

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

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

#### TEMA:

**DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA BASADO EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.11ac ENTRE EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DE URCUQUÍ Y LAS ENTIDADES PÚBLICAS DEL CANTÓN URCUQUÍ PARA BRINDAR ACCESO A INTERNET.**

**AUTOR:** PINTO CARRILLO CRISTIAN JAVIER

**DIRECTOR:** ING. JOSÉ ROBERTO MARCILLO DEL CASTILLO, MSc

**Ibarra – Ecuador**

**2019**





## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento al Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1003084983
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Pinto Carrillo Cristian Javier
<b>DIRECCIÓN</b>	Ibarra, Parroquia La Esperanza, Barrio Sta. Marianita, Carrera Galo Plaza Lasso
<b>E-MAIL</b>	cjpintoc@utn.edu.ec
<b>TELÉFONO FIJO</b>	2660176
<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0981349202

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO</b>	DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA BASADO EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.11ac ENTRE EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DE URCUQUÍ Y LAS ENTIDADES PÚBLICAS DEL CANTÓN URCUQUÍ PARA BRINDAR ACCESO A INTERNET
<b>AUTOR</b>	Pinto Carrillo Cristian Javier
<b>FECHA</b>	28 de febrero de 2019
<b>PROGRAMA</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE SE ASPIRA</b>	Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación
<b>DIRECTOR</b>	Ing. José Roberto Marcillo del Castillo MSc.

## 2. CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 28 días del mes de febrero del 2019

**EL AUTOR:**



Cristian Javier Pinto Carrillo  
C.C.: 1003084983

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CERTIFICACIÓN**

MAGISTER ROBERTO MARCILLO, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente Trabajo de Titulación "DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA BASADO EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.11AC ENTRE EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DE URCUQUÍ Y LAS ENTIDADES PÚBLICAS DEL CANTÓN URCUQUÍ PARA BRINDAR ACCESO A INTERNET", ha sido desarrollado por el señor Cristian Javier Pinto Carrillo bajo mi supervisión.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



Ing. José Roberto Marcillo del Castillo, MSc.

DIRECTOR

## DEDICATORIA

*A Dios, siempre estar a mi lado y cuidarme.*

*A mi madre, por ser para mí una fuente de apoyo y amor  
incondicional.*

*A mi familia, por su apoyo y amistad incondicional.*

*A la memoria de mi padre, por sus consejos y ser  
ejemplo de responsabilidad y trabajo.*

*A la memoria de mi hermano Orlando.*

*Cristian Pinto C.*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por renovarme y mostrarme un mundo más ilusionante.*

*A mi Madre, por su amor y apoyo.*

*A mi familia, por su apoyo y confianza en mí.*

*A la Universidad Técnica del Norte, por haberme acogido entre uno de los suyos y haberme formado con excelencia en una de sus carreras profesionales.*

*Al Ing. Roberto Marcillo, director del presente trabajo de grado, por su acertada dirección, apoyo, comprensión y amistad en la realización de este proyecto.*

*Al Departamento de Informática dirigido por el Ing. Mario Farinango, que me abrió las puertas para desarrollar mi proyecto de investigación de trabajo de grado; Al Tnlg. Fabián Guerrero, por toda su colaboración y apoyo en la contribución del proyecto.*

*A Silvita Molina por su comprensión y apoyo en el Proyecto.*

*A mis amigos(a) y compañeros(a), por todas aquellas experiencias vividas que nos alimentan para hacer de esta vida más plena. A todos mis maestros(a) durante la carrera y a todas aquellas personas que tanto directa e indirectamente han contribuido para que este proyecto haya realizado con éxito.*

*Cristian Pinto C.*

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de una red inalámbrica a beneficio del Cantón Urcuquí en la provincia de Imbabura la misma que se desarrolló bajo la tecnología Wi-Fi basado en el estándar IEEE 802.11ac, esto con el objetivo de contribuir con el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “Toda una Vida”, ya que el mismo se desarrolla dentro de un sector estratégico para el desarrollo del país, como es el sector de las telecomunicaciones.

La propuesta nace como una necesidad de crear proyectos que contribuyan al desarrollo y calidad de vida de la población de Urcuquí, para lo cual el proyecto se enfoca a reducir la brecha digital y potenciar el acceso a la información y servicios en línea. Esto a raíz de que en el cantón San Miguel de Urcuquí de acuerdo al Sistema Nacional de Información (SNI), que es coordinado por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), dentro de sus indicadores sociales presenta que “la pobreza en el cantón Urcuquí por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) es de 5.3% en relación a la provincia de Imbabura” y con un índice de “analfabetismo del 24.7% en el cantón”.

Para el desarrollo de este proyecto se realiza el estudio del entorno geográfico, social y tecnológico del cantón Urcuquí para conocer su clima, su relieve, su organización territorial, límites geográficos, población del cantón, la situación actual de la educación, la situación actual de la cobertura de los servicios de telecomunicaciones. Además, se realiza un estudio de la infraestructura tecnológica del GAD Municipal de Urcuquí y de la situación actual de los sitios e instituciones beneficiarias del Proyecto.

Para la propuesta de Red Inalámbrica se proyecta en base a una Arquitectura de Red que está compuesta de tres elementos: Nodo de Gestión, Red Troncal y Red de Acceso. El Nodo de Gestión se ubica en el GADMU, La Red Troncal se dispone de tres nodos

ubicados en las partes más altas de la Parroquia de Urcuquí y el Cerro de Pablo Arenas respectivamente; y la Red de Acceso se despliega a 36 estaciones clientes.

