°18'11.09" W
Elevación	2447.2 m	Elevación	2672.3 m
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m
<b>SISTEMA DE RADIO</b>			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial	Tipo de Antena	Directiva ANT
	RM-5G20-90		4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	20 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
<b>RENDIMIENTO</b>			
Distancia (km)			4.07 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)			119.4 dB
1ª zona de fresnel (F1)			4.2 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)			44.47 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)			-50.4 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)			46.6 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 4.07 Km, con un despeje de 4.2 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 119.4 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -50.4 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 46.6 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi-Jorge Gómez Andrade es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Marco Tulio Hidrobo**

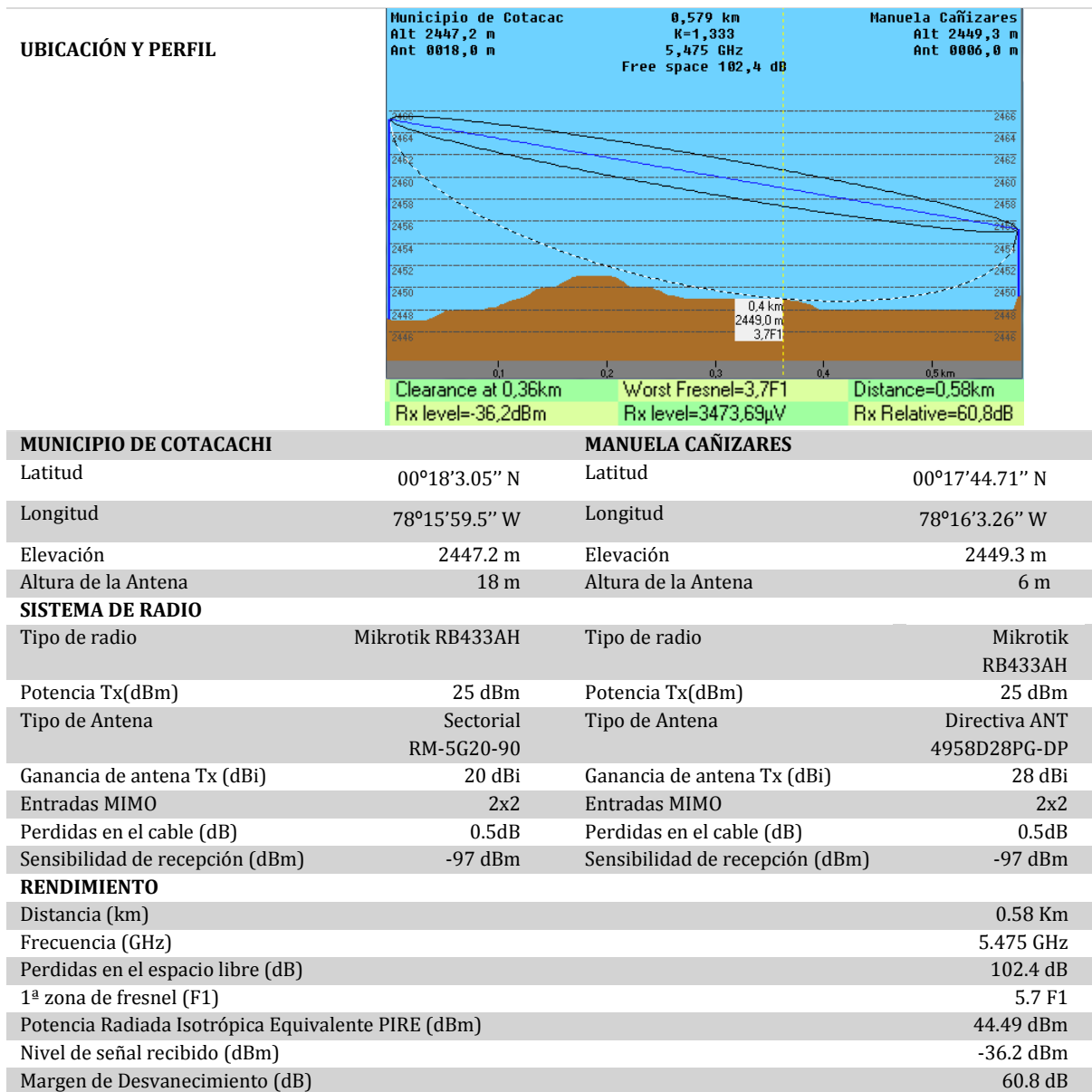
**Tabla 37:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Marco Tulio Hidrobo

UBICACIÓN Y PERFIL		Municipio de Cotacachi		Marco Tulio Hidrobo	
		2,469 km	K=1,333	2552,9 m	Ant 0006,0 m
		Alt 2447,2 m	5,475 GHz	Ant 0006,0 m	
		Ant 0018,0 m	Free space 115,0 dB		
MUNICIPIO DE COTACACHI			MARCO TULIO HIDROBO		
Latitud	00°18'3.05" N	Latitud	00°16'44.08" N		
Longitud	78°15'59.5" W	Longitud	78°17'12.46" W		
Elevación	2447.2 m	Elevación	2552.9 m		
Altura de la Antena	18 m	Altura de la Antena	6 m		
SISTEMA DE RADIO					
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH		
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm		
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G20-90	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP		
Ganancia de antena Tx (dBi)	20 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi		
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2		
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB		
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm		
RENDIMIENTO					
Distancia (km)				2.46 Km	
Frecuencia (GHz)				5.475 GHz	
Perdidas en el espacio libre (dB)				115 dB	
1ª zona de fresnel (F1)				5.7 F1	
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)				44.44 dBm	
Nivel de señal recibido (dBm)				-53.8 dBm	
Margen de Desvanecimiento (dB)				43.2 dB	

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 2.46 Km, con un despeje de 5.7 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 115 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -53.8 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 43.2 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Marco Tulio Hidrobo es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Manuela Cañizares**

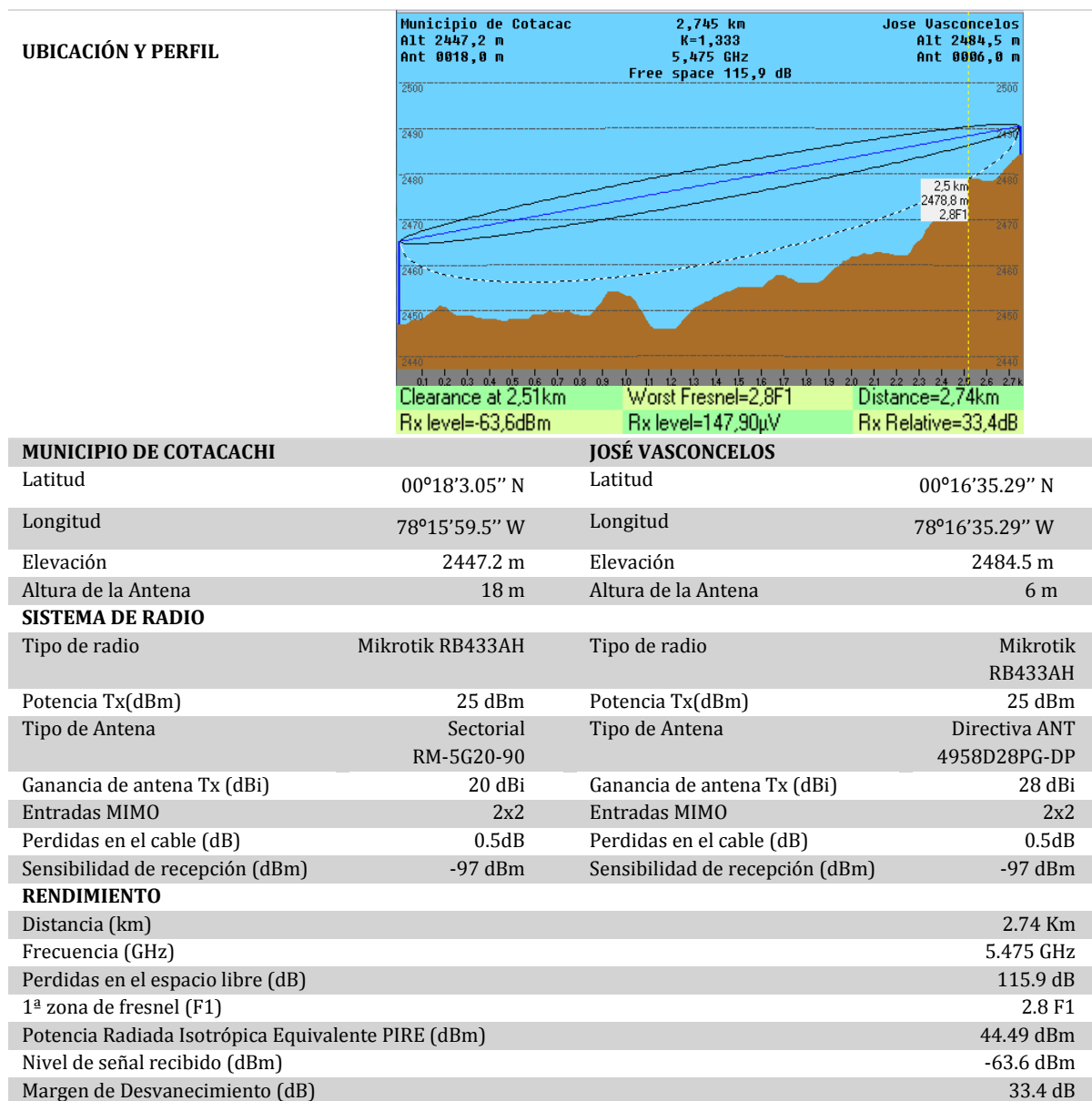
**Tabla 38:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Manuela Cañizares



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 0.58 Km, con un despeje de 5.7 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 102.4 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -36.2 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 60.8 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Manuela Cañizares es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- José Vasconcelos**

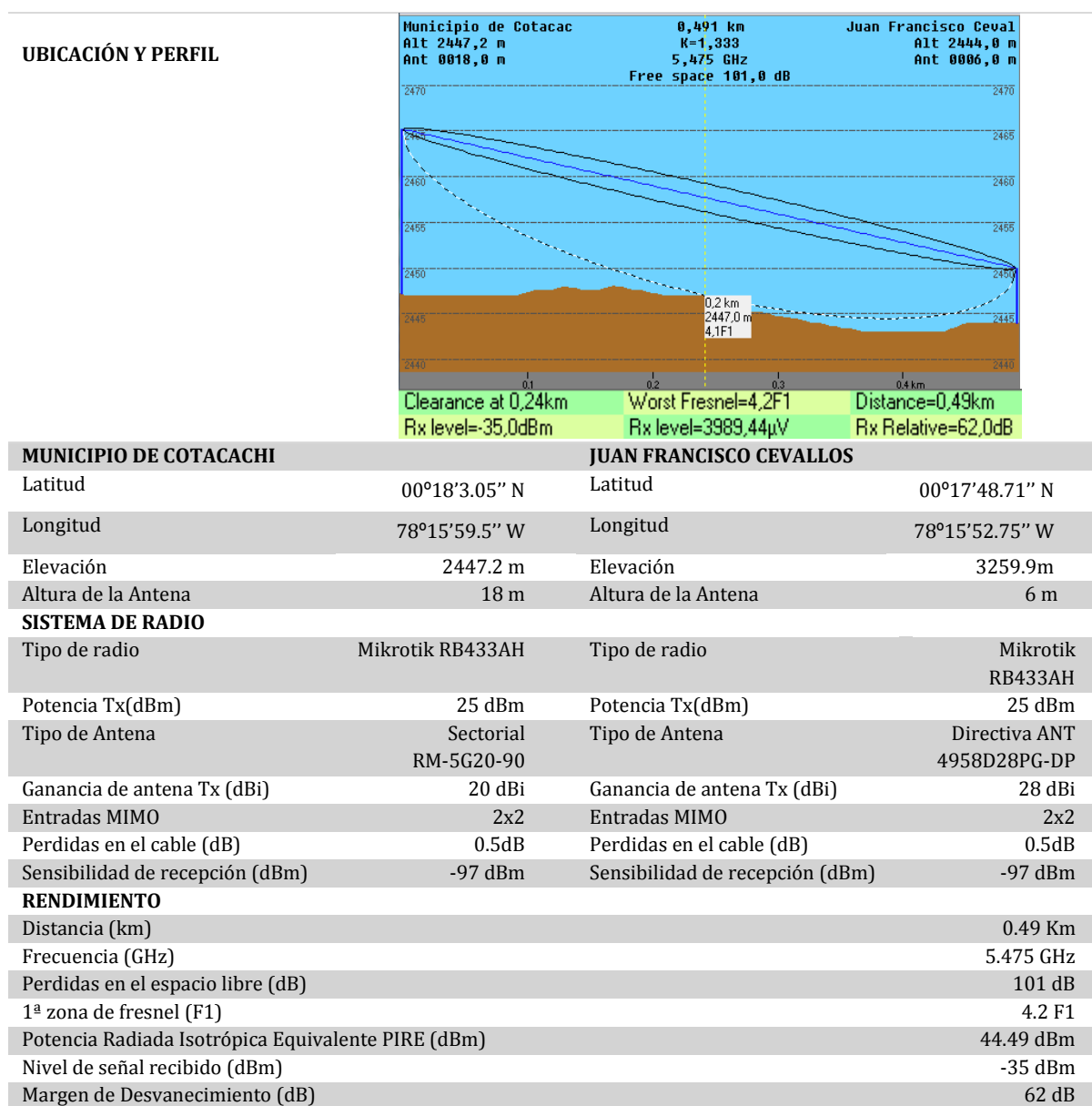
**Tabla 39:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – José Vasconcelos



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 2.74 Km, con un despeje de 2.8 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 115.9 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -63.6 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 33.4 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–José Vasconcelos es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Juan Francisco Cevallos**

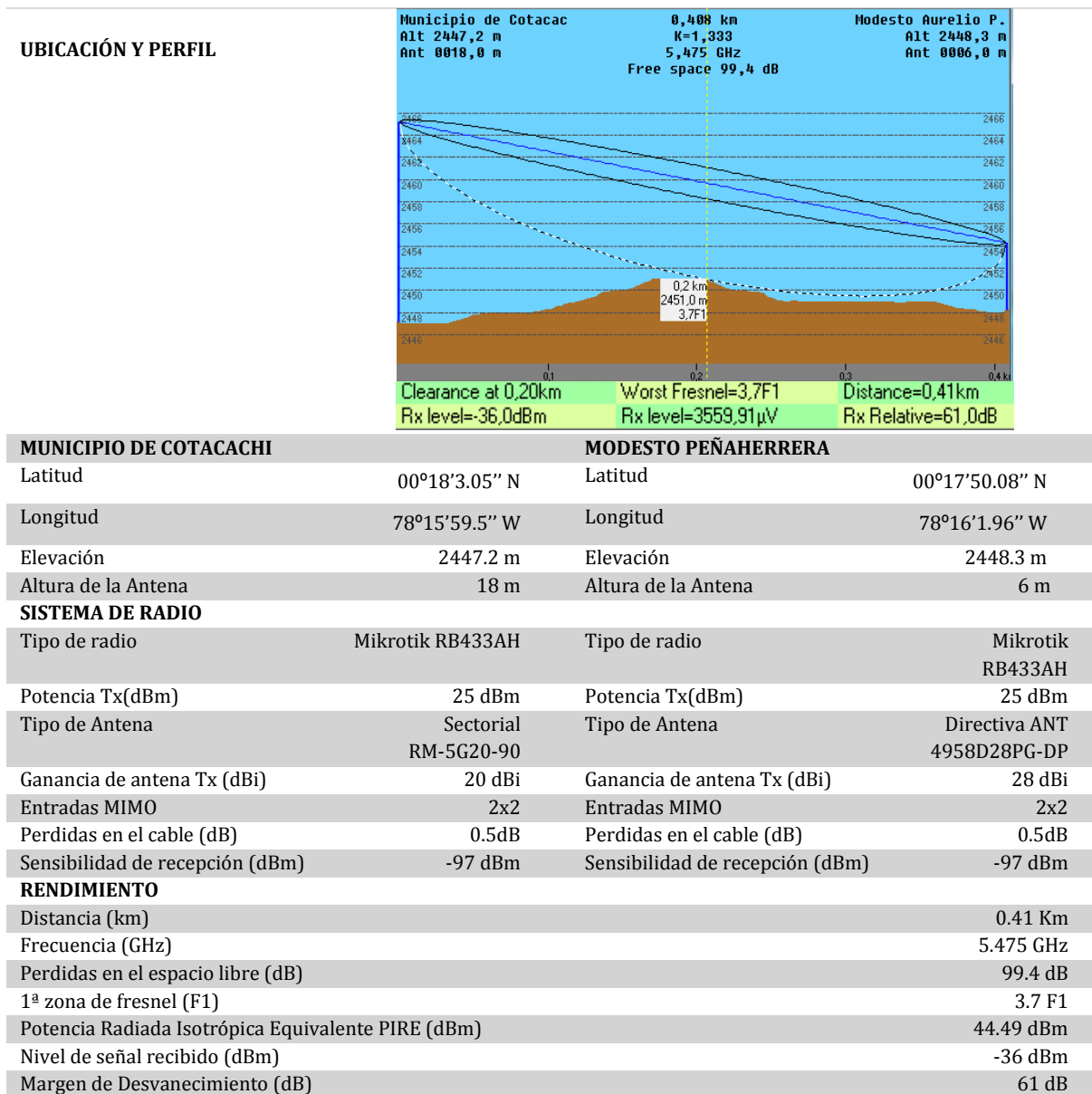
**Tabla 40:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Juan Francisco Cevallos



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 0.49 Km, con un despeje de 4.2 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 101 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -35 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 62 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Juan Francisco Cevallos es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- Modesto Peñaherrera**