Para establecer el presupuesto del proyecto con la finalidad de validar el mismo para una posterior implementación se establecieron: Costos de Equipos de Red Troncal y Acceso, Costos de Sistema Informático, Costos de Operación de Red, Costos de Infraestructura y Costos Protección Eléctrica. Y para determinar un beneficio de la cobertura de red se toma de acuerdo a los indicadores del INEC que el 36% de la población accede al servicio de internet con la finalidad que el proyecto sea viable.

## ABSTRACT

The present project consists of the design of a wireless network for the benefit of the Urcuquí Canton in the province of Imbabura in the same network that is used in the Wi-Fi technology based on the IEEE 802.11ac standard, this with the objective of contributing to the National Development Plan 2017-2021 "A lifetime", since it is a strategic sector for the development of the country, as is the telecommunications sector. The project was born as a need to create projects that contribute to the development and quality of life of the population of Urcuquí, as a result of the fact that in the San Miguel de Urcuquí canton according to the National Information System (SNI), which is coordinated by The National Secretariat for Planning and Development (SENPLADES), within its social indicators, states that "poverty in the San Miguel de Urcuquí canton for Unsatisfied Basic Needs (NBI) is 5.3% with respect to the province of Imbabura" and with a The rate of "illiteracy of women in the canton of Urcuquí is 16.2% and in men it is 8.5%."(PDOT, 2018)

For the development of this project, the study of the geographical, social and technological environment of the Urcuquí canton was carried out in order to know its climate, its relief, its territorial organization, geographic limits, population of the canton, the current situation of education, the current situation of the coverage of telecommunications services. In addition, a study was made of the Municipal GAD of Urcuquí to know the technological infrastructure of the GAD of Urcuquí, the state in which the data network of the GAD is located and the current situation of the wireless network. The study of the current situation of the sites and institutions benefiting from the Project was carried out, for which the coverage of the different telecommunications services is indicated, such as the internet service, fixed telephony coverage, mobile

telephony coverage, whether the internet is shown Current meets the demand of the population.

For the Wireless Network proposal, it is projected based on a Network Architecture that is composed of three elements: the Data Processing Center, a Trunk Network and an Access Network. For the project, the Municipal GAD of Urcuquí is determined as a Data Processing Center. The Core Network was made up of three Nodes located in the GAD Urcuquí, the Loma de San Eloy in the Parish of Urcuquí and the Cerro de Pablo Arenas in the Parish of Pablo Arenas. For the Access Network, 36 client stations were determined between sites and public entities.

For the budget that the wireless network design will have, it was developed based on Core Network and Access Equipment Costs, Computer Equipment Costs, Infrastructure Costs, Energy System Costs and Electric Protection. An Investment Cost was determined that is used to analyze the Cost Benefit that the proposal will have. As benefits of the deployment of the network it brings us closer to the information that is the basis of knowledge, this through Information and Communication Technologies. Consequently, access to telecommunications services directly and positively affects the inhabitants, and therefore the productive part of the canton and the country.

## ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	
TÉCNICA DEL NORTE.....	i
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	i
CONSTANCIA .....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	viii
ÍNDICE GENERAL .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xxiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xxiv
1	CAPITULO I ANTECEDENTES..... 1
1.1	Introducción .....
1.2	Problema .....
1.3	Objetivos del Proyecto..... 2
1.3.1	Objetivo General..... 2
1.3.2	Objetivos Específicos .....
1.4	Justificación del Proyecto .....
1.5	Alcance del Proyecto .....
2	CAPÍTULO II INTRODUCCIÓN Y ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA WiLD BASADO EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.11ac..... 7
2.1	Generalidades..... 7
2.2	Introducción a las Comunicaciones .....
2.3	Sistemas de Comunicaciones..... 8
2.4	Introducción a las Redes Inalámbricas .....
2.5	Definición de Red Inalámbrica .....
2.5.1	Fundamentos de Radio Frecuencia (RF) .....
2.5.2	Radio Frecuencia .....
2.5.2.1	Ganancia..... 10
2.5.2.2	Perdida..... 10
2.5.2.3	Reflexión..... 10
2.5.2.4	Refracción .....
2.5.2.5	Difracción..... 11
2.5.2.6	Dispersión..... 11

2.5.3	Principios de Antenas .....	11
2.5.3.1	Línea de Vista (LOS) .....	11
2.5.3.2	Zona de Fresnel .....	12
2.5.3.3	Ganancia de la Antena.....	12
2.5.3.4	Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE).....	12
2.5.4	Clasificación de las Antenas Según su Patrón de Radiación.....	12
2.5.4.1	Direccionales.....	12
2.5.4.2	Sectoriales .....	13
2.5.4.3	Omnidireccionales.....	13
2.5.5	Unidades de Medida en Radio Frecuencia .....	14
2.5.6	Presupuesto de un Radio Enlace.....	15
2.6	Espectro Electromagnético .....	17
2.7	Bandas del Espectro Electromagnético.....	17
2.8	Espectro de Radiofrecuencia (RF) .....	17
2.9	Espectros Sin Licencias .....	18
2.10	Plan Nacional de Frecuencias (PNF) del Ecuador .....	19
2.11	Organizaciones y Asociaciones Inalámbricas.....	19
2.11.1	Unión Internacional De Telecomunicaciones.....	20
2.11.1.1	Sector De Radiocomunicaciones.....	20
2.11.2	Comisión Federal De Comunicaciones .....	21
2.11.3	Instituto de Ingenieros Eléctricos Y Electrónicos .....	21
2.11.4	Wi-Fi Alliance .....	22
2.11.5	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones .....	22
2.11.6	Competencia de Tecnologías.....	22
2.11.6.1	Asociación de Datos Infrarrojos.....	22
2.12	Clasificación de las Redes Inalámbricas por El Alcance.....	22
2.13	Estándares IEEE 802 .....	23
2.13.1	Wi-Fi para Larga Distancia .....	24
2.13.2	Historia de Wi-Fi y Estándares IEEE 802.11 .....	25
2.13.2.1	IEEE 802.11a y IEEE 802.11b.....	26
2.13.2.2	IEEE 802.11g .....	26
2.13.2.3	IEEE 802.11n .....	26
2.13.2.4	IEEE 802.11ac.....	27
2.13.2.5	Wi-Fi Alliance.....	28
2.13.3	Evolución de la Norma IEEE 802.11 .....	28
2.13.4	Estándares de Optimización 802.11 .....	29
2.13.5	Características Técnicas de la Tecnología Wi-Fi .....	30
2.14	Generalidades Capas IEEE 802.11 .....	30