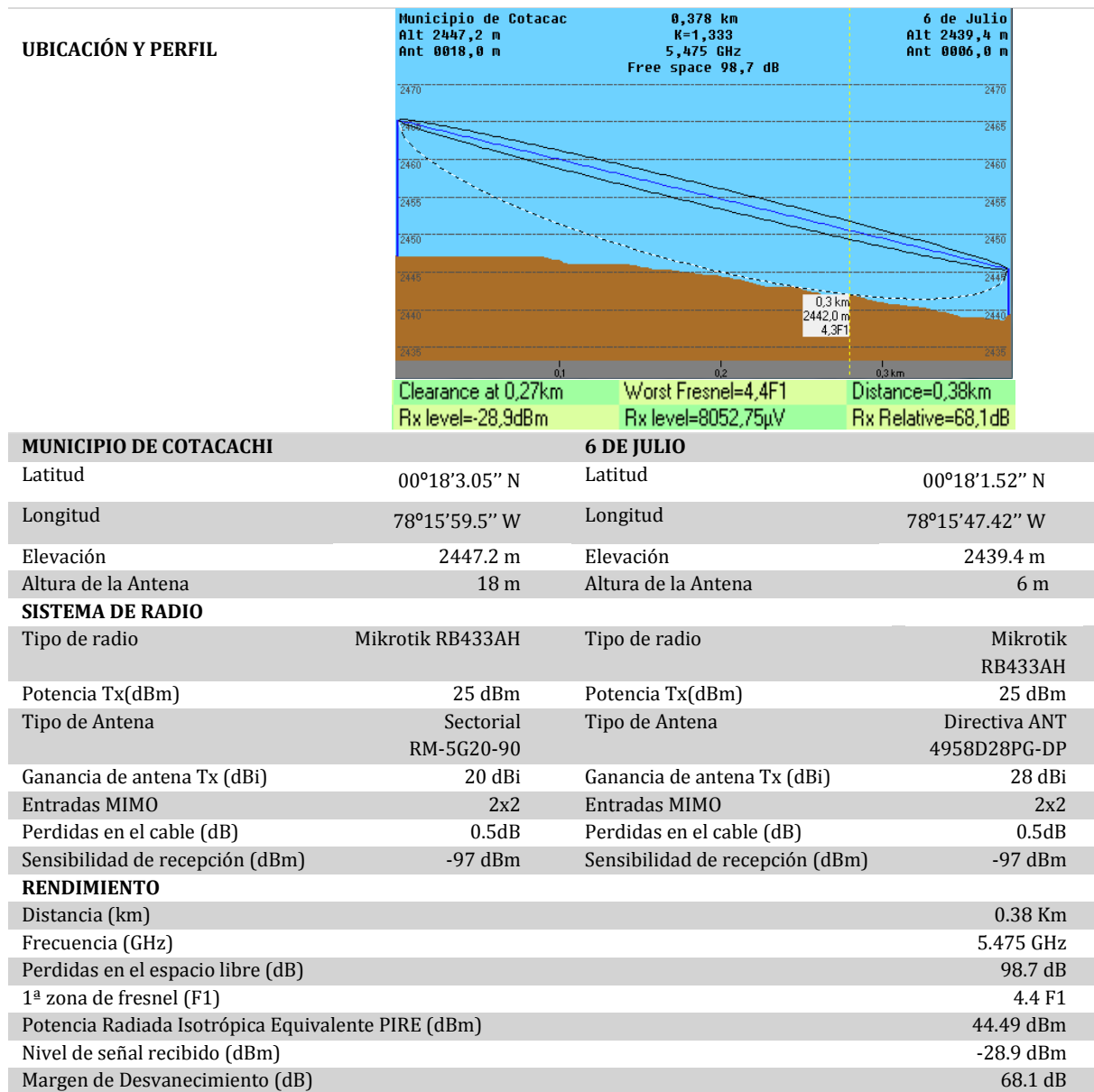
**Tabla 41:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – Modesto Peñaherrera



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 0.41 Km, con un despeje de 3.7 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 99.4 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -36 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 61 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Modesto Peñaherrera es viable.

- **Cálculo del Enlace Municipio de Cotacachi- 6 de Julio**

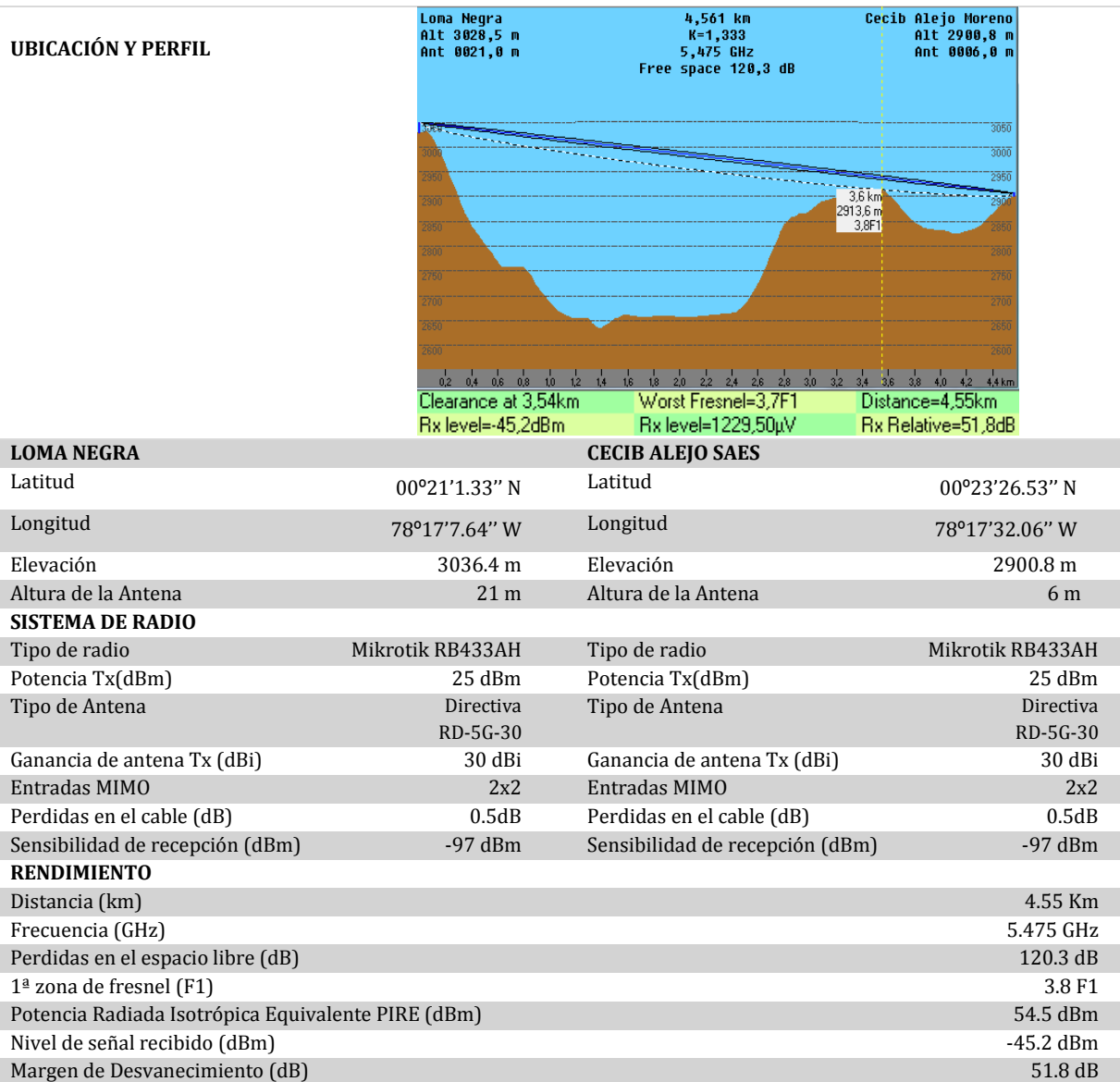
**Tabla 42:** Resultados de la Simulación Enlace Municipio de Cotacachi – 6 de Julio



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 0.38 Km, con un despeje de 4.4 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 98.7 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -28.9 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 68.1 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi-6 de Julio es viable.

- **Cálculo del Enlace Loma Negra- Cecib Alejo Saes**

**Tabla 43:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Cecib Alejo Saes

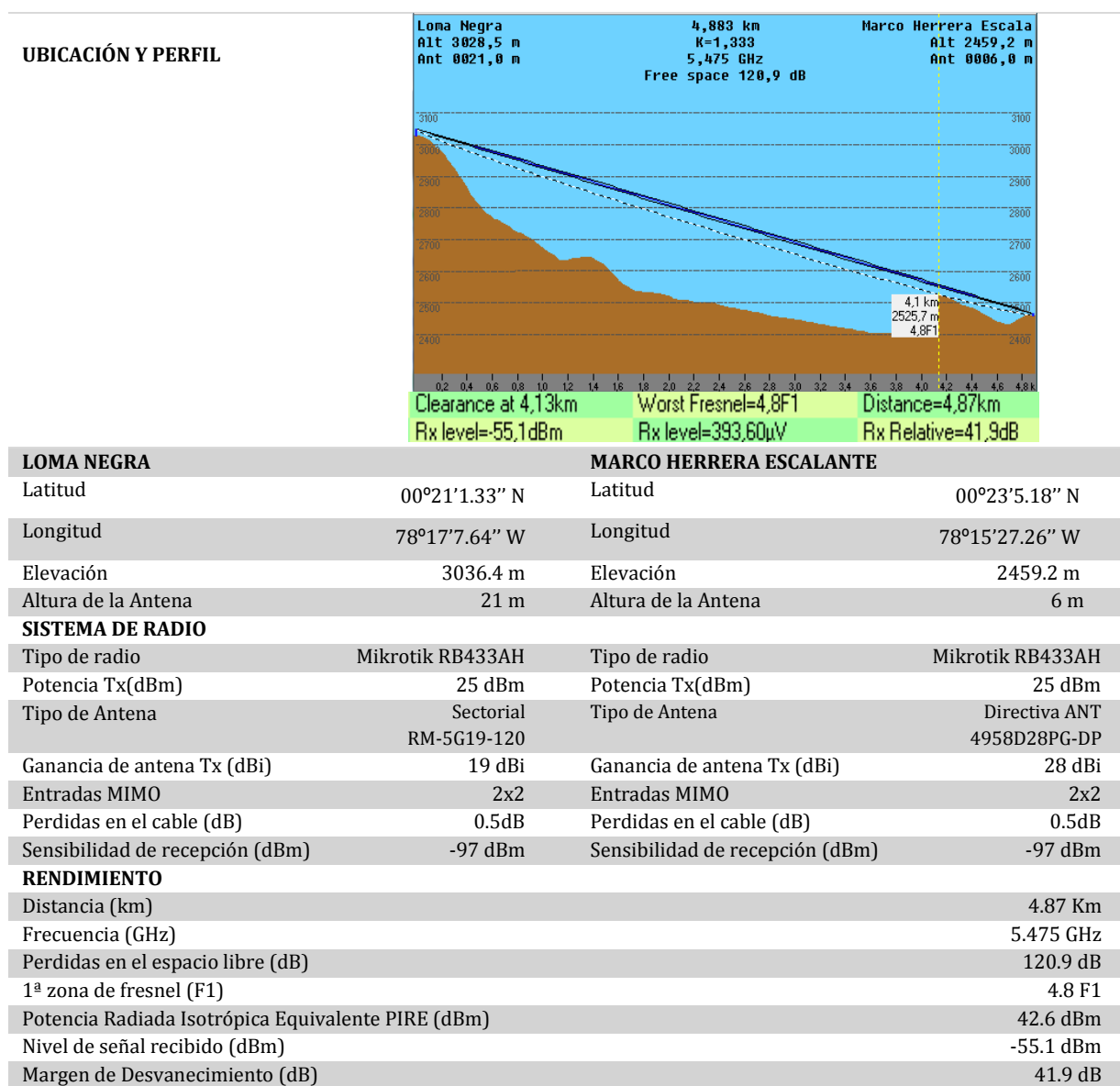


Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 4.55 Km, con un despeje de 3.8 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 120.3 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -45.2 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 51.8 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–CECIB Alejo Saes es viable.



- **Cálculo del Enlace Loma Negra- Marco Herrera Escalante**

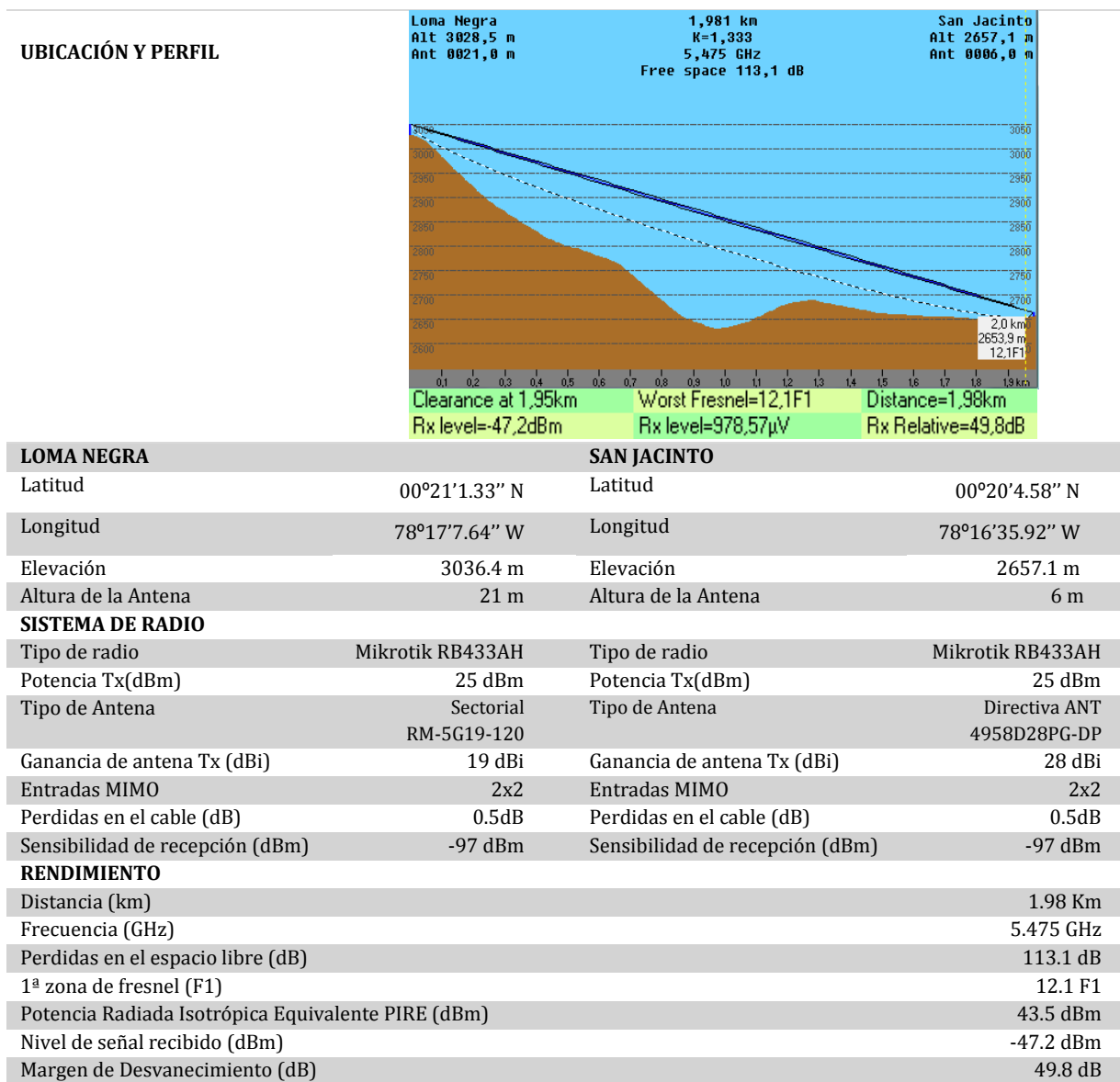
**Tabla 44:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Marco Herrera Escalante



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 4.87 Km, con un despeje de 4.8 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 120.9 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -55.1 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 41.9 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Marco Herrera Escalante es viable.

- **Cálculo del Enlace Loma Negra- San Jacinto**

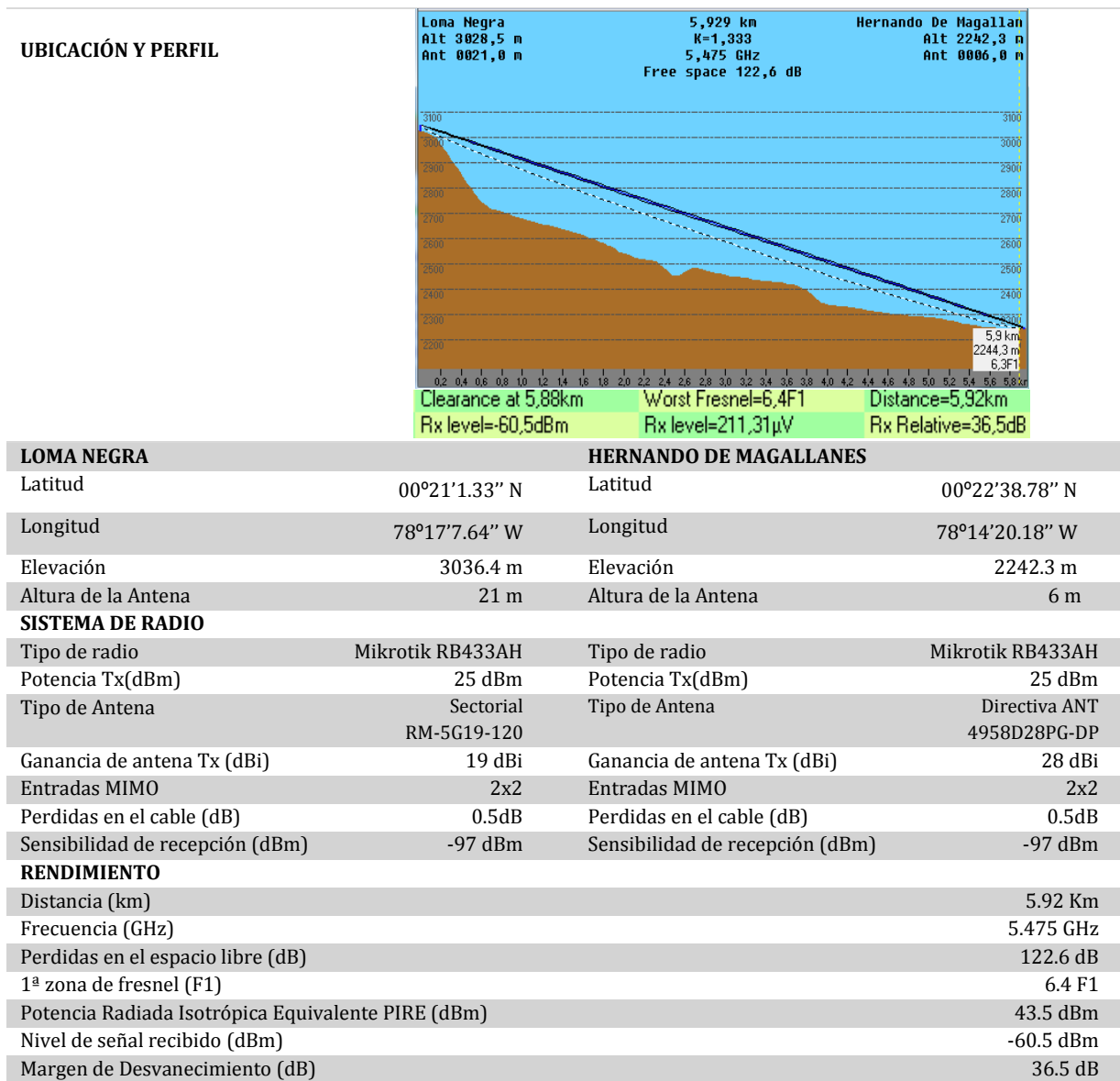
**Tabla 45:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – San Jacinto



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 1.98 Km, con un despeje de 12.1 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 113.1 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -47.2 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 49.8 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi-San Jacinto es viable.