2.14.1	Capa Física .....	30
2.14.1.1	Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS) .....	31
2.14.1.2	Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia (FHSS).....	31
2.14.1.3	Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM) .....	31
2.14.1.4	Modulación.....	32
2.14.1.5	Múltiple entrada múltiple salida (MIMO).....	32
2.14.1.6	Subcapa PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) .....	32
2.14.1.7	Subcapa PMD (Physical Medium Dependent).....	32
2.14.2	Capa Enlace – Protocolo MAC 802.11 .....	33
2.14.2.1	Nodos ocultos.....	33
2.14.2.2	Nodos expuestos.....	33
2.14.2.3	Características Arquitectura MAC IEEE 802.11.....	33
2.14.3	Protocolo CSMA/CA IEEE 802.11 .....	34
2.14.3.1	Detección de Portadora .....	34
2.14.3.2	Detección de portadora física (Physical carrier sense).....	35
2.14.3.3	Detección de portadora virtual (Virtual Carrier Sense).....	35
2.14.3.4	Espacio entre Tramas (Interframe Spacing).....	36
2.14.3.5	Espacio entre tramas corto (SIFS).....	36
2.14.3.6	Espacio entre tramas punto (PIFS).....	36
2.14.3.7	Espacio entre tramas distribuido (DIFS) .....	37
2.14.3.8	Espacio entre tramas extendido (EIFS) .....	37
2.14.3.9	Ventana de Contención .....	37
2.14.3.10	Tiempos de Backoff Aleatorios.....	37
2.14.4	Tipos y Formatos de Tramas .....	38
2.14.5	Formato de trama IEEE 802.11 .....	38
2.14.6	Tipos de tramas.....	39
2.14.6.1	Tramas de Gestión.....	39
2.14.6.2	Tramas de Control.....	40
2.14.6.3	Tramas de Datos.....	40
2.14.6.4	Trama de gestión Beacon .....	40
2.15	Arquitectura de Red 802.11 .....	40
2.15.1	Localización de una red inalámbrica .....	41
2.15.2	Identificador de un Conjunto de Servicio (SSID) .....	41
2.15.3	Beacons.....	41
2.15.4	Escaneo Pasivo .....	41
2.15.5	Escaneo Activo .....	42
2.15.6	Autenticación y Asociación.....	42
2.15.6.1	Autenticación .....	42
2.15.6.2	Asociación.....	42

2.15.7	Conjunto de Servicios 802.11 .....	42
2.15.7.1	Access Point (AP) .....	43
2.15.7.2	Conjunto de servicios básicos (BSS).....	43
2.15.7.3	Sistema de distribución (DS).....	43
2.15.7.4	Conjunto de Servicio Extendido (ESS).....	43
2.15.7.5	Conjunto de Servicio Básico Independiente (IBSS) .....	44
2.15.7.6	Unidad de Datos de Protocolo MAC (MPDU).....	44
2.15.7.7	Unidad de Datos de Servicio MAC (MSDU).....	44
2.15.7.8	Estación .....	44
2.15.7.9	Roaming .....	44
2.16	IEEE 802.11e y WMM(Wi-Fi Multimedia) .....	45
2.16.1	Acceso de Canal Distribuido Mejorado (EDCA) .....	45
2.16.2	Función de Coordinación Híbrida (HCF).....	45
2.16.3	Función de Coordinación Distribuida (DCF) .....	46
2.16.4	Función de Coordinación Punto (PCF) .....	46
2.16.5	Wireless Multimedia (WMM).....	46
2.17	Modelo de Diseño de Red Inalámbrica.....	47
2.17.1	Point to Point (PtP).....	47
2.17.2	Punto a Multipunto (PtMP) .....	48
2.17.3	Redes Inalámbricas Mesh.....	48
2.18	Seguridad de Red IEEE 802.11 .....	48
2.18.1	Mecanismos de Seguridad Inalámbrica.....	49
2.18.1.1	Open System Authentication (OSA) .....	49
2.18.1.2	Shared Key Authentication (SKA).....	49
2.18.1.3	Virtual Private Networks (VPNs).....	49
2.18.1.4	Filtros MAC .....	50
2.18.1.5	Segmentación SSID.....	50
2.18.1.6	Portal Cautivo.....	50
2.18.2	Protocolos de Seguridad Inalámbrica .....	50
2.18.2.1	Wired Equivalent Privacy (WEP) .....	50
2.18.2.2	Temporal Key Integrity Protocol (TKIP) .....	51
2.18.2.3	(CCMP).....	51
2.18.2.4	Wi-Fi Protected Access (WPA) .....	51
2.18.2.5	Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2) .....	51
2.18.2.6	Extensible Authentication Protocol (EAP).....	51
2.18.2.7	IEEE 802.1X/EAP.....	52
2.19	Aplicaciones de la Tecnología Inalámbrica.....	52
2.20	Marco Regulatorio de las Telecomunicaciones .....	54

2.20.1	Reseña Histórica de las Telecomunicaciones – Ecuador.....	54
2.20.2	Preceptos de la Constitución de La República Del Ecuador – Sector Telecomunicaciones .....	56
2.20.3	Marco Jurídico Ecuatoriano basado en el Modelo de Kelsen .....	57
2.20.3.1	Leyes .....	59
2.20.3.2	Reglamentos y Normas .....	59
2.20.3.3	Normas Internacionales.....	59
2.20.4	Estructura Institucional del Sector de las Telecomunicaciones en el Ecuador	60
2.20.4.1	Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL)	61
2.20.5	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL)	63
2.20.6	Entidades Internacionales Que Norman Los Servicios De Telecomunicaciones.....	66
2.20.6.1	Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT.....	67
2.20.6.2	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones.....	67
2.20.6.3	Comunidad Andina (CAN).....	67
2.20.7	Regulación de Redes de Acceso Universal de Internet.....	67
2.20.8	Índices de calidad de las Redes de Acceso Universal de Internet.....	68
2.20.9	Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha .....	68
2.20.9.1	Bandas de Frecuencias de Sistemas de Radiocomunicaciones .....	69
2.20.9.2	Configuración de Sistemas.....	69
2.20.9.3	Límites de Potencia.....	69
2.20.9.4	Sistemas de Explotación.....	70
2.20.10	Formularios Redes De Acceso Universal De Internet.....	70
3	<b>CAPÍTULO IV DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE COMUNICACIONES</b>	71
3.1	Introducción .....	71
3.2	Estudio del Cantón San Miguel de Urucuquí .....	71
3.2.1	Ubicación Geográfica del Cantón San Miguel de Urucuquí.....	71
3.2.2	Clima .....	72
3.2.3	Relieve del Suelo del Cantón Urucuquí .....	72
3.2.4	Límites geográficos .....	74
3.2.5	Población del Cantón.....	74
3.2.6	Diagnóstico Educación Urucuquí.....	74
3.2.7	Diagnóstico Servicios de Telecomunicaciones Acceso a las Tecnologías de Información y Comunicación.....	75
3.3	Diagnóstico de la Infraestructura Tecnológica del GAD Municipal Urucuquí .	76
3.3.1	Descripción de las Dependencias .....	76

3.3.1.1	Estudio de la Situación Actual Edificio del GAD Municipal de San Miguel de Urcuquí	76
3.3.2	Infraestructura de la Red de Datos GAD Municipal Urcuquí	77
3.3.2.1	Diagnóstico de la Red de Datos del GADMU	78
3.3.2.2	Descripción Planta Baja	78
3.3.3	Descripción Primera Planta	79
3.3.3.1	Diagnóstico de la Topología de la Red Interna de Datos GADMU	81
3.3.4	Diagnóstico del Ancho de Banda GAD Municipal de Urcuquí	82
3.3.4.1	Diagnóstico Situación Actual Red Inalámbrica	83
3.3.4.2	Diagnóstico de la Topología Red Inalámbrica Existente	84
3.3.4.3	Diagnóstico Software, Aplicaciones y Servicios del GADMU	87
3.4	Estudio de la Situación de los Sitios e Instituciones Beneficiarias del Proyecto	88
3.4.1	Diagnóstico Gobiernos Parroquiales	89
3.4.2	Diagnóstico Instituciones Educativas	91
3.4.3	Unidades de Salud	93
3.4.4	Unidades de Policía Comunitaria	94
3.4.5	Unidades Externas al GADMU	95
3.4.6	Diagnóstico Situación Actual Espacios Públicos del Cantón Urcuquí	97
3.4.6.1	Posición Geográfica de los Centros de Educación	98
3.4.7	Gobiernos Parroquiales	98
3.4.7.1	Posición geográfica Gobiernos Parroquiales	99
3.4.7.2	Posición geográfica Unidades de Salud	99
3.4.7.3	Posición geográfica Unidad de Policía Comunitaria	100
3.4.7.4	Posición Geográfica Instituciones Públicas	100
3.4.7.5	Posición Geográfica Puntos de Repetición	101
3.4.8	Lugares Públicos	102
3.4.8.1	Posición geográfica	102
3.5	Diseño de la Red Inalámbrico para la Propuesta	103
3.5.1	Entidades y Lugares para la cobertura del proyecto	103
3.5.1.1	Nodo de Gestión GAD Municipal de Urcuquí	105
3.5.1.2	Nodos para la Red Troncal	105
3.5.1.3	Instituciones Educativas del Cantón Urcuquí	106
3.5.1.4	Gobiernos Parroquiales	108
3.5.1.5	Unidades de Salud Cantón Urcuquí	109
3.5.1.6	Unidades de Policía Comunitaria Cantón Urcuquí	110
3.5.1.7	Entidades Públicas Cantón Urcuquí	111
3.5.1.8	Sitios Públicos Cantón Urcuquí	112
3.5.2	Coordenadas Geográficas de las Entidades y Sitios para el diseño	113