- **Cálculo del Enlace Loma Negra- Hernando de Magallanes**

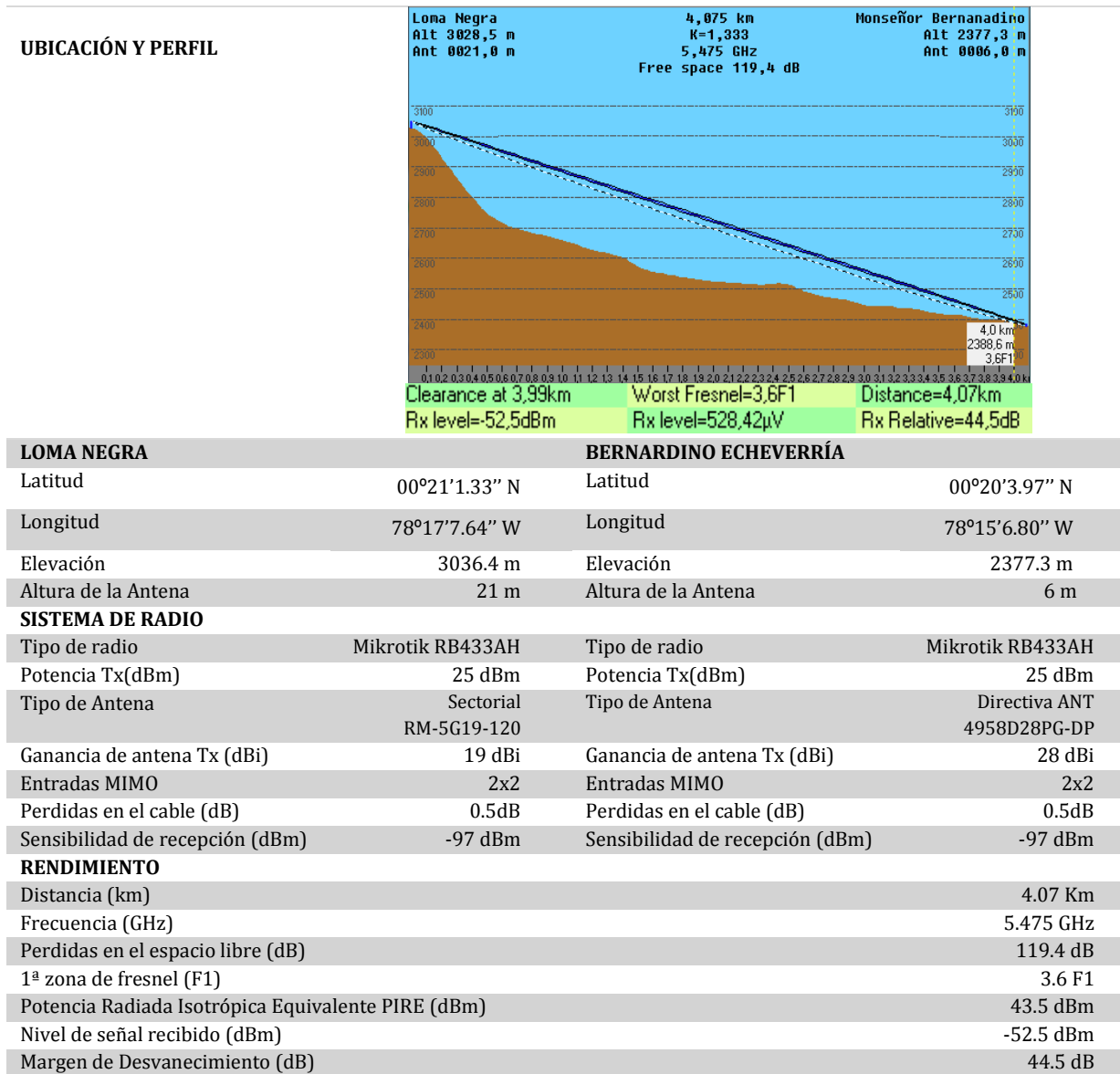
**Tabla 46:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Hernando de Magallanes



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 5.92 Km, con un despeje de 12.1 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 122.6 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -60.5 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 36.5 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Hernando de Magallanes es viable.

- **Cálculo del Enlace Loma Negra- Monseñor Bernardino Echeverría**

**Tabla 47:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Monseñor Bernardino



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 4.07 Km, con un despeje de 3.6 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 119.4 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -52.5 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 44.5 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Monseñor Bernardino E. es viable.

- **Cálculo del Enlace Loma Negra- Martin Alonso Gonzales**

**Tabla 48:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Martin Alonso Gonzales

UBICACIÓN Y PERFIL		Loma Negra		4,899 km		Martin Alonso	
		Alt 3028,5 m		K=1,333		Alt 2344,2 m	
		Ant 0021,0 m		5,475 GHz		Ant 0006,0 m	
				Free space 121,0 dB			

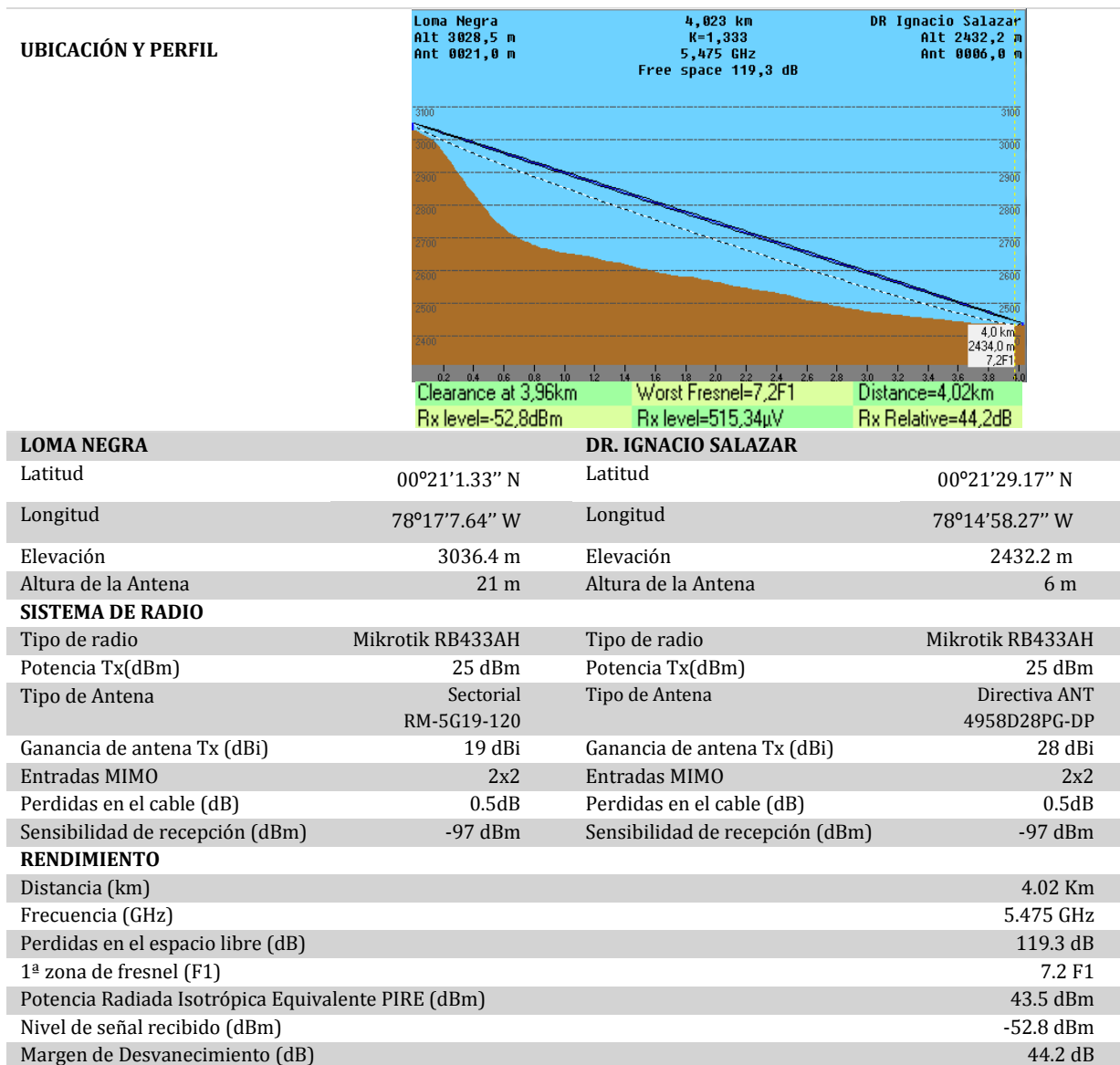
  

LOMA NEGRA		MARTIN ALONSO GONZALES	
Latitud	00°21'1.33" N	Latitud	00°19'43.50" N
Longitud	78°17'7.64" W	Longitud	78°14'47.48" W
Elevación	3036.4 m	Elevación	2344.2 m
Altura de la Antena	21 m	Altura de la Antena	6 m
<b>SISTEMA DE RADIO</b>			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G19-120	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	19 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
<b>RENDIMIENTO</b>			
Distancia (km)			4.89 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)			121 dB
1ª zona de fresnel (F1)			9 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)			43.5 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)			-60.6 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)			36.4 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 4.89 Km, con un despeje de 9 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 121 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -60.6 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 36.4 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Martin Alonso Gonzales es viable.

- **Cálculo del Enlace Loma Negra- Dr. Ignacio Salazar**

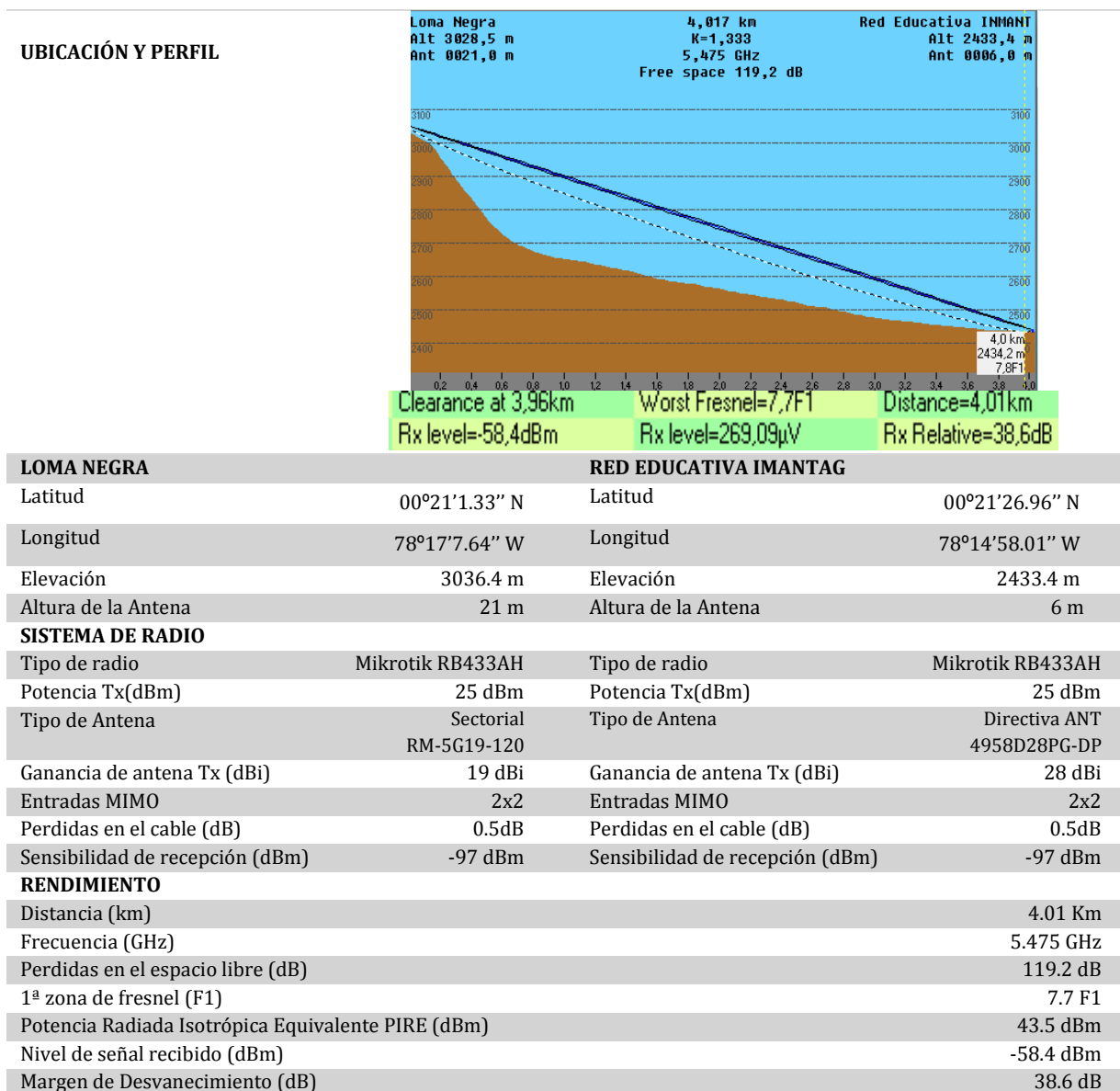
**Tabla 49:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Dr. Ignacio Salazar



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 4.02 Km, con un despeje de 7.2 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 119.3 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -52.8 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 44.2 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Dr. Ignacio Salazar es viable.

- **Cálculo del Enlace Loma Negra- Red Educativa Imantag**

**Tabla 50:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Red Educativa Imantag



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 4.01 Km, con un despeje de 7.7 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 119.2 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -58.4 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 38.6 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Red Educativa Imantag es viable.

- **Cálculo del Enlace Loma Negra- Provincia del Oro**

**Tabla 51:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra –Provincia del Oro

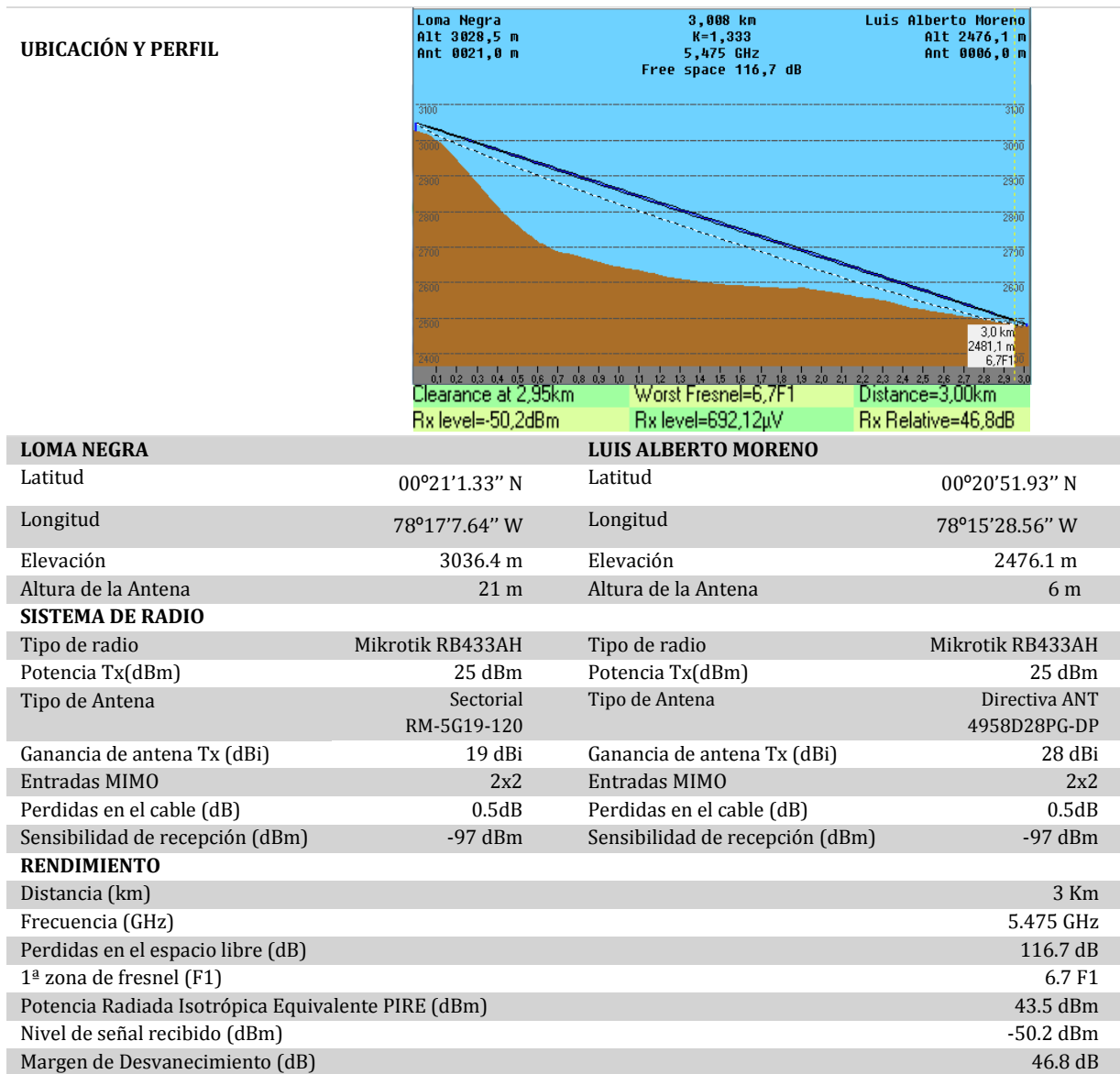
UBICACIÓN Y PERFIL			
<b>LOMA NEGRA</b>	<b>PROVINCIA DEL ORO</b>		
Latitud	00°21'1.33" N	Latitud	00°21'26.72" N
Longitud	78°17'7.64" W	Longitud	78°16'25.66" W
Elevación	3036.4 m	Elevación	2634.1 m
Altura de la Antena	21 m	Altura de la Antena	6 m
<b>SISTEMA DE RADIO</b>			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G19-120	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP
Ganancia de antena Tx (dBi)	19 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
<b>RENDIMIENTO</b>			
Distancia (km)	1.45 Km		
Frecuencia (GHz)	5.475 GHz		
Perdidas en el espacio libre (dB)	110.4 dB		
1ª zona de fresnel (F1)	2.5 F1		
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)	43.5 dBm		
Nivel de señal recibido (dBm)	-47.2 dBm		
Margen de Desvanecimiento (dB)	49.8 dB		

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 1.45 Km, con un despeje de 2.5 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 110.4 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -47.2 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 49.8 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Provincia del Oro es viable.