3.5.3	Coordenadas Geográficas de los Nodos de la Red Troncal.....	117
3.5.4	Información de los Beneficiarios para el Dimensionamiento de la Red de Telecomunicaciones .....	118
3.5.5	Requerimientos de Ancho de Banda para la Red .....	120
3.5.5.1	Estimación del Ancho de Banda en Aplicaciones de Internet.....	120
3.5.5.2	Parámetros de Calidad de Banda Ancha .....	120
3.5.5.3	Relación de Compartición –Factor de Simultaneidad.....	121
3.5.5.4	Horarios de Operación de la Red .....	122
3.5.5.5	Dimensionamiento del Ancho de Banda de la Red.....	124
3.5.5.6	Escalabilidad de la Red .....	125
3.5.5.7	Proyección de Crecimiento de la Red Ancho de Banda.....	126
3.6	Diseño de la Red Inalámbrica de la Propuesta .....	132
3.6.1	Arquitectura de Red Inalámbrica Propuesta.....	132
3.6.2	Características de la Tecnología Wi-Fi IEEE 802.11ac .....	134
3.6.3	Esquema de conectividad .....	135
3.6.4	Características y Selección de los Equipos para el Proyecto.....	135
3.6.4.1	Requerimientos y selección de Equipos Estación Base .....	136
3.6.4.2	Características Técnicas de la Antena Sectorial.....	137
3.6.4.3	Requerimientos y selección de Equipos de Acceso Clientes .....	138
3.6.4.4	Parámetros Técnicos del Radio .....	138
3.6.4.5	Características Técnicas de la Antena Directiva .....	139
3.6.4.6	Requerimientos y selección de Equipos para Enlaces Backhaul.....	140
3.6.4.7	Parámetros Técnicos del Radio.....	140
3.6.4.8	Características Técnicas de la Antena.....	141
3.6.4.9	Requerimientos y selección de Equipos para Espacios Públicos .....	141
3.6.4.10	Características Técnicas de la Antena.....	143
3.7	Planificación de los Radio Enlaces .....	143
3.7.1	Disposición de la Red Inalámbrica y Emplazamientos .....	143
3.7.2	Área de Cobertura Nodos Troncales .....	148
3.7.3	Cálculo del Presupuesto del Enlace.....	150
3.7.4	Simulación de Radioenlaces .....	154
3.7.4.1	Red Troncal.....	154
3.7.4.2	Red de Acceso.....	157
3.7.5	Direccionamiento Lógico para la Propuesta.....	196
3.8	Administración y Gestión de la red .....	207
3.8.1	Políticas de Administración de la Red.....	207
3.8.2	Políticas de Seguridad .....	207
3.8.2.1	Confidencialidad .....	208
3.8.2.2	Integridad .....	208

3.8.2.3	Disponibilidad .....	209
3.8.2.4	Política de Seguridad en el Nodo de Gestión .....	209
3.8.2.5	Restricción de Acceso en el Servidor Proxy .....	210
3.8.2.6	Políticas del Uso de Redes en Espacios Públicos.....	211
3.8.2.7	Recomendaciones para el Sistema de Energía .....	212
3.8.2.8	Recomendaciones para el Sistema de Protección Eléctrica .....	212
4	<b>CAPÍTULO V ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....</b>	<b>213</b>
4.1	Introducción .....	213
4.2	Costos de Inversión de la Red Troncal y Acceso .....	213
4.2.1	Costo de Equipamiento y Elementos de la Red Inalámbrica .....	213
4.2.2	Costos Sistema Informático.....	214
4.2.3	Costos de Operación de Red.....	214
4.2.4	Costos de Infraestructura .....	215
4.2.5	Costos de Protección Eléctrica .....	215
4.2.6	Costo Total para la Propuesta.....	216
4.3	Análisis Costo - Beneficio del Proyecto .....	217
4.4	Beneficios del despliegue de la red.....	220
5	<b>CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>221</b>
5.1	Conclusiones .....	221
5.2	Recomendaciones .....	223
6	<b>GLOSARIO.....</b>	<b>225</b>
7	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>230</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Modelo general de los sistemas de comunicaciones .....	8
Figura 2.2: Antena Direccional .....	13
Figura 2.3: Antena Sectorial 120° LanPro .....	13
Figura 2.4: Antena Omni Ubiquiti.....	14
Figura 2.5: Elementos de un Radioenlace .....	16
Figura 2.6: Espectro electromagnético .....	17
Figura 2.7: Clasificación de las redes inalámbricas por el alcance .....	23
Figura 2.8: Interacción de Estándares IEEE 802 .....	24
Figura 2.9: Realidad Velocidad WiFi.....	28
Figura 2.10: Capas Física y Enlace IEEE 802.11 .....	30
Figura 2.11: Intervalos en el método de acceso al medio.....	35
Figura 2.12: Trama general IEEE 802.11 .....	38
Figura 2.13: Conexión Inalámbrica PtP .....	47
Figura 2.14: Conexión Inalámbrica PtMP.....	48
Figura 2.15: Pirámide de Kelsen: Cadena Legal y Regulatoria de la República del Ecuador.....	58
Figura 2.16: Estructura Institucional Actual del Sector de la Telecomunicaciones en el Ecuador.....	60
Figura 2.17: Logo Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información...	61
Figura 2.18: Logo Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.....	63
Figura 3.1: Ubicación y Geografía del Cantón Urcuquí.....	72
Figura 3.2: Relieve del Suelo Cantón Urcuquí.....	73
Figura 3.3: Edificio GAD Municipal de Urcuquí.....	77
Figura 3.4: Equipos Cuarto de Telecomunicaciones .....	79
Figura 3.5: Servidores del GADMU. ....	80
Figura 3.6: Rack Primera Planta Cuarto de Equipos .....	80
Figura 3.7: Diagnóstico Topología de la Red de Datos.....	81
Figura 3.8: Equipos Red Inalámbrica .....	83
Figura 3.9: Diagnóstico de la Red Inalámbrica GAD Urcuquí .....	85
Figura 3.10: Torre Loma San Eloy Parroquia Urcuquí .....	86
Figura 3.11: Torre Parroquia Pablo Arenas.....	87
Figura 3.12: Ubicación y Geografía del Cantón Urcuquí.....	104
Figura 3.13: Edificio GAD Municipal de Urcuquí.....	105
Figura 3.14: Ubicación Geográfica de los Nodos de la Red Troncal .....	106
Figura 3.15: Ubicación Geográfica de las Instituciones Educativas del Cantón Urcuquí .....	107
Figura 3.16: Ubicación Geográfica Gobiernos Parroquiales.....	108
Figura 3.17: Ubicación Geográfica Unidades de Salud Cantón Urcuquí.....	109
Figura 3.18: Ubicación Geográfica Unidades de Policía Comunitaria Cantón Urcuquí .....	110
Figura 3.19: Ubicación Geográfica Entidades Públicas Cantón Urcuquí .....	111
Figura 3.20: Ubicación Geográfica Sitios Públicos Cantón Urcuquí.....	112
Figura 3.21: Esquema Arquitectura de Red Inalámbrica .....	133
Figura 3.22: Antena Sectorial 120 Ubiquiti AirMAX AM-5G19-120.....	138
Figura 3.23: Antena Grilla airMAX® Wireless Broadband CPE .....	139
Figura 3.24: Antena Directiva Dish Airmax RD-5G31-AC.....	141
Figura 3.25: Antena Omnidireccional AMO-2G13.....	143
Figura 3.26: Diagrama de Red Troncal .....	146