- **Cálculo del Enlace Loma Negra- Luis Alberto Moreno**

**Tabla 52:** Resultados de la Simulación Enlace Loma Negra – Luis Alberto Moreno



Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 3 Km, con un despeje de 6.7 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 116.7 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -50.2 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 46.8 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Luis Alberto Moreno es viable.

- **Cálculo del Enlace Marcelino Alzamora – Virgilio Torres Valencia**

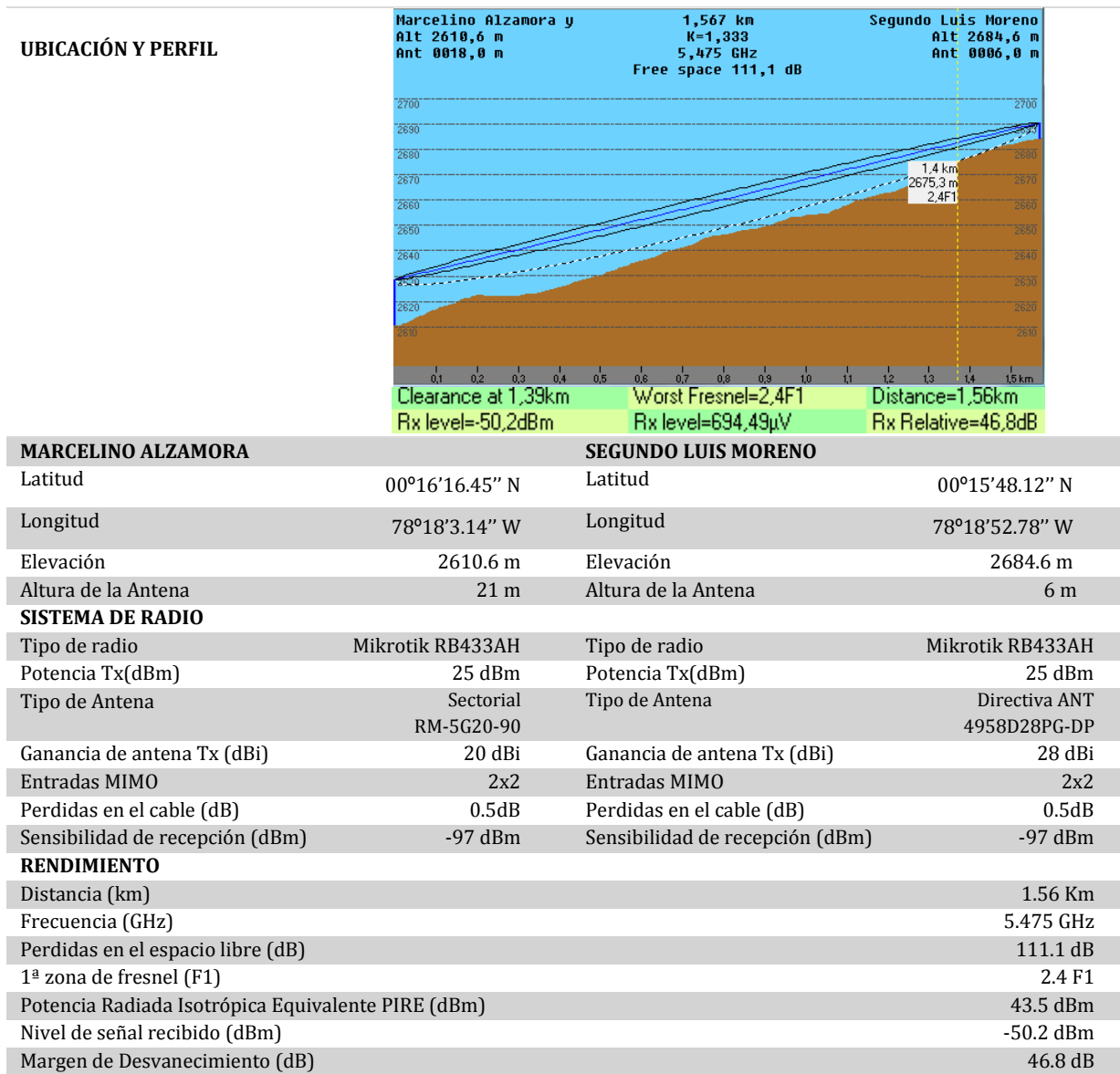
**Tabla 53:** Resultados de la Simulación Enlace Marcelino Alzamora – Virgilio Torres Valencia

UBICACIÓN Y PERFIL		Marcelino Alzamora y Alt 2610,6 m Ant 0018,0 m		Virgilio Torres Vale Alt 2965,9 m Ant 0006,0 m	
		5,136 km		K=1,333	
		Free space 121,4 dB		5,475 GHz	
				Free space 121,4 dB	
				4,7 km	
				2938,6 m	
				1,6F1	
		Clearance at 4,77km		Worst Fresnel=1,6F1	
		Rx level=-53,8dBm		Rx level=459,16µV	
				Distance=5,13km	
				Rx Relative=43,2dB	
MARCELINO ALZAMORA		VIRGILIO TORRES VALENCIA			
Latitud	00°16'16.45" N	Latitud	00°17'28.68" N		
Longitud	78°18'3.14" W	Longitud	78°20'32.72" W		
Elevación	2610.6 m	Elevación	2965.9 m		
Altura de la Antena	21 m	Altura de la Antena	6 m		
SISTEMA DE RADIO					
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH		
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm		
Tipo de Antena	Sectorial RM-5G20-90	Tipo de Antena	Directiva ANT 4958D28PG-DP		
Ganancia de antena Tx (dBi)	20 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	28 dBi		
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2		
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB		
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm		
RENDIMIENTO					
Distancia (km)					5.13 Km
Frecuencia (GHz)					5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)					121.4 dB
1ª zona de fresnel (F1)					1.6 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)					44.5 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)					-53.8 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)					43.2 dB

Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 5.13 Km, con un despeje de 1.6 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 121.4 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -53.8 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 43.2 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Virgilio Torres Valencia es viable.

- **Cálculo del Enlace Marcelino Alzamora – Segundo Luis Moreno**

**Tabla 54:** Resultados de la Simulación Enlace Marcelino Alzamora – Segundo Luis Moreno

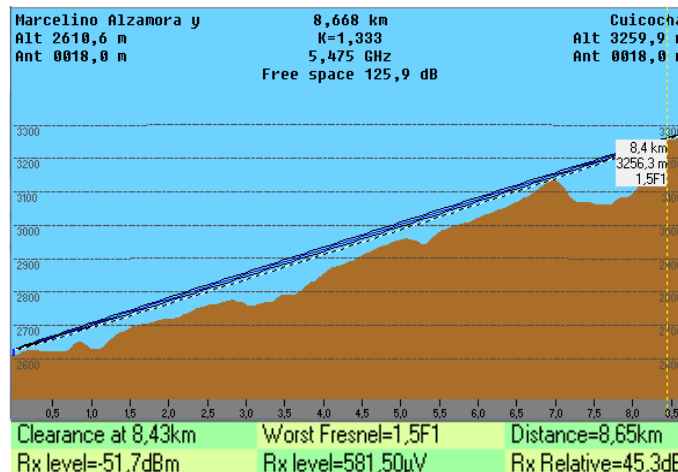


Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 1.56 Km, con un despeje de 2.4 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 111.1 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -50.2 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 46.8 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Segundo Luis Moreno es viable.

- **Cálculo del Enlace Marcelino Alzamora – Cuicocha**

**Tabla 55:** Resultados de la Simulación Enlace Marcelino Alzamora – Cuicocha

**UBICACIÓN Y PERFIL**



MARCELINO ALZAMORA		CUICOCHA	
Latitud	00°16'16.45" N	Latitud	00°17'47.38" N
Longitud	78°18'3.14" W	Longitud	78°22'28.28" W
Elevación	2610.6 m	Elevación	3259.9m
Altura de la Antena	21 m	Altura de la Antena	6 m
<b>SISTEMA DE RADIO</b>			
Tipo de radio	Mikrotik RB433AH	Tipo de radio	Mikrotik RB433AH
Potencia Tx(dBm)	25 dBm	Potencia Tx(dBm)	25 dBm
Tipo de Antena	Directiva RD-5G-30	Tipo de Antena	Directiva RD-5G-30
Ganancia de antena Tx (dBi)	30 dBi	Ganancia de antena Tx (dBi)	30 dBi
Entradas MIMO	2x2	Entradas MIMO	2x2
Perdidas en el cable (dB)	0.5dB	Perdidas en el cable (dB)	0.5dB
Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm	Sensibilidad de recepción (dBm)	-97 dBm
<b>RENDIMIENTO</b>			
Distancia (km)			8.56 Km
Frecuencia (GHz)			5.475 GHz
Perdidas en el espacio libre (dB)			125.9 dB
1ª zona de fresnel (F1)			1.5 F1
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente PIRE (dBm)			54.5 dBm
Nivel de señal recibido (dBm)			-51.7 dBm
Margen de Desvanecimiento (dB)			45.3 dB

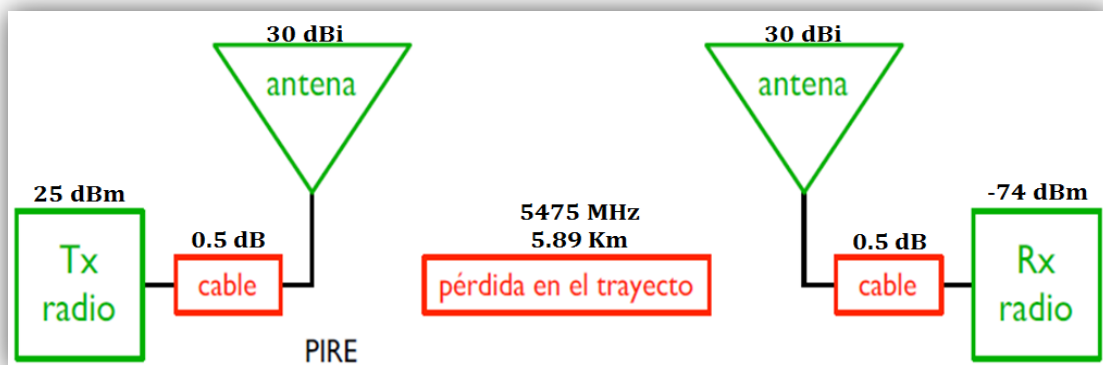
Los resultados muestran una línea visual limpia entre las estaciones separadas por una distancia de 8.56 Km, con un despeje de 1.5 veces la primera zona de fresnel mayor a al 0.6 F1 requerido. Las pérdidas en el espacio libre que presenta el enlace toman el valor de 125.9 dB en relación a la distancia y la frecuencia. El nivel de señal recibida es de -51.7 dBm siendo este un valor mayor al mínimo nivel de señal en recepción -97 dBm. Y se logra un valor del margen de desvanecimiento mayor a 10 dB, más concretamente 45.3 dB. Por el análisis de los resultados obtenidos el enlace Municipio de Cotacachi–Cuicocha es viable.

#### 4.3.4. CÁLCULO MATEMÁTICO DEL PRESUPUESTO DEL ENLACE

Para realizar el cálculo matemático de balance de potencias de cada enlace se suman las ganancias y las pérdidas presentes en el enlace.

- **Cálculo del presupuesto del enlace Municipio de Cotacachi- Loma Negra**

Para estimar la viabilidad del enlace se establece el siguiente escenario:



**Figura 48:** Descripción del Balance general de Potencias Municipio de Cotacachi- Loma Negra

#### ***Cálculo de las Pérdidas en el Espacio Libre (FSL)***

Para el caso del enlace se tienen los siguientes datos:

$$F = 5475 \text{ MHz}$$

$$D = 5.89 \text{ Km}$$

El Resultado de las Pérdidas en el Espacio Libre del enlace es:

$$FSL = 32.44 + 20 \log f + 20 \log D$$

$$FSL = 32.44 + 20 \log 5475 + 20 \log 5.89$$

$$FSL = 122.6 \text{ dB}$$

#### ***Características de Los equipos en Recepción y Transmisión***

Potencia Recibida en el Receptor.

$$PR_{\text{dBm}} = X$$

Potencia del transmisor.

$$PT_{\text{dBm}} = 25 \text{ dBm}$$

Pérdidas en los cables del Transmisor

$$LT_{\text{dB}} = 0.5 \text{ dB}$$

Ganancia de la antena en Transmisión.

$$GT_{\text{dBi}} = 30 \text{ dBi}$$

Pérdidas en el Espacio Libre.	FSL= 122.6 dB
Pérdidas en los cables en el Receptor.	LR <sub>dB</sub> =0.5 dB
Ganancia de la antena en Recepción.	GR <sub>dB</sub> = 30 dBi
Sensibilidad del Receptor	SR <sub>dBm</sub> =-97 dBm

El Potencia Isótropa Irradia Equivalente está dada por:

$$PR_{dBm} = PT_{dBm} - LT_{dB} + GT_{dBi}$$

$$PR_{dBm} = 25dBm - 0.5 dB + 30dBi$$

$$PR_{dBm} = 54.5 dBm$$

El nivel de señal recibido en el receptor está dado por:

$$PR_{dBm} = PT_{dBm} - LT_{dB} + GT_{dBi} - FSL_{dB} + GR_{dBi} - LR_{dB}$$

$$PR_{dBm} = 25dBm - 0.5 dB + 30dBi - 122.6 dB + 30 dBi - 0.5 dBi$$

$$PR_{dBm} = -38.6 dB$$

El margen de la potencia de recepción del enlace es:

$$M_{dB} = PR_{dBm} - SR_{dBm}$$

$$M_{dB} = -38.6 dBm - (-93dBm)$$

$$M_{dB} = 58.4 dB$$

Al comparar los resultados del presupuesto del enlace obtenidos según el método matemático y el software Radio Mobile existe una variación mínima en el nivel de la señal en Recepción y el Margen de desvanecimiento del enlace debido al modelo de cálculo de las pérdidas que el software determina en base a pérdidas adicionales por obstrucción y múltiples trayectorias.

Se realiza el cálculo de acuerdo al modelo matemático para todo los enlaces de acuerdo al escenario expuesto.

#### 4.3.5. DETALLES DE LOS EMPLAZAMIENTO

Para dar cobertura a toda el Área se necesitan 3 repetidores enlazados entre sí.

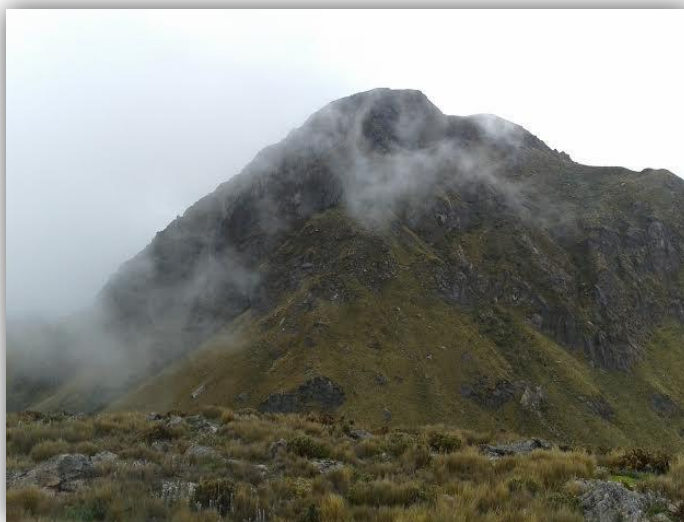
La fuente de energía con la que trabajará los repetidores es energía eléctrica.

A continuación se detallan los repetidores para el área:

#### REPETIDORES

- **CERRO YANAHURCO - LOMA NEGRA**

En el punto funciona un repetidor del cual se puede reciclar la torre y la caseta.



**Figura 49:** Cerro Yanahurco - Loma Negra



**Figura 50:** Caseta en Torre Cerro Yanahurco



**Figura 51:** Torre Cerro Yanahurco de Municipio de Cotacachi

- **MUNICIPIO DE COTACACHI**

Es recomendable la instalación de una torre de repetición con pararrayos.



**Figura 52:** Actuales instalaciones Municipio de Cotacachi



- **INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARCELINO ALZAMORA**

Como se puede observar en la imagen la Institucion Educativa presta las seguridades necesarias para la instalación de los equipos, además a su alrededor cuenta con el espacio necesario para la instalación de la torre.



**Figura 53:** Institución Educativa Marcelino Alzamora

#### **4.4. DIRECCIONAMIENTO LÓGICO**

El proyecto contempla 35 clientes para brindar el servicio de internet, Además la subred asignada por la DTI del Municipio de Cotacachi es 192.168.10.0/24.

Se debe añadir una subred para la administración de los equipos, con estos antecedentes se requiere las siguientes subredes según la tabla:

**Datos:**

- Protocolo de Direccionamiento: IPv4
- SubRed Privada asignada por el Municipio de Cotacachi: 192.16.0.0 empieza en la subred 192.168.10.0
- Clase C: 255.255.255.0
- Tipo de direccionamiento lógico: Direccionamiento sin VLSM, debido al crecimiento de cada subred.