Figura 3.27: Topología General Red Troncal y Acceso .....	147
Figura 3.28: Resultado Cobertura Nodo GADMU.....	148
Figura 3.29: Cobertura de la Red Inalámbrica Nodos Troncales y Clientes .....	149
Figura 3.30: Nivel de la Señal (dBm) y Colores .....	149
Figura 3.31: Ganancias y Pérdidas del Sistema Enlace Backhaul Nodo GADMU – Nodo LSE .....	150
Figura 3.32: Simulación Enlace Troncal Nodo GADMU – Nodo Loma San Eloy .....	155
Figura 3.33: Simulación Enlace Troncal Nodo Loma San Eloy – Nodo Cerro Pablo Arenas .....	156
Figura 3.34: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad Educativa Urcuquí .....	158
Figura 3.35: Simulación Enlace Nodo LSE - Junta Cantonal de Derechos .....	159
Figura 3.36: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad de Salud Urcuquí .....	160
Figura 3.37: Simulación Enlace Nodo LSE - Escuela Fiscal Mixta Abdón Calderón .	161
Figura 3.38: Simulación Enlace Nodo LSE - Circuito Educativo Urcuquí.....	162
Figura 3.39: Simulación Enlace Nodo LSE - Centro de Educación Básica Eloy Alfaro .....	163
Figura 3.40: Simulación Enlace Nodo LSE - Gobierno Parroquial de San Blas.....	164
Figura 3.41: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad de Salud de San Blas.....	165
Figura 3.42: Simulación Enlace Nodo LSE - Parque San Blas .....	166
Figura 3.43: Simulación Enlace Nodo LSE - UPC Urcuquí .....	167
Figura 3.44: Simulación Enlace Nodo LSE - Patronato Municipal de Amparo Social de Urcuquí .....	168
Figura 3.45: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad de Mantenimiento .....	169
Figura 3.46: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad de Desarrollo Social Eugenio Espejo .....	170
Figura 3.47: Simulación Enlace Nodo LSE - Biblioteca Municipal .....	171
Figura 3.48: Simulación Enlace Nodo LSE - Proyecto Adulto Mayor .....	172
Figura 3.49: Simulación Nodo LSE - Plaza del Buen Vivir.....	173
Figura 3.50: Simulación Enlace Nodo LSE - Plaza San Blas .....	174
Figura 3.51: Simulación Enlace Nodo CPA - Escuela de Educación Básica Vicente Rocafuerte.....	175
Figura 3.52: Simulación Enlace Nodo CPA - Centro de Educación Inicial Pablo Arenas .....	176
Figura 3.53: Simulación Enlace Nodo CPA - Centro de Educación Básica Cinco de Junio .....	177
Figura 3.54: Simulación Enlace Nodo Cerro Pablo Arenas - Unidad Educativa Cahuasquí .....	178
Figura 3.55: Simulación Nodo CPA - Gobierno Parroquial Tumbabiro .....	179
Figura 3.56: Simulación Enlace Nodo CPA - Gobierno Parroquial Pablo Arenas .....	180
Figura 3.57: Simulación Enlace Nodo CPA - Gobierno Parroquial Cahuasquí.....	181
Figura 3.58: Simulación Enlace Nodo CPA - Unidad de Salud Tumbabiro .....	182
Figura 3.59: Simulación Enlace Nodo CPA - Unidad de Salud Pablo Arenas .....	183
Figura 3.60: Simulación Enlace Nodo CPA - Unidad de Salud Cahuasquí .....	184
Figura 3.61: Simulación Nodo CPA - UPC Tumbabiro.....	185
Figura 3.62: Simulación Enlace Nodo CPA - UPC Pablo Arenas .....	186
Figura 3.63: Simulación Enlace Nodo CPA - UPC Cahuasquí.....	187
Figura 3.64: Simulación Enlace Nodo CPA - Tenencia Política Tumbabiro.....	188
Figura 3.65: Simulación Enlace Nodo CPA - Tenencia Política Cahuasquí.....	189
Figura 3.66: Simulación Enlace Nodo CPA - Parque Tumbabiro.....	190
Figura 3.67: Simulación Enlace Nodo CPA - Parque Tumbabiro.....	191