**Tabla 56:** Subred Asignada y Numero de Host requeridos por el proyecto

#	Redes	Numero de Host	Subred Asignada
1	ADMINISTRACIÓN	49	192.168.10.0/24
2	MARCO HERRERA ESCALANTE	7	192.168.11.0/24
3	RED EDUCATIVA IMANTAG	29	192.168.12.0/24
4	PROVINCIA DE EL ORO	9	192.168.13.0/24
5	MONSEÑOR BERNARDINO ECHEVERRÍA	6	192.168.14.0/24
6	CECIB ALEJO SAES	6	192.168.15.0/24
7	LUIS ALBERTO MORENO	8	192.168.16.0/24
8	HERNANDO DE MAGALLANES	11	192.168.17.0/24
9	DR. IGNACIO SALAZAR	5	192.168.18.0/24
10	ANDRÉS AVELINO DE LA TORRE	15	192.168.19.0/24
11	SEGUNDO LUIS MORENO	9	192.168.20.0/24
12	ELOY PROAÑO	20	192.168.21.0/24
13	LETICIA PROAÑO REYES	14	192.168.22.0/24
14	28 DE JUNIO	9	192.168.23.0/24
15	VIRGILIO TORRES VALENCIA	7	192.168.24.0/24
16	CUICOCHA	6	192.168.25.0/24
17	MARCELINO ALZAMORA Y PEÑAHERRERA	6	192.168.26.0/24
18	LUIS PLUTARCO CEVALLOS	18	192.168.27.0/24
19	MARCO TULIO HIDROBO	5	192.168.28.0/24
20	JUAN FRANCISCO CEVALLOS	5	192.168.29.0/24
21	SAN JACINTO	13	192.168.30.0/24
22	JORGE GÓMEZ ANDRADE	7	192.168.31.0/24
23	MARTIN ALONSO GONZÁLEZ LALANNE	6	192.168.32.0/24
24	PIAVA SAN PEDRO O LUIS FELIPE BORJA	6	192.168.33.0/24
25	TRAJANO NARANJO	6	192.168.34.0/24
26	NAZACOTA PUENTO	5	192.168.35.0/24
27	RCECIB COTACACHI JOSÉ DOMINGO ALBUJA	8	192.168.36.0/24
28	PICHINCHA	10	192.168.37.0/24
29	ENRIQUE VACAS GALINDO	5	192.168.38.0/24
30	MIGUEL DE CERVANTES	8	192.168.39.0/24
31	JOSÉ VASCONCELOS	9	192.168.40.0/24
32	LUIS ULPIANO DE LA TORRE	13	192.168.41.0/24
33	6 DE JULIO	32	192.168.42.0/24

34	MODESTO AURELIO PEÑAHERRERA	26	192.168.43.0/24
35	HORTENSIA YÉPEZ TOBAR	7	192.168.44.0/24
36	MANUELA CAÑIZARES	22	192.168.45.0/24

**Tabla 57:** Direccionamiento Lógico General

#	Subred	Primer Host	Ultimo Host	Broadcast	Máscara
1	192.168.10.0	192.168.10.1	192.168.10.254	192.168.10.255	255.255.255.0
2	192.168.11.0	192.168.11.1	192.168.11.254	192.168.11.255	255.255.255.0
3	192.168.12.0	192.168.12.1	192.168.12.254	192.168.12.255	255.255.255.0
4	192.168.13.0	192.168.13.1	192.168.13.254	192.168.13.255	255.255.255.0
5	192.168.14.0	192.168.14.1	192.168.14.254	192.168.14.255	255.255.255.0
6	192.168.15.0	192.168.15.1	192.168.15.254	192.168.15.255	255.255.255.0
7	192.168.16.0	192.168.16.1	192.168.16.254	192.168.16.255	255.255.255.0
8	192.168.17.0	192.168.17.1	192.168.17.254	192.168.17.255	255.255.255.0
9	192.168.18.0	192.168.18.1	192.168.18.254	192.168.18.255	255.255.255.0
10	192.168.19.0	192.168.19.1	192.168.19.254	192.168.19.255	255.255.255.0
11	192.168.20.0	192.168.20.1	192.168.20.254	192.168.20.255	255.255.255.0
12	192.168.21.0	192.168.21.1	192.168.21.254	192.168.21.255	255.255.255.0
13	192.168.22.0	192.168.22.1	192.168.22.254	192.168.22.255	255.255.255.0
14	192.168.23.0	192.168.23.1	192.168.23.254	192.168.23.255	255.255.255.0
15	192.168.24.0	192.168.24.1	192.168.24.254	192.168.24.255	255.255.255.0
16	192.168.25.0	192.168.25.1	192.168.25.254	192.168.25.255	255.255.255.0
17	192.168.26.0	192.168.26.1	192.168.26.254	192.168.26.255	255.255.255.0
18	192.168.27.0	192.168.27.1	192.168.27.254	192.168.27.255	255.255.255.0
19	192.168.28.0	192.168.28.1	192.168.28.254	192.168.28.255	255.255.255.0
20	192.168.29.0	192.168.29.1	192.168.29.254	192.168.29.255	255.255.255.0
21	192.168.30.0	192.168.30.1	192.168.30.254	192.168.30.255	255.255.255.0
22	192.168.31.0	192.168.31.1	192.168.31.254	192.168.31.255	255.255.255.0
23	192.168.32.0	192.168.32.1	192.168.32.254	192.168.32.255	255.255.255.0
24	192.168.33.0	192.168.33.1	192.168.33.254	192.168.33.255	255.255.255.0
25	192.168.34.0	192.168.34.1	192.168.34.254	192.168.34.255	255.255.255.0
26	192.168.35.0	192.168.35.1	192.168.35.254	192.168.35.255	255.255.255.0
27	192.168.36.0	192.168.36.1	192.168.36.254	192.168.36.255	255.255.255.0
28	192.168.37.0	192.168.37.1	192.168.37.254	192.168.37.255	255.255.255.0

<b>29</b>	192.168.38.0	192.168.38.1	192.168.38.254	192.168.38.255	255.255.255.0
<b>30</b>	192.168.39.0	192.168.39.1	192.168.39.254	192.168.39.255	255.255.255.0
<b>31</b>	192.168.40.0	192.168.40.1	192.168.40.254	192.168.40.255	255.255.255.0
<b>32</b>	192.168.41.0	192.168.41.1	192.168.41.254	192.168.41.255	255.255.255.0
<b>33</b>	192.168.42.0	192.168.42.1	192.168.42.254	192.168.42.255	255.255.255.0
<b>34</b>	192.168.43.0	192.168.43.1	192.168.43.254	192.168.43.255	255.255.255.0
<b>35</b>	192.168.44.0	192.168.44.1	192.168.44.254	192.168.44.255	255.255.255.0
<b>36</b>	192.168.45.0	192.168.45.1	192.168.45.254	192.168.45.255	255.255.255.0

### NOMENCLATURA DE EQUIPOS:

Switch capa 2 = SW- (número de red)

Punto de Acceso = AP- (número de red)

Estación Cliente = EC- (número de red)

Estación Base = EB – (número de estación base)

- Marcelino Alzamora Peñaherrera = MAP
- Loma Negra = LN
- Municipio de Cotacachi = MC

Interfaces de red inalámbricas: WLAN - (número de interface)

**Ejemplo:** EB2-MC-WLAN-2 (Estación Base dos – Municipio de Cotacachi – interface de red inalámbrica 2).

**Tabla 58:** Direccionamiento Lógico

Dispositivo	Interfaz	Dirección IP	Máscara de subred	Gateway por defecto
<b>EB1-MC</b>	WLAN-1	192.168.10.2	255.255.255.0	192.168.10.1
	WLAN-2	192.168.10.3	255.255.255.0	192.168.10.1
	WLAN-3	192.168.10.46	255.255.255.0	192.168.10.1
<b>EB2-MC</b>	WLAN-1	192.168.10.4	255.255.255.0	192.168.10.1
	WLAN-2	192.168.10.5	255.255.255.0	192.168.10.1

<b>EB-MAP</b>	WLAN-1	192.168.10.6	255.255.255.0	192.168.10.1
	WLAN-2	192.168.10.7	255.255.255.0	192.168.10.1
	WLAN-3	192.168.10.8	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.24.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>EB-LN</b>	WLAN-1	192.168.10.9	255.255.255.0	192.168.10.1
	WLAN-2	192.168.10.10	255.255.255.0	192.168.10.1
	WLAN-3	192.168.10.11	255.255.255.0	192.168.10.1
<b>EC-25</b>	Wlan1	192.168.10.12	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.25.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-25</b>	Eth1	192.168.25.2	255.255.255.0	192.168.25.1
<b>AP-25</b>	Eth1	192.168.25.3	255.255.255.0	192.168.25.1
<b>EC-20</b>	Wlan1	192.168.10.13	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.20.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-20</b>	Eth1	192.168.20.2	255.255.255.0	192.168.20.1
<b>AP-20</b>	Eth1	192.168.20.3	255.255.255.0	192.168.20.1
<b>EC-24</b>	Wlan1	192.168.10.14	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.24.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-24</b>	Eth1	192.168.24.2	255.255.255.0	192.168.24.1
<b>AP-24</b>	Eth1	192.168.24.3	255.255.255.0	192.168.24.1
<b>SW-26</b>	Eth1	192.168.26.2	255.255.255.0	192.168.26.1
<b>AP-26</b>	Eth1	192.168.26.3	255.255.255.0	192.168.26.1
<b>EC-45</b>	Wlan1	192.168.10.15	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.45.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-45</b>	Eth1	192.168.45.2	255.255.255.0	192.168.45.1
<b>AP-45</b>	Eth1	192.168.45.3	255.255.255.0	192.168.45.1
<b>EC-44</b>	Wlan1	192.168.10.16	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.44.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-44</b>	Eth1	192.168.44.2	255.255.255.0	192.168.44.1
<b>AP-44</b>	Eth1	192.168.44.3	255.255.255.0	192.168.44.1
<b>EC-22</b>	Wlan1	192.168.10.17	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.22.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-22</b>	Eth1	192.168.22.2	255.255.255.0	192.168.22.1
<b>AP-22</b>	Eth1	192.168.22.3	255.255.255.0	192.168.22.1
<b>EC-37</b>	Wlan1	192.168.10.18	255.255.255.0	192.168.10.1

	Eth1	192.168.37.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-37</b>	Eth1	192.168.37.2	255.255.255.0	192.168.37.1
<b>AP-37</b>	Eth1	192.168.37.3	255.255.255.0	192.168.37.1
<b>EC-27</b>	Wlan1	192.168.10.19	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.27.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-27</b>	Eth1	192.168.27.2	255.255.255.0	192.168.27.1
<b>AP-27</b>	Eth1	192.168.27.3	255.255.255.0	192.168.27.1
<b>EC-40</b>	Wlan1	192.168.10.20	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.40.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-40</b>	Eth1	192.168.40.2	255.255.255.0	192.168.40.1
<b>AP-40</b>	Eth1	192.168.40.3	255.255.255.0	192.168.40.1
<b>EC-21</b>	Wlan1	192.168.10.21	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.21.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-21</b>	Eth1	192.168.21.2	255.255.255.0	192.168.21.1
<b>AP-21</b>	Eth1	192.168.21.3	255.255.255.0	192.168.21.1
<b>EC-23</b>	Wlan1	192.168.10.22	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.23.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-23</b>	Eth1	192.168.23.2	255.255.255.0	192.168.23.1
<b>AP-23</b>	Eth1	192.168.23.3	255.255.255.0	192.168.23.1
<b>EC-19</b>	Wlan1	192.168.10.23	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.19.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-19</b>	Eth1	192.168.19.2	255.255.255.0	192.168.19.1
<b>AP-19</b>	Eth1	192.168.19.3	255.255.255.0	192.168.19.1
<b>EC-29</b>	Wlan1	192.168.10.24	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.29.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-29</b>	Eth1	192.168.29.2	255.255.255.0	192.168.29.1
<b>AP-29</b>	Eth1	192.168.29.3	255.255.255.0	192.168.29.1
<b>EC-43</b>	Wlan1	192.168.10.25	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.43.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-43</b>	Eth1	192.168.43.2	255.255.255.0	192.168.43.1
<b>AP-43</b>	Eth1	192.168.43.3	255.255.255.0	192.168.43.1
<b>EC-39</b>	Wlan1	192.168.10.26	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.39.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-39</b>	Eth1	192.168.39.2	255.255.255.0	192.168.39.1

<b>AP-39</b>	Eth1	192.168.39.3	255.255.255.0	192.168.39.1
<b>EC-38</b>	Wlan1	192.168.10.27	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.38.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-38</b>	Eth1	192.168.38.2	255.255.255.0	192.168.38.1
<b>AP-38</b>	Eth1	192.168.38.3	255.255.255.0	192.168.38.1
<b>EC-31</b>	Wlan1	192.168.10.28	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.31.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-31</b>	Eth1	192.168.31.2	255.255.255.0	192.168.31.1
<b>AP-31</b>	Eth1	192.168.31.3	255.255.255.0	192.168.31.1
<b>EC-28</b>	Wlan1	192.168.10.29	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.28.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-28</b>	Eth1	192.168.28.2	255.255.255.0	192.168.28.1
<b>AP-28</b>	Eth1	192.168.28.3	255.255.255.0	192.168.28.1
<b>EC-35</b>	Wlan1	192.168.10.30	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.35.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-35</b>	Eth1	192.168.35.2	255.255.255.0	192.168.35.1
<b>AP-35</b>	Eth1	192.168.35.3	255.255.255.0	192.168.35.1
<b>EC-36</b>	Wlan1	192.168.10.31	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.36.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-36</b>	Eth1	192.168.36.2	255.255.255.0	192.168.36.1
<b>AP-36</b>	Eth1	192.168.36.3	255.255.255.0	192.168.36.1
<b>EC-33</b>	Wlan1	192.168.10.32	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.33.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-33</b>	Eth1	192.168.33.2	255.255.255.0	192.168.33.1
<b>AP-33</b>	Eth1	192.168.33.3	255.255.255.0	192.168.33.1
<b>EC-34</b>	Wlan1	192.168.10.33	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.34.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-34</b>	Eth1	192.168.34.2	255.255.255.0	192.168.34.1
<b>AP-34</b>	Eth1	192.168.34.3	255.255.255.0	192.168.34.1
<b>EC-41</b>	Wlan1	192.168.10.34	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.41.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-41</b>	Eth1	192.168.41.2	255.255.255.0	192.168.41.1
<b>AP-41</b>	Eth1	192.168.41.3	255.255.255.0	192.168.41.1
<b>EC-42</b>	Wlan1	192.168.10.35	255.255.255.0	192.168.10.1

	Eth1	192.168.42.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-42</b>	Eth1	192.168.42.2	255.255.255.0	192.168.42.1
<b>AP-42</b>	Eth1	192.168.42.3	255.255.255.0	192.168.42.1
<b>EC-15</b>	Wlan1	192.168.10.36	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.15.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-15</b>	Eth1	192.168.15.2	255.255.255.0	192.168.15.1
<b>AP-15</b>	Eth1	192.168.15.3	255.255.255.0	192.168.15.1
<b>EC-11</b>	Wlan1	192.168.10.37	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.11.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-11</b>	Eth1	192.168.11.2	255.255.255.0	192.168.11.1
<b>AP-11</b>	Eth1	192.168.11.3	255.255.255.0	192.168.11.1
<b>EC-30</b>	Wlan1	192.168.10.38	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.30.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-30</b>	Eth1	192.168.30.2	255.255.255.0	192.168.30.1
<b>AP-30</b>	Eth1	192.168.30.3	255.255.255.0	192.168.30.1
<b>EC-17</b>	Wlan1	192.168.10.39	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.17.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-17</b>	Eth1	192.168.17.2	255.255.255.0	192.168.17.1
<b>AP-17</b>	Eth1	192.168.17.3	255.255.255.0	192.168.17.1
<b>EC-14</b>	Wlan1	192.168.10.40	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.14.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-14</b>	Eth1	192.168.14.2	255.255.255.0	192.168.14.1
<b>AP-14</b>	Eth1	192.168.14.3	255.255.255.0	192.168.14.1
<b>EC-32</b>	Wlan1	192.168.10.41	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.32.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-32</b>	Eth1	192.168.32.2	255.255.255.0	192.168.32.1
<b>AP-32</b>	Eth1	192.168.32.3	255.255.255.0	192.168.32.1
<b>EC-18</b>	Wlan1	192.168.10.42	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.18.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-18</b>	Eth1	192.168.18.2	255.255.255.0	192.168.18.1
<b>AP-18</b>	Eth1	192.168.18.3	255.255.255.0	192.168.18.1
<b>EC-12</b>	Wlan1	192.168.10.43	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.12.1	255.255.255.0	NO APLICACION
<b>SW-12</b>	Eth1	192.168.12.2	255.255.255.0	192.168.12.1



<b>AP-12</b>	Eth1	192.168.12.3	255.255.255.0	192.168.12.1
<b>EC-13</b>	Wlan1	192.168.10.44	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.13.1	255.255.255.0	NO APLICA
<b>SW-13</b>	Eth1	192.168.13.2	255.255.255.0	192.168.13.1
<b>AP-13</b>	Eth1	192.168.13.3	255.255.255.0	192.168.13.1
<b>EC-16</b>	Wlan1	192.168.10.45	255.255.255.0	192.168.10.1
	Eth1	192.168.16.1	255.255.255.0	NO APLICA
<b>SW-16</b>	Eth1	192.168.16.2	255.255.255.0	192.168.16.1
<b>AP-16</b>	Eth1	192.168.16.3	255.255.255.0	192.168.16.1

De acuerdo al direccionamiento lógico asignado para cada dispositivo de red se determina las siguientes topologías por estación Base de Repetición:

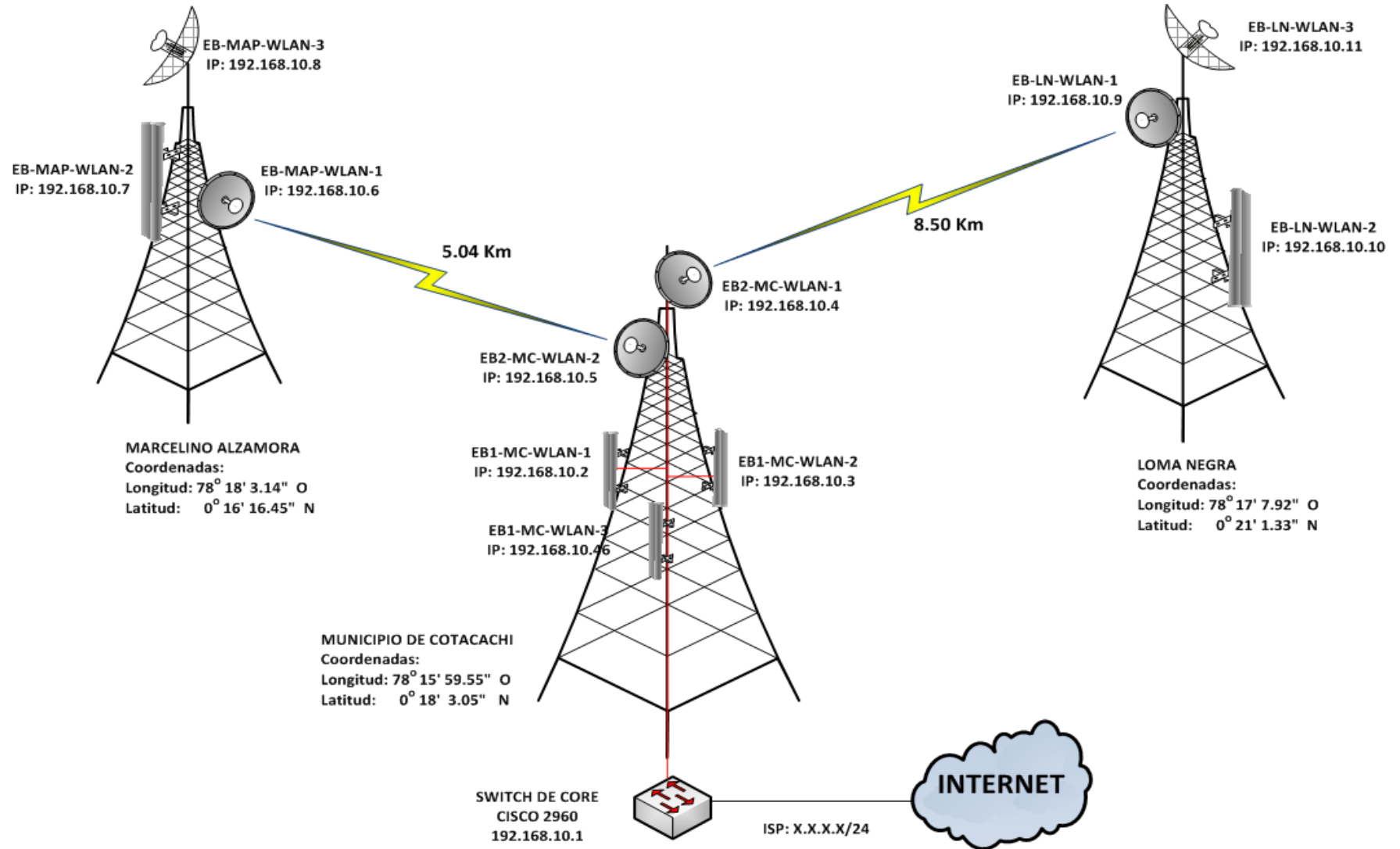


Figura 54: Direccionamiento Lógico para la Red de Troncal o de Backhaul

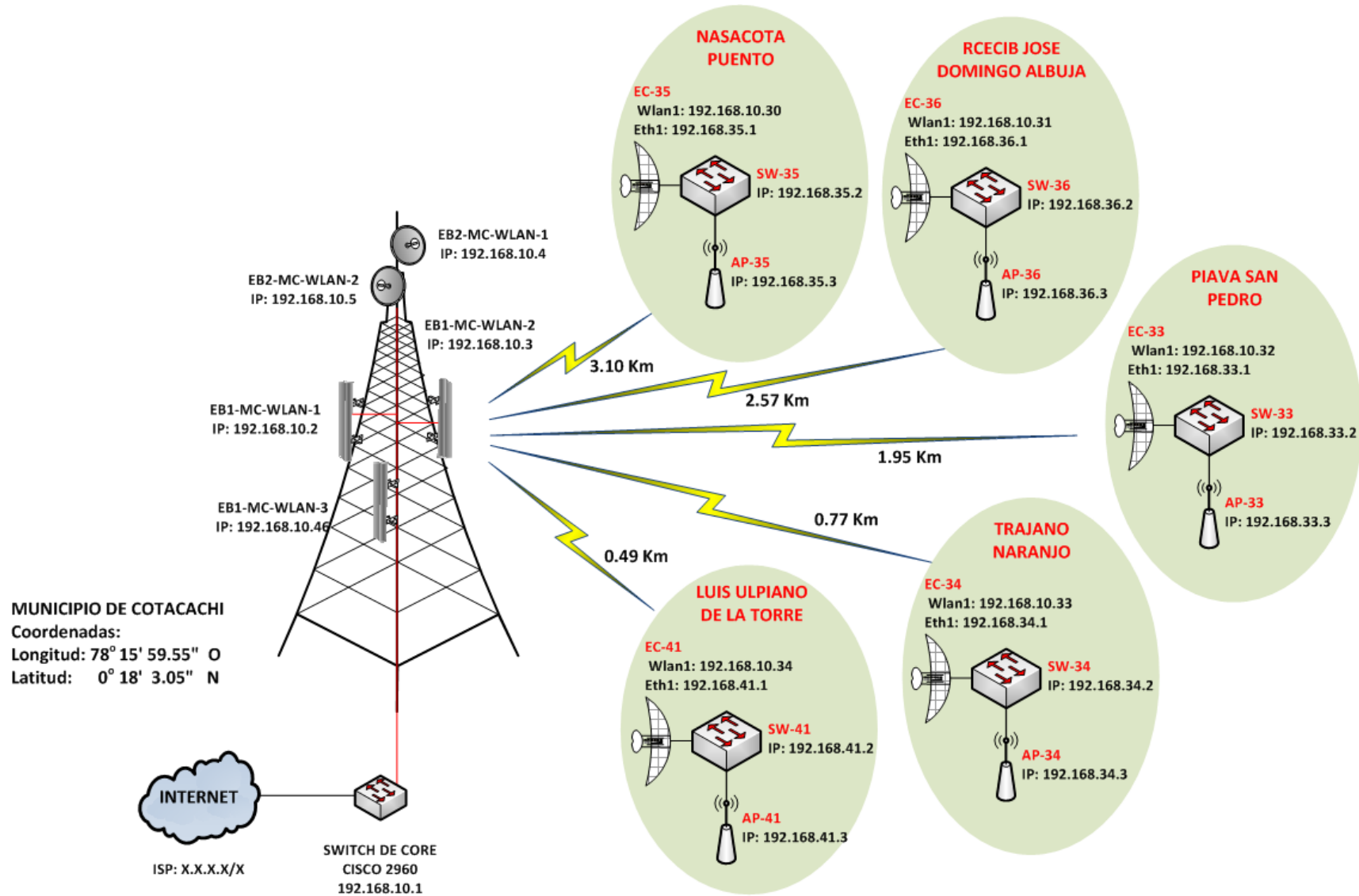


Figura 55: Direccionamiento Lógico para la Estación Base Municipio de Cotacachi y parte de sus enlaces de distribución.

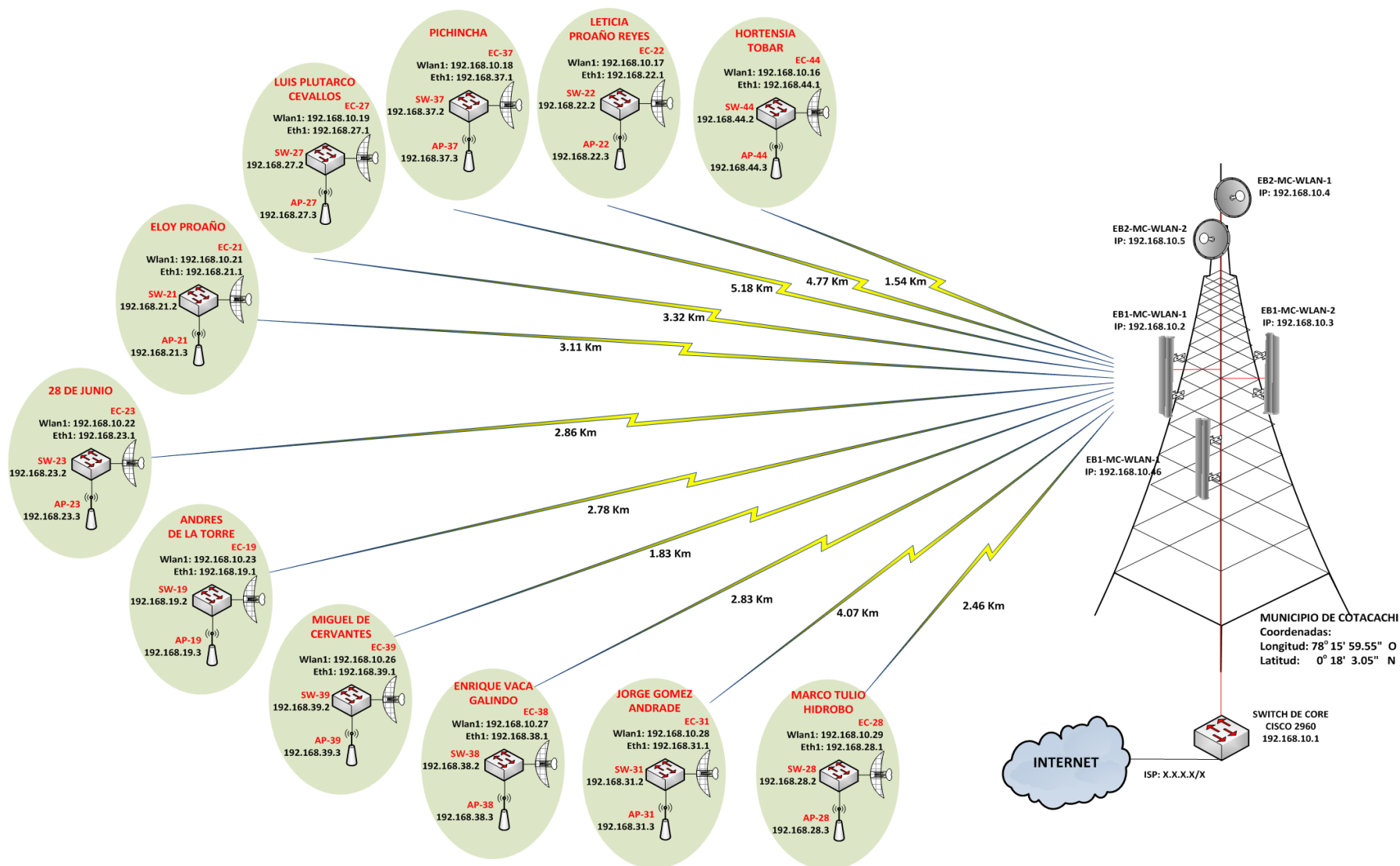


Figura 56: Direccionamiento Lógico para la Estación Base Municipio de Cotacachi y parte de sus enlaces de distribución.

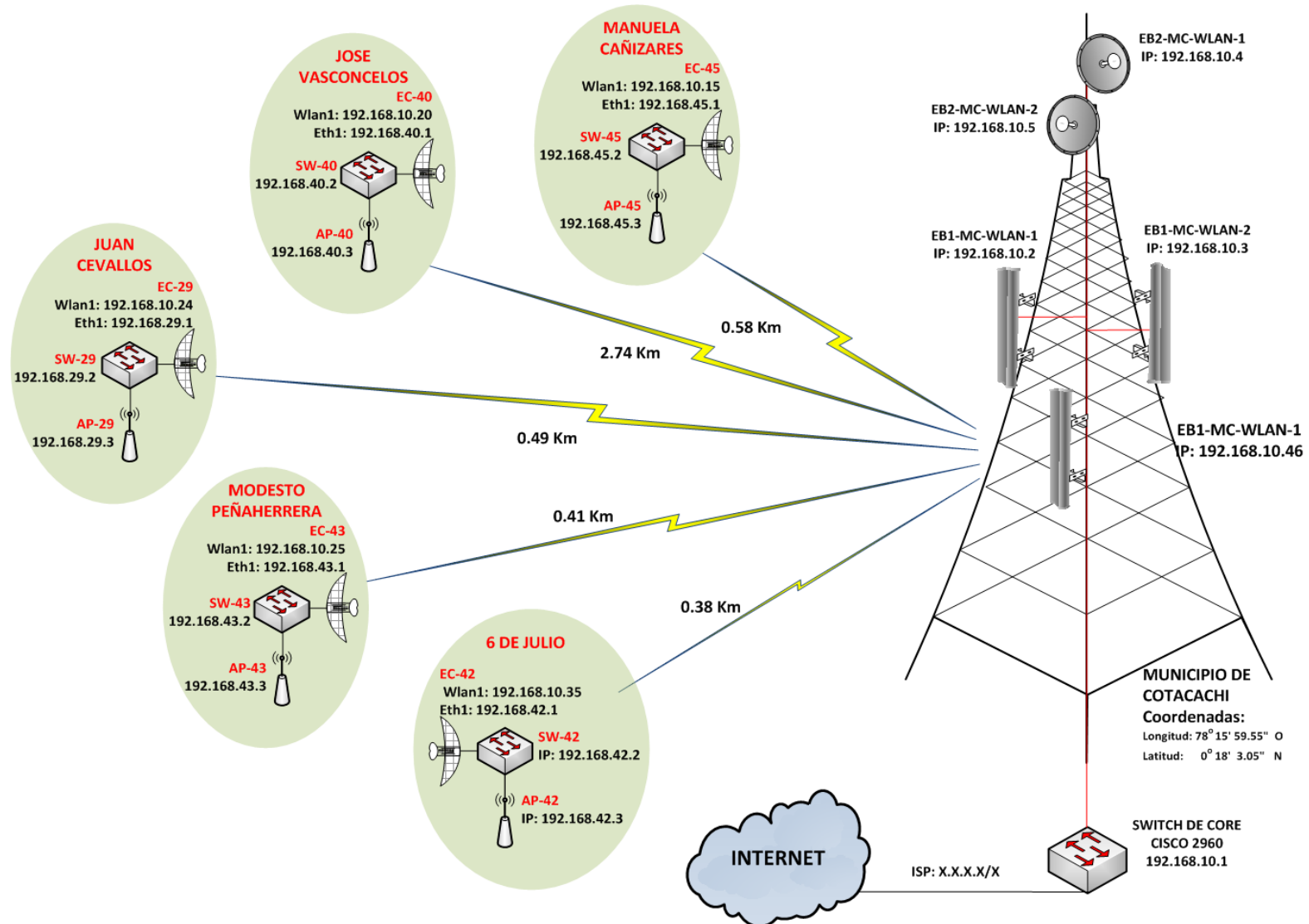


Figura 57: Direccionamiento Lógico para la Estación Base Municipio de Cotacachi y parte de sus enlaces de distribución.

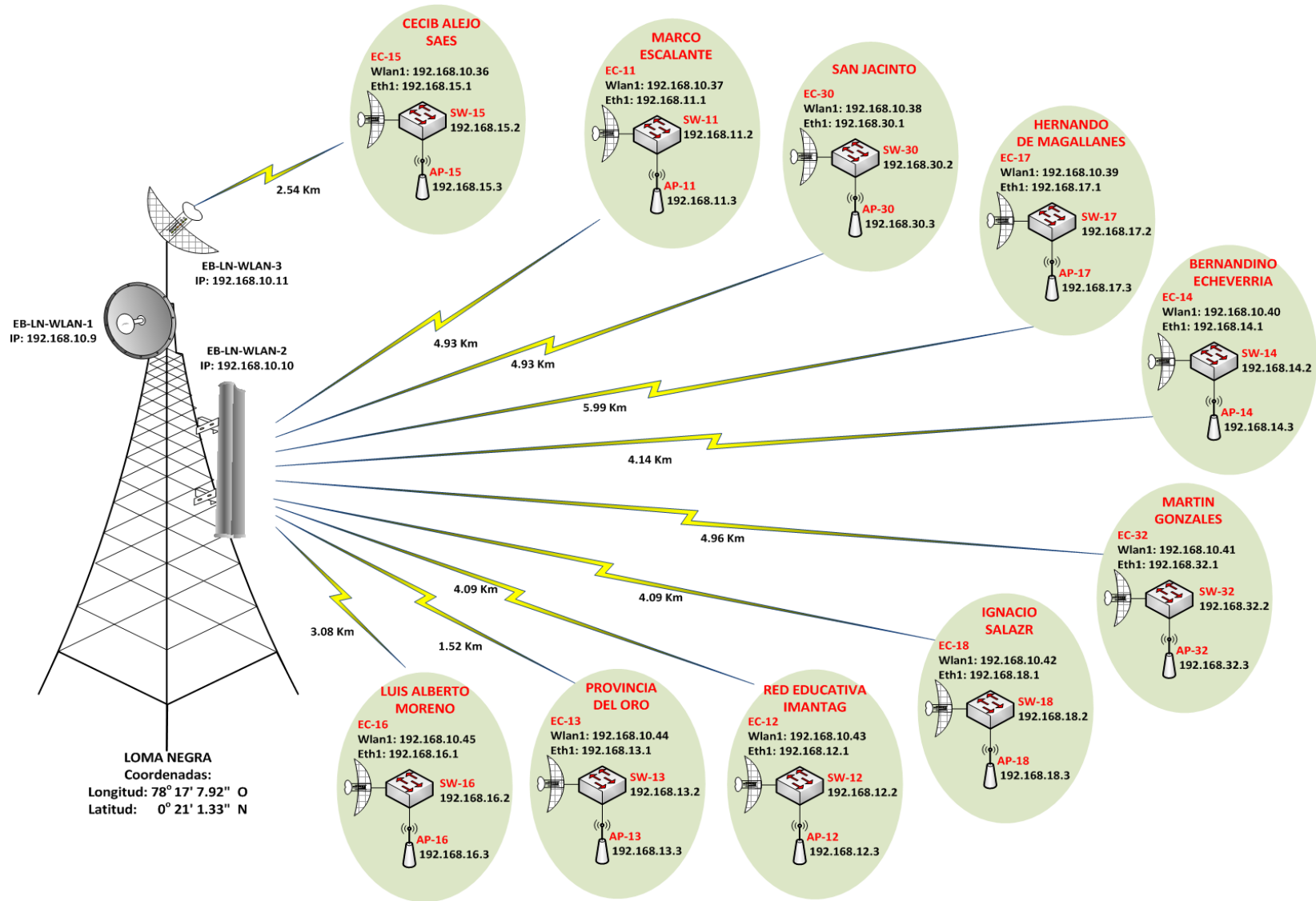
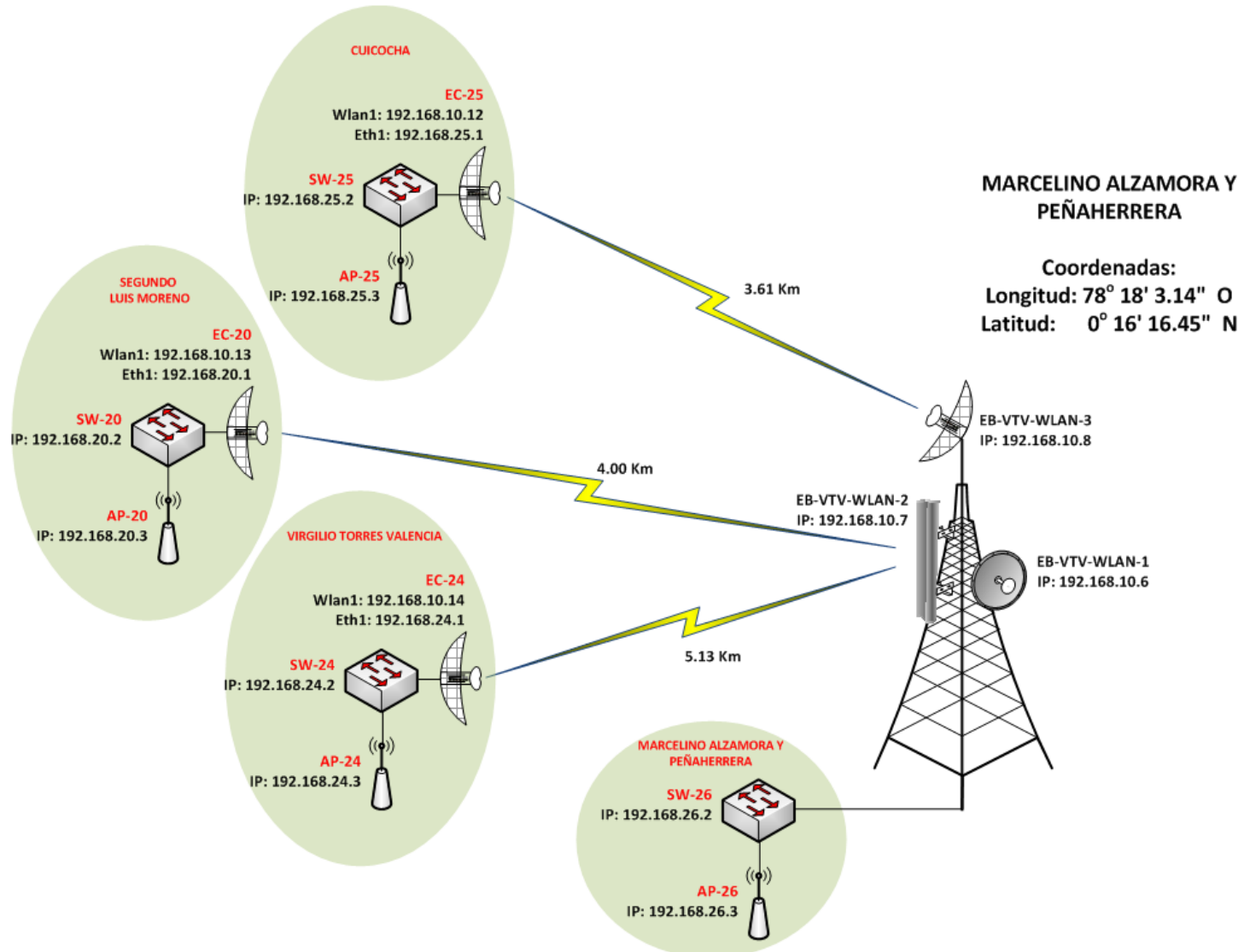