Figura 3.68: Simulación Enlace Nodo CPA - Plaza Nueva Cahuasquí.....	192
Figura 3.69: Simulación Enlace Nodo CPA - Plaza Nueva Cahuasquí.....	193
Figura 3.70: Direccionamiento Lógico - Red de Troncal.....	203
Figura 3.71: Diagrama de Topología Nodo GADMU y Direccionamiento Lógico.....	204
Figura 3.72: Diagrama de Topología Nodo Loma San Eloy y Direccionamiento IP...	205
Figura 3.73: Diagrama de Topología Nodo Cerro Pablo Arenas y Direccionamiento IP .....	206

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Bandas del Espectro Electromagnético .....	17
Tabla 2.2: Espectro de radiofrecuencia .....	18
Tabla 2.3: Bandas ISM .....	19
Tabla 2.4: Relación entre IEEE 802 y Modelo OSI .....	23
Tabla 2.5: Familia de estándares de IEEE 802 .....	24
Tabla 2.6: Comparación Estándar IEEE 802.11n vs IEEE 802.11ac .....	27
Tabla 2.7: Descripción general de las capas físicas 802.11.....	28
Tabla 2.8: Estándares físicos y de optimización.....	29
Tabla 2.9: Niveles de Prioridad de Clases de Servicios .....	47
Tabla 2.10: Evolución de las Telecomunicaciones en Ecuador .....	54
Tabla 2.11: Bandas de Frecuencias .....	69
Tabla 3.1: Organización Territorial del Cantón Urcuquí .....	73
Tabla 3.2: Población Cantón Urcuquí .....	74
Tabla 3.3: Número de Instituciones, Docentes y Estudiantes .....	75
Tabla 3.4: Diagnóstico Disponibilidad de teléfono convencional.....	75
Tabla 3.5: Diagnóstico Servicios de Telecomunicaciones Cantón Urcuquí.....	76
Tabla 3.6: Diagnóstico de la Red de Datos del GADMU. ....	78
Tabla 3.7: Equipos Planta Baja GADMU .....	79
Tabla 3.8: Servidores Primer Piso GADMU .....	80
Tabla 3.9: Equipos Primer Piso del GADMU .....	81
Tabla 3.10: Diagnóstico Ancho de Banda GAD Urcuquí .....	82
Tabla 3.11: Características de la Topología Lógica .....	82
Tabla 3.12: Equipos Red Inalámbrica Edificio GAD Urcuquí.....	84
Tabla 3.13: Enlaces Red Inalámbrica GADMU .....	85
Tabla 3.14: Software, Aplicaciones y Servicios del GADMU.....	87
Tabla 3.15: Diagnóstico Situación Actual Gobiernos Parroquiales .....	90
Tabla 3.16: Diagnóstico Situación Actual Instituciones Educativas Beneficiarias del Proyecto .....	92
Tabla 3.17: Diagnóstico Situación Actual Unidades de Salud.....	93
Tabla 3.18: Diagnóstico Situación Actual Unidades de Policía Comunitaria.....	94
Tabla 3.19: Diagnóstico Situación Actual Unidades Externas al GADMU.....	96
Tabla 3.20: Diagnóstico Situación Actual Espacios Públicos Cantón Urcuquí. ....	97
Tabla 3.21: Posición Geográfica de los Centros de Educación.....	98
Tabla 3.22: Posición Geográfica Gobiernos Parroquiales.....	99
Tabla 3.23: Posición Geográfica Unidad de Salud.....	99
Tabla 3.24: Posición Geográfica de UPC .....	100
Tabla 3.25: Posición Geográfica de las Instituciones Públicas .....	101
Tabla 3.26: Posición Geográfica de los Puntos de Repetición .....	102
Tabla 3.27: Posición Geográfica Sitios Públicos .....	102
Tabla 3.28: Instituciones Educativas del Cantón Urcuquí .....	107
Tabla 3.29: Gobiernos Parroquiales del Cantón Urcuquí.....	108
Tabla 3.30: Unidades de Salud Cantón Urcuquí .....	109
Tabla 3.31: Unidad de Policía Comunitaria Cantón Urcuquí.....	110
Tabla 3.32: Entidades Públicas del Cantón Urcuquí .....	111
Tabla 3.33: Sitios Públicos Cantón Urcuquí .....	112
Tabla 3.34: Coordenadas Geográficas Instituciones Educativas.....	113
Tabla 3.35: Coordenadas Geográficas Gobiernos Parroquiales .....	114
Tabla 3.36: Coordenadas Geográficas Unidades de Salud.....	115