Figura 58: Direccionamiento Lógico para la Estación Base Loma Negra y sus enlaces de distribución.



**Figura 59:** Direccionamiento Lógico para la Estación Base Marcelino Alzamora y sus enlaces de distribución.

#### 4.5. POLÍTICAS DE CONTROL DE ACCESO A PAGINAS WEB IMPROCEDENTES

En la actualidad, las organizaciones educativas hacen uso de tecnologías de la información para su operación diaria. Sin embargo, para el uso adecuado de la infraestructura de red por parte de los usuarios es indispensable ofrecer una normativa en base a políticas de control de acceso a páginas web que surgen como una herramienta para ayudar en el proceso de concientización de los miembros de cada institución educativa sobre la importancia y sensibilidad del manejo de los contenidos de la información en internet.

##### **Política de filtrado WEB.**

El servicio de internet en el diseño está orientado al sector académico por lo tanto se debe filtrar contenido no adecuado para esta actividad como para la sociedad.

Para la aplicación de esta política es necesaria la identificación de los contenidos a ser bloqueados según la siguiente tabla:

**Tabla 59:** Reglas de Acceso a contenido del Servidor Proxy

CATEGORÍA	ACCIÓN	DETALLE
Pornografía y Lenguaje obsceno	Denegar	No apropiado
Crueldad y violencia	Denegar	No apropiado
Entretenimiento y Juego online	Denegar	No apropiado
Actividad ilegal	Denegar	No apropiado
Drogas y armas	Denegar	No apropiado
Publicidad en línea.	Denegar	No apropiado
Cualquier contenido	Permitir	Apropiado

Para la aplicación de las reglas ya descritas se debe aplicar el modelo de **políticas permisivas** en las cuales se permite todo a excepción de las negaciones impuestas por el servicio del servidor web proxy.



## Arquitectura

Para la implementación de esta seguridad el dispositivo debe trabajar entre la red interna (LAN) y el servicio de internet según la siguiente figura para que todas las solicitudes a internet sean analizadas y filtradas.

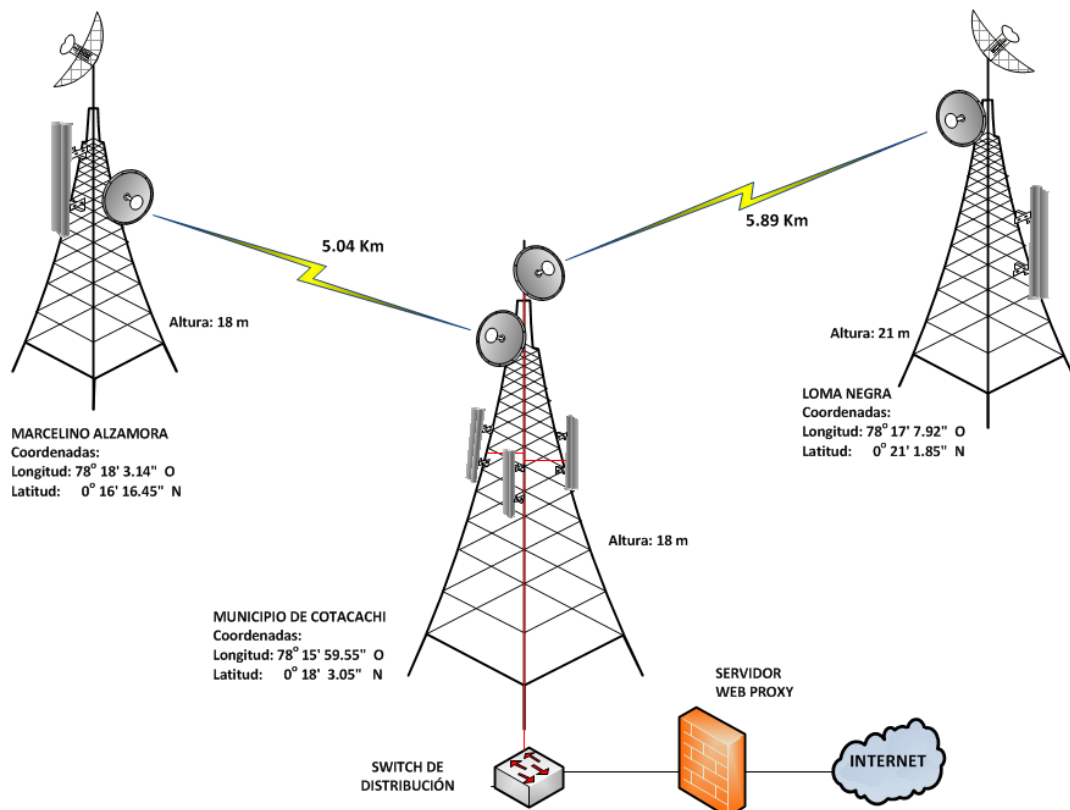


Figura 60: Arquitectura del Servidor Proxy

**Funciones principales que debe cumplir el servidor proxy para su buen funcionamiento.**

1. El filtrado web que brinde el dispositivo debe contar con repositorios predefinidos y que se actualicen constantemente en línea.

Ejemplos:

- <https://www.stopbadware.org/>
- <http://www.sophos.com/>
- <http://dansguardian.org/>

2. Debe contener herramientas que permita generar listas blancas y negras con la URL para personalizar el filtrado.
3. Debe filtrar sitios web que trabajen con protocolos tanto en HTTP como en HTTPS.
4. Debe permitir la gestión de la memoria cache para mantenimiento y solución de inconvenientes con el servidor.
5. Debe trabajar con la función de proxy transparente para evitar la configuración en cada uno de los usuarios su direccionamiento ip.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

#### 5.1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el presupuesto referencial en base al diseño final propuesto que consta de una lista detallada de los equipos que cumplen los requerimientos técnicos para la futura implementación del diseño; Es considerable definir el costo aproximado de inversión y operación que proporcione los elementos necesarios para sustentar la decisión mediante la comparación de los costos previstos y los beneficios esperados.

#### 5.2. ANÁLISIS DE COSTOS

Para realizar el análisis económico de los costos que representa la implementación y la operación de la red para cinco años de duración.

##### 5.2.1. ANÁLISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

En base al diseño propuesto se determinan los costos para la implementación con un costo estimado de los equipos y materiales que serán necesarios para el sistema.

##### 5.2.1.1. *COSTOS DE LA RED TRONCAL Y RED DE ACCESO*

Inicialmente se determinan los costos relativos a infraestructura física de acuerdo a la tabla se determinan los siguientes valores:

**Tabla 60:** Costos Referenciales de Infraestructura de la red

**Fuente:** Costos Referenciales de cotizaciones de empresas de telecomunicaciones ver anexo E.

INFRAESTRUCTURA			
CANTIDAD	ÍTEMS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Caseta 2.5 x 2.5 x 2 metros	4650.00 USD	4650.00 USD
2	Torre Arriestrada de 18 metros	1980.00 USD	3960.00 USD
1	Torre Arriestrada de 21 metros	2310.00 USD	2310.00 USD
35	Mástil de 6 metros (alojamiento de antenas cliente)	50.00 USD	1750.00 USD
		SUBTOTAL	<b>12670.00 USD</b>
		12% IVA	<b>1520.00 USD</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>14190.40 USD</b>

El costo total de los equipos que serán utilizados en la red de acceso y la red Troncal de acuerdo al diseño propuesto se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 61:** Costos Referenciales de Telecomunicaciones de la red

**Fuente:** Costos Referenciales de cotizaciones de empresas de telecomunicaciones ver anexo E.

<b>TELECOMUNICACIONES</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ÍTEMS</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
8	Antena Parabólica AirMax Dish RD-5G-30 /30 dBi /5,8GHz/ MIMO	190.00 USD	1520.00 USD
3	Antena Sectorial AirMax Sector 90° AM-5G20-90/20 dBi /5,8GHz/ MIMO	175.00 USD	525.00 USD
2	Antena Sectorial AirMax Sector 120° AM-5G19-120/19 dBi/ 5,8GHz/ MIMO	175.00 USD	350.00 USD
32	Antena Grilla Lanbowan ANT4958D28PG-DP/ 28 dBi/ 5,8GHz/ MIMO	55.00 USD	1760.00 USD
64	Cable Pigtail LMR 400 N-MACHO A N-MACHO 1.30MT L-COM	30.00 USD	1920.00 USD
16	Cable Pigtail RG58 N-MACHO A RP-SMA MACHO REVERSO / 60 Ctm. / RG58	25.00 USD	400.00 USD
4	Caja metálica outdoor para mikrotik 433; 6 conectores tipo N	63.00 USD	252.00 USD
34	Caja metálica outdoor para mikrotik 411AH; 2 conectores tipo N	63.00 USD	2142.00 USD
4	Mikrotik Router Board RB-433AH / 128MB / 680MHz/3Mini PCI + POE 24V 1 AMP	155.00 USD	620.00 USD
34	Mikrotik Router Board RB-411 / 32 MB/300MHz/1Mini PCI	112.00 USD	3808.00 USD
45	Tarjeta inalámbrica Mikrotik R52HN	70.00 USD	3150.00 USD
90	Pigtail MMCX - N hembra	25.00 USD	2250.00 USD
35	Switch Mikrotik RB2011iL-RM	118.00 USD	4130.00 USD
35	Access Point UBIQUITI UNIFI-UAP- 20DBM / MIMO / 802.11 b/g/n/ac 2.4ghz	79.00 USD	2765.00 USD
35	Rack de Pared 6UR + Bandejas 19" Beaucoup	44.00 USD	1540.00 USD
35	Bandeja Estándar 19" Negro 2UR	21.00 USD	735.00 USD
	<b>SUBTOTAL</b>		27867.00 USD
		<b>12 % IVA</b>	3344.04 USD
		<b>TOTAL</b>	<b>31211.04 USD</b>

El costo correspondiente a sistema de energía y protección eléctrica de los equipos contemplados en la propuesta se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 62:** Costo correspondiente al sistema de Energía y Protección eléctrica**Fuente:** Costos Referenciales de cotizaciones de empresas de telecomunicaciones ver anexo E.

<b>SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ÍTEMS</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
3	Sistema de Pararrayos	750.00 USD	2250.00 USD
3	Sistema de Puesta a Tierra tipo malla en Torre	250.00 USD	750.00 USD
34	Sistema de Puesta a Tierra para clientes	275.00 USD	9350.00 USD
34	UPS CPD	50.00 USD	1700.00 USD
3	UPS Liebert APS 5-20kVA	623.00 USD	1869.00 USD
		<b>SUBTOTAL</b>	15919.00 USD
		<b>IVA</b>	1910.28 USD
		<b>TOTAL</b>	<b>17829.28 USD</b>

Los costos considerados en el equipamiento tecnológico de las unidades educativas se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 63:** Costos correspondientes al Sistema Informático de los Centros Educativos**Fuente:** Costos referenciales generales del Proyecto de Interconectividad Cantonal para Servicios Municipales y Acceso a Internet en Unidades Educativas en el cantón Cotacachi.

<b>SISTEMA INFORMÁTICO</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ÍTEMS</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
175	Equipamiento Tecnológico de las Unidades Educativas	600.00 USD	105000.00 USD
		<b>SUBTOTAL</b>	105000.00 USD
		<b>IVA</b>	12600.68 USD
		<b>TOTAL</b>	<b>117600.00 USD</b>

### 5.2.2. ANÁLISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación son evaluados por el pago mensual del servicio de internet para cinco años de operación del servicio el requerimiento de ancho de banda es de 42 Mbps para realizar el despliegue de la red mediante la contratación de un enlace 1:1 a la empresa pública CNT encargada de proporcionar el servicio de internet a

municipios y entidades públicas. El costo del servicio se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 64:** Costos de operación de la red

**Fuente:** Costos Referenciales de cotizaciones de empresas de telecomunicaciones ver anexo E y Costos referenciales generales del Proyecto de Interconectividad Cantonal para Servicios Municipales y Acceso a Internet en Unidades Educativas en el cantón Cotacachi.

<b>SERVICIOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ÍTEMS</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
60 (meses)	Internet (GPON) 1:1 42 Mbps Simétrico	76.00 USD x Mbps	191520.00 USD
34	Implementación de Puntos de Acceso a Clientes	230.00 USD	10350.00 USD
4	Implementación de Nodos Principales	1500.00 USD	6000.00 USD
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>207870.00 USD</b>
		<b>12 % IVA</b>	<b>24944.40 USD</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>232814.40 USD</b>

### 5.2.3. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El Costo total de proyecto es la suma de los costos de telecomunicaciones, costos por infraestructura, costos de energía y protección eléctrica, los costos de equipamiento del sistema informático y los costos considerados para operación de la red como se muestra en la tabla:

**Tabla 65:** Costo Total del Proyecto

<b>TIPO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Costo de Infraestructura	14109.40 USD
Costo de Telecomunicaciones	31211.04 USD
Costos de Energía y Protección Eléctrica	17829.28 USD
Costos del Sistema Informático	117600.00 USD
Costos de Operación	232814.40 USD
Costos varios no contemplados	3000.00 USD
<b>TOTAL</b>	<b>416645.12 USD</b>

El presupuesto total de la propuesta es de 416645.12 USD (CUATROCIENTOS DIECISÉIS MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y CINCO DÓLARES CON DOCE CENTAVOS).

### **5.3. ANÁLISIS DE BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN**

La propuesta de red inalámbrica representa para el cantón Cotacachi mejoras en cientos de aspectos al permitir la garantía del acceso universal a las tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), el cumplir con un servicio para permitir el desarrollo económico, social, cultural, solidario e inclusivo de la comunidad.

Entre los beneficiarios directos constan un total de 9082 estudiantes y 482 docentes y alrededor de 18970 habitantes los beneficiarios indirectos de los servicios que prestará el proyecto en el área andina del cantón Cotacachi.

Permitir a los usuarios disponer de la movilidad dentro del radio de cobertura pre-establecido en el diseño, la conectividad al servicio de internet de banda ancha con el filtrado de páginas web de contenido inapropiado y el mantener múltiples aplicaciones y funcionalidades que representa el acceso a una red de internet para la colectividad en general.

Lograr la alfabetización tecnológica de manera paulatina especialmente enfocada para los sectores rurales del cantón. Además de utilizar el servicio de internet como una herramienta para complementar y modernizar las metodologías y formas de enseñanza en la educación, al integrar las tecnologías de la Información y Comunicación.

Obtener un desarrollo y progreso socioeconómico al crear centros de capacitación y de uso de las TIC's para la ciudadanía en general que permita obtener un incremento de la capacidad productiva de la misma.

Mejorar la gestión pública y acercar a la población a través de los trámites administrativos, informativos y consultas en línea.

## CONCLUSIONES

- El cantón Cotacachi es el cantón más extenso de la provincia de Imbabura está organizado territorialmente en parroquias y de manera especial en tres zonas geográficas reconocidas: El área Andina, El área Urbana y El área Subtropical de Intag. El área Andina y Urbana asignadas para la realización del proyecto comprenden de 4 parroquias: Imantag, San Francisco, El Sagrario y Quiroga.
- En la zona elegida para el proyecto se encuentra principalmente concentrada la población con un total de 28534 habitantes de acuerdo al último censo realizado el año 2010 por el INEC.
- En el periodo académico 2012-1013 el cantón de Cotacachi concentra un total de 120 instituciones de educación hispana y bilingüe en el área andina se tiene un total de 40 instituciones educativas; tres de ellas particulares y la unidad educativa del milenio que cuenta con un enlace de internet propio los 36 establecimientos educativos restantes son públicos y poseen un total de 7082 alumnos y 391 docentes fueron elegidos para ser beneficiarios del proyecto.
- El estudio de la Tecnología WILD Wi-Fi de larga distancia basada en el protocolo 802.11 es un conjunto de soluciones para transmisiones de voz y datos que alcanza distancias de entre 50 a 100 km con el uso de bandas no licenciadas ISM y UNII además utiliza técnicas en la capa física y capa de enlace de datos para establecer un balance específico en algunos parámetros que definen un enlace a larga distancia.
- Para conseguir un enlace de larga distancias se debe asegurar que la señal inalámbrica es lo suficientemente fuerte para permitir la comunicación, la



viabilidad del enlace depende de la potencia de transmisión, la ganancia dada por las antenas y las pérdidas presentadas a través de la ruta de acceso inalámbrico.

- Para obtener una clara línea de vista lo ideal es mantener una primera zona de fresnel despejada en un radio de curvatura de un 60 % un nivel mayor al valor que representa la sensibilidad del receptor y un margen de sensibilidad mayor a los 10 dB; La sensibilidad de recepción, la potencia y velocidad de transmisión dependen de la versión del estándar 802.11 y la frecuencia al cual se trabaje.
- La adaptación de ACK Timeout, CTS Timeout y el SlotTime y el mejoramiento de las capacidades del enlace a largas distancias dependen del equipo que se esté utilizando y de la versión del estándar 802.11 al cual trabajen en especial equipos que con sistemas Wi-Fi basados en los juegos de circuitos Atheros Semiconductors permiten obtener un comportamiento adecuado del enlace.
- El estado ecuatoriano y el desenvolvimiento de las actividades en el sector de la telecomunicaciones se encuentran regido por Organismos responsables de controlar, supervisar el cumplimiento de normas y reglamentos, en el despliegue de redes inalámbricas se analizan los aspectos jurídicos enmarcados en la Constitución de la República del Ecuador, El plan nacional del Buen Vivir 2013-2017, El Código de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COTAD), La Ley Especial de Telecomunicaciones, El Reglamento de Radiocomunicación, El Plan Nacional de Frecuencias, Norma de Modulación Digital de Banda Ancha que principalmente define los parámetros permitidos en potencia de transmisión, ganancia de antenas,

bandas de frecuencia permitidas y formularios necesarios para implementar el proyecto en sistemas de modulación de banda ancha.

- La ubicación correcta de las coordenadas georeferenciales de instalaciones finales en la cartografía presenta una perspectiva global de la red y permite la definición de puntos estratégicos de repetición para obtener una cobertura total hacia los puntos finales.
- La solución tecnológica adoptada para la Red Wi-Fi para largas distancias está basada en el estándar 802.11n-2009 una versión del estándar creada específicamente para extender el alcance para redes de área metropolitana con el uso de la banda de frecuencia de 5,8 GHz debido a la baja congestión de canales que representa y menores interferencias presentes de equipos cercanos; Garantiza una velocidad de transferencia de 300 a 600 Mbps teóricos y permite el uso de la técnica de modulación MIMO para mejorar la velocidad de transmisión y reducir la tasa de bits errados.
- En el diseño se definen tres puntos de repetición ubicados en el municipio de Cotacachi, la loma negra y en la escuela Marcelino Alzamora para distribuir a 34 unidades educativas con una capacidad máxima requerida total de 21 Mbps del cálculo de ancho de banda para el caso de estudio real, los equipos que cumplen los requerimientos técnicos del proyecto fueron de la marca Mikrotik RB433 para las estaciones base y RB411 para las estaciones cliente cada una con un radio R52Hn que opera en el estándar 802.11n.
- Para el Router que hace las funciones de repetidos para el acceso Troncal se estableció que al menos cuente con tres ranuras de conexión a interfaces inalámbricas, un procesador lo suficientemente robusto para ejecutar

simultáneamente los servicios que requiere la red y la resistencia a condiciones atmosféricas intensas de temperatura y humedad.

- Se seleccionan antenas directivas que operen en la banda de frecuencia de los 5 GHz con una ganancia de 30 dBi, con entradas MIMO para enlaces de backhaul punto a punto.
- Se seleccionan antenas sectoriales de 120 y 90 grados que operen en la banda de frecuencia de los 5 GHz con una ganancia de 20 dBi, con entradas MIMO generalmente utilizadas para los enlaces de distribución en la estación base para sistemas punto a Multipunto.
- Se seleccionan antenas tipo grilla que operen en la banda de frecuencia de los 5 GHz con una ganancia de 28 dBi, con entradas MIMO generalmente utilizadas para los enlaces hacia la estación final sistemas punto a punto de menor escala para los clientes.
- Para obtener los requerimientos de cobertura especificados se utilizó la herramienta de simulación Radio Mobile para verificar los niveles de señal con los que se prevé dotar a cada área.
- Para verificar la viabilidad del enlace se observan los resultados presentados por el software de simulación de cada perfil topográfico y el cumplimiento de ciertos requisitos específicos como la existencia de línea de vista al obtener un despeje del 60 % del radio de la primera zona de fresnel un valor mayor o igual a  $0.6 F1$ , el nivel de señal de sensibilidad de recepción de entre -74 a 67 dBm o mayores a este valor, la altura mínima recomendada para ubicación de los equipos y las especificaciones técnicas de los equipos.

- Para el análisis de costo beneficio se determinan los costos de inversión y costos de operación para la red inalámbrica en un periodo de duración de cinco años.
- La inversión que representa el proyecto es relativamente baja comparada con los beneficios que representa el proyecto actualmente planteado para los 9082 estudiantes y 482 docentes beneficiarios directos y alrededor de 18970 habitantes beneficiarios indirectos de los servicios que prestará en el área andina del cantón Cotacachi.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable tener un permanente sondeo de los datos que pueden variar con el pasar del tiempo como son el incremento considerable de computadores y usuarios que accedan a la red inalámbrica este suceso interviene directamente en el correcto funcionamiento de la red y afecta al dimensionamiento de la capacidad máxima del ancho de banda del sistema.
- La tecnología Wi-Fi de larga distancia opera mediante el uso de técnicas que mejoran el comportamiento de los sistemas en los equipos es recomendable verificar que el equipo cumpla con el fundamento básico que es el de utilizar los parámetros de capa física y enlace de datos para el mejoramiento del enlace.
- Al momento de realizar un proyecto de telecomunicaciones un punto muy importante que debe ser tomado en cuenta es el estudio y el cumplimiento de las regulaciones vigentes en el país para la operación y explotación de los diferentes servicios de redes.
- Para el cumplimiento de las leyes y normas que rigen nuestro país es indispensable que los nodos de interconexión estén debidamente legalizados de acuerdo con la normativa expuesta en el capítulo de reglamentación.
- Es importante considerar en el diseño la instalación de un sistema de energía alterno y protección eléctrica además un sistema de pararrayos y puestas a tierra para prevención de descargas atmosféricas y daños en los equipos.
- Al momento de establecer los emplazamientos destinados a Repetidores es recomendable que estos lugares cuenten con una altura que garantice la línea

de vista hacia los puntos finales y cuenten con la infraestructura necesaria como torres, energía eléctrica, casetas, seguridad y vías de acceso.

- Se recomienda mantener un uso adecuado de la red siguiendo las políticas de seguridad necesarias y un monitoreo constante en el centro de procesamiento de datos.
- El mantenimiento preventivo de la red mejora la vida útil de los equipos y de la red en general es esencial.
- El factor financiero es un gran limitante para la elaboración de este tipo de proyectos por tal motivo es necesario la participación de organizaciones de la sociedad civil y aumentar la participación del sector privado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albentia System. (Septiembre de 2013). *Tecnología MIMO*. Obtenido de <http://www.albentia.com/Docs/WP/Whitepaper%20MIMO.pdf>
- Archundia, G., Pin, C., & Solorzano, J. (2010). *Análisis e Implementación de una Red Wirelless de Datos y de Servicio de Vigilancia para la Facultad de Ciencia Informáticas de la Universidad Técnica de Manabí*. Manabí.
- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución del Ecuador 2008*. Montecristi: Asamblea Constituyente. Obtenido de [http://www.asambleanacional.gob.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gob.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf)
- Broadcom, C. (2012). IEEE 802.11ac—Wi-Fi for the Mobile and Video Generation. *5G Wi-Fi*, 3.
- Burbank, J. L. (2013). *Wireless Networking Understanding Internetworking Challenges* (1 ed.). New Jersey: IEEE Press.
- Cambium, N. (2014). *Cambium Networks*. Obtenido de Cambium Networks: <http://www.cambiumnetworks.com>
- Cisco System, I. (2006). *Fundamentos de redes inalámbricas*. Madrid.: Pearson Educacion.
- CONATEL. (21 de Octubre de 2010). *Norma para la Implementacion y Operacion de Sistemas de Modulacion Digital de banda ancha*. Obtenido de [http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560\\_tel\\_18\\_conatel.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560_tel_18_conatel.pdf)
- CONATEL. (24 de Noviembre de 2011). *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Obtenido de [http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/reglamento\\_radiocomunicaciones2.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/reglamento_radiocomunicaciones2.pdf)
- Congreso Nacional. (13 de Octubre de 2011). *Ley Especial de Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/04/LEY-ESPECIAL-DE-TELECOMUNICACIONES.pdf>
- Consejo Nacional de Telecomunicaciones. (2014). *CONATEL*. Obtenido de <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/conatel/>
- Departamento de Tecnologías Informáticas GAD Cotacachi. (2013). *Proyecto de Interconectividad Cantonal para Servicios Municipales y Acceso a Internet en Unidades Educativas y Entidades Estatales del Cantón Cotacachi en la Provincia de Imbabura*. Cotacachi: GAD Santa Ana de Cotacachi.

- Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico. (4 de Julio de 2012). *Plan Nacional de Frecuencias Ecuador 2012*. Obtenido de [http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan\\_nacional\\_frecuencias\\_2012.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf)
- Dueñas , S., & Ordóñez , D. (2010). *Estudio Comparativo de Tecnologías de Ultima Milla para determinar soluciones de Conectividad en el Sector Rural de la Provincia de Imbabura*. Quito: EPN.
- Fernández Nieto, E. (15 de Junio de 2010). *Proyecto Técnico de despliegue de Red Inalámbrica en el municipio San Rafael del Río*. Recuperado el 06 de Junio de 2014, de [http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01\\_Memoria\\_Red\\_Wireless\\_SRR\\_v2.pdf](http://www.sanrafaeldelrio.es/files/01_Memoria_Red_Wireless_SRR_v2.pdf)
- Ferrero, F., & De la Cuesta, G. (2007). *Libro Blanco de Buenas Prácticas para el Despliegue de Redes Inalámbricas de banda Ancha en Municipios de Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Innovación Ciencia y Empresa.
- Francisco Milagro, A. L. (Junio de 2009). *Redes Inalambricas de Acceso*. Obtenido de Redes Inalambricas de Acceso: <http://www.albertolsa.com/wp-content/uploads/2009/07/ria-comparativa-de-ieee-80211-e-ieee80216-francisco-y-alberto.pdf>
- GAD Cotacachi. (Marzo de 2011). *Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Cotacachi (PDOT)*. Cotacachi.
- Garrido Ojeda, A. M., & Santos Cevallos, D. L. (2011). *Diseño de una Red Inalámbrica para dar acceso a Internet a 46 Establecimientos educativos del cantón Pimampiro en la Provincia de Imbabura*. Quito: EPN. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3908/1/CD-3444.pdf>
- Geier, J. (2010). *Designing and Deploying 802.11n Wireless Network* (1 ed.). Indianapolis: Cisco Press.
- Gerson Araujo, L. C. (2011). *Redes Inalambricas para Redes Rurales* (2 ed.). Lima: GTR-PUCP.
- Hermosa, O. (2011). *Diseño e implementación de una red inalámbrica IEEE 802.11n. Línea de base enfocada a un sistema de videoconferencia para realizar teleconsultas entre centros de salud de comunidades aisladas de la Amazonía peruana*. Lima: UPC-BCN.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). *Cartografía 2010*. Obtenido de [http://inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&id=84&Itemid=65](http://inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=84&Itemid=65)
- International Telecommunication Union- ITU. (2014). *Manual para la medición del uso y el acceso a las TIC para los hogares y las personas*. Ginebra Suiza: UIT 2014. Obtenido de [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-ITCMEAS-2014-PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-ITCMEAS-2014-PDF-S.pdf)



- International Telecommunication Union-ITU. (2011). *Broadband: A platform for progress*. Nueva York: ITU/UNESCO. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002198/219825e.pdf>
- Lanbowan. (Junio de 2014). *Lanbowan Antena*. Obtenido de <http://www.lanbowan.com/ANT4958D28PG-DP.htm>
- Luis Camacho, R. Q. (2009). *WiFi Based Long Distance*. GTR-PUCP.
- Meden , J. (31 de Enero de 2014). *IEEE 802.11ac*. Obtenido de IEEE 802.11ac: <http://www.jeuazarru.com/docs/80211ac.pdf>
- MELC. (enero de 2014). *Radio Optimization and Link Budget Calculation*. Obtenido de <http://melc.mitra-edukasi.com/radio-optimization-and-link-budget-calculation>
- Michilena, M. (2014). *Análisis del deficit de la oferta educativa de instituciones educativas que comprenden el nivel de educación básica en la zona central de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas y estrategias para mejorarla*. Quito: EPN. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7188/1/CD-5372.pdf>
- Mifsud, E., & Lerma-Blasco, R. (2013). *Servicios en Red*. Madrid: McGraw Hill.
- Mikrotik. (Junio de 2014). *RouterBOARD 433AH*. Obtenido de <http://routerboard.com/RB433AH>
- Mikrotik. (Junio de 2014). *RouterBOARD R52Hn*. Obtenido de <http://routerboard.com/R52Hn>
- Mikrotik. (Junio de 2014). *RouterBOARD411*. Obtenido de <http://routerboard.com/RB411>
- Mini Service Online. (Enero de 2010). *Pigtails*. Obtenido de <http://www.miniserviceonline.com/productos/Cables.htm#>
- Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados. (Febrero de 2011). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD. Quito, Ecuador. Obtenido de [http://www.ame.gob.ec/ame/pdf/cootad\\_2012.pdf](http://www.ame.gob.ec/ame/pdf/cootad_2012.pdf)
- Ministerio de Educación. (2012-2013). *Geoportal* . Obtenido de <http://geoportal.educacion.gob.ec/visor/index.html>
- Ministerio de Educación. (2013). *Reportes de Registros Educativos*. Obtenido de <http://reportes.educacion.gob.ec:8085/reportesPlantilla.aspx?rep=7>
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Informacion . (2014). *MINTEL*. Obtenido de MINTEL: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/>

- Navas, M. (2011). *Espectro abierto para el desarrollo Estudio de caso: Ecuador*. Asociación para el Progreso de las Comunicaciones APC.
- Nedeveschi, S. (2009). *Maximizing Performance in Long Distance Wireless Networks for Developing Regions*. California: University of California at Berkeley.
- Network, U. (2014). *Ubiquiti Network*. Obtenido de Ubiquiti Network: <http://www.ubnt.com/>
- Ohrtman, F. (2005). *WIMAX Handbook Building 802.16 Wireless Network*. USA: McGraw-Hill.
- Oliviero A., W. B. (2014). *Cabling The Complete Guide to Copper and Fiber-Optic Networking* (5 ed.). Indianapolis, Indiana.: Wiley & Sons, Inc.
- Ortega, W. (2010). *Establecimiento de parámetros de Calidad de Servicio para comunicaciones de voz en el Servicio Movil Avanzado (SMA), en la Republica del Ecuador*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/211/1/T-ESPE-027397.pdf>
- Park, C. (2009). *Fundamentos de Ingeniería Económica*. Mexico: Pearson Educación.
- Proxim, W. (2014). *Proxim Wireless*. Obtenido de Proxim Wireless: <http://www.proxim.com/>
- Quinapallo, P. (Agosto de 2006). *Diseño de una Red Inalambrica para interconectarla Matriz de la cadena Pharmasy`s con sus diferentes sucursales ubicadas en la ciudad de Quito*. Obtenido de <http://www.bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/215/1/CD-0212.pdf>
- *Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones*. (13 de Octubre de 2011). Obtenido de <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/04/REGLAMENTO-GENERAL-A-LA-LEY-ESPECIAL-DE-TELECOMUNICACIONES.pdf>
- Rendón, Á., Ludeña, P., & Martínez, A. (2011). *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para zonas rurales Aplicación a la atención de salud en países en Desarrollo* (1 ed.). Madrid: CYTED.
- Rojas, P. (2010). *Derecho de las telecomunicaciones en el Ecuador*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2643/1/tm4323.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo / Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito: Senplades.
- Secretaría Nacional de Telecomunicaciones. (2014). *SENATEL*. Obtenido de SENATEL: [http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/secretaria\\_nacional\\_telecomunicaciones/](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/secretaria_nacional_telecomunicaciones/)

- Simo, J. (2007). *Modelado y optimización de IEEE 802.11 para su aplicación en el despliegue de redes extensas en zonas rurales aisladas de países en desarrollo*. Madrid: ETSIT-UPM.
- Sistema Nacional de Información-SENPLADES. (2011). *Información Geográfica*. Obtenido de Zona 1/ Imbabura:  
[http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/multimedia/seguimiento/portal/reportes/mapas\\_cantones/zona1/imbabura/cotacachi/UBICACION\\_COTACACHI.jpg](http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/multimedia/seguimiento/portal/reportes/mapas_cantones/zona1/imbabura/cotacachi/UBICACION_COTACACHI.jpg)
- Soyinka, W. (2010). *Wireless Network Administration A Beginner's Guide*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Superintendencia de Telecomunicaciones. (2014). *Superintendencia de Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.supertel.gob.ec/>
- Superintendencia de Telecomunicaciones Ecuador. (2012). Operación: Velocidad de Transmisión. *El ABC de la Banda Ancha*, 10. Obtenido de [http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/super17\\_final2.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/super17_final2.pdf)
- Telecomunicaciones, D. Material de Derecho Aplicado a las Telecomunicaciones. *Marco Regulatorio para el Sector de las Telecomunicaciones en el Ecuador*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Tranzeo. (2010). *Tranzeo Wireless Technologies Inc*. Obtenido de [http://www.tranzeo.com/allowed/Tranzeo\\_Link\\_Budget\\_Whitepaper.pdf](http://www.tranzeo.com/allowed/Tranzeo_Link_Budget_Whitepaper.pdf)
- Ubiquiti Networks. (Junio de 2014). *Antenas Sectoriales AirMAX*. Obtenido de [http://dl.ubnt.com/datasheets/airmaxsector/airMAX\\_Sector\\_Antennas\\_DS.pdf](http://dl.ubnt.com/datasheets/airmaxsector/airMAX_Sector_Antennas_DS.pdf)
- Ubiquiti Networks. (Junio de 2014). *Rocket Dish*. Obtenido de [http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd\\_ds\\_web.pdf](http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd_ds_web.pdf)
- WNDW. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo* (4 ed.). Copenhagen: WNDW. Obtenido de <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>