Tabla 3.37: Coordenadas Geográficas UPCs .....	115
Tabla 3.38: Coordenadas Geográficas Entidades Públicas .....	116
Tabla 3.39: Sitios Públicos Cantón Urcuquí .....	117
Tabla 3.40: Coordenadas Geográficas Nodos Enlace Troncal .....	118
Tabla 3.41: Instituciones educativas beneficiarias del proyecto .....	118
Tabla 3.42: GADs beneficiarios del proyecto .....	119
Tabla 3.43: Ancho de Banda de Aplicaciones de Internet .....	120
Tabla 3.44: Parámetros para la Simultaneidad de la Red .....	122
Tabla 3.45: Crecimiento de la Población Cantón Urcuquí.....	126
Tabla 3.46: Velocidad de Transferencia Unidades Educativas .....	127
Tabla 3.47: Ancho de Banda Gobiernos Parroquiales.....	128
Tabla 3.48: Ancho de Banda Unidades de Salud .....	128
Tabla 3.49: Ancho de Banda Unidad de Policía Comunitaria.....	129
Tabla 3.50: Ancho de Banda Entidades Públicas .....	130
Tabla 3.51: Ancho de Banda Espacios Públicos .....	130
Tabla 3.52: Requerimientos de Ancho de Banda para el proyecto .....	131
Tabla 3.53: Selección de Equipo Estación Base .....	136
Tabla 3.54: Selección de Equipos Clientes .....	139
Tabla 3.55: Selección de Equipo Backhaul .....	140
Tabla 3.56: Selección de Equipo Espacios Públicos .....	142
Tabla 3.57: Disposición de Emplazamientos en la Red Troncal .....	144
Tabla 3.58: Datos Elementos del Enlace Nodo GADMU - Nodo LSE.....	150
Tabla 3.59: Resultados de los Enlaces Red Troncal y Acceso por el Método Matemático .....	152
Tabla 3.60: Coordenadas Geográficas Enlace Troncal .....	154
Tabla 3.61: Coordenadas Geográficas Enlace Troncal .....	156
Tabla 3.62: Datos Técnicos de Radio Red de Acceso .....	157
Tabla 3.63: Resumen de la Simulación del Radio Enlace Red Troncal y Acceso .....	194
Tabla 3.64: Redes del Proyecto y Subred Asignada.....	196
Tabla 3.65: Esquema Direccionamiento IP General .....	197
Tabla 3.66: Esquema de Direccionamiento IP .....	199
Tabla 3.67: Reglas de Acceso en Servidor Proxy .....	210
Tabla 4.1: Costos de Equipos de Red Troncal y Acceso.....	213
Tabla 4.2: Costos Equipamiento Informático Entidades Públicas .....	214
Tabla 4.3: Costos de Operación de la Red .....	215
Tabla 4.4: Costos de Infraestructura.....	215
Tabla 4.5: Costos de Protección Eléctrica .....	216
Tabla 4.6: Costo Total del Proyecto .....	216
Tabla 4.7: Costo de Inversión del Proyecto.....	218
Tabla 4.8: Gasto de Familias por Parroquia en el Servicio de Internet al Año .....	218
Tabla 4.9: Razón Costo Beneficio .....	219

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 2.1: Conversión de potencia en mW a dBm .....	14
Ecuación 2.2: Conversión de potencia en dBm a mW .....	15
Ecuación 2.3: Pérdida en el espacio libre .....	16
Ecuación 2.4: Ecuación de Radioenlace.....	16
Ecuación 2.5: Margen de Potencia de Recepción.....	16
Ecuación 3.1: Cálculo de la Capacidad Máxima por punto de acceso .....	124
Ecuación 3.2: Cálculo de la Capacidad Máxima por punto de acceso espacios públicos .....	124
Ecuación 3.3: Estimación de AB de Red Simultaneidad .....	132
Ecuación 4.1: Razón Costo - Beneficio.....	217

## ÍNDICE DE ANEXOS

1. ANEXO A: ENCUESTAS REALIZADAS A LOS REPRESENTANTES DE LAS PARROQUIAS E INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CANTÓN URCUQUÍ
2. ANEXO B: RESULTADOS Y SINTETIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS REPRESENTANTES DE LAS PARROQUIAS E INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CANTÓN URCUQUÍ
3. ANEXO C: SITE SURVEY PUNTOS ENTIDADES Y EMPLAZAMIENTOS
4. ANEXO D: RESULTADO DEL SITE SURVEY REALIZADO A LAS ENTIDADES PÚBLICAS, INSTITUCIONES EDUCATIVAS Y ZONAS PÚBLICAS
5. ANEXO E: ANÁLISIS DE LA ZONA Wi-Fi PARQUE LA ESPERANZA DE LA PARROQUIA LA ESPERANZA DEL CANTÓN SAN MIGUEL DE IBARRA
6. ANEXO F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES
7. ANEXO G: COTIZACIONES DE EQUIPOS PARA EL PROYECTO
8. ANEXO H: FORMULARIOS REDES DE ACCESO UNIVERSAL DE INTERNET
9. ANEXO I: ÍNDICE DE SIMULTANEIDAD
10. ANEXO J: INDICADORES DE CALIDAD DE INTERNET EN ECUADOR
11. ANEXO K: ANEXOS DIGITALES

## 1 CAPITULO I ANTECEDENTES

### 1.1 Introducción

En este capítulo se describe el problema, objetivos y justificación para la realización de este proyecto. A continuación, la situación actual en el área tecnológica del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de San Miguel de Urucuquí y del cantón, así como también de los sitios y de las entidades públicas, que se tomaran en cuenta en el diseño de la red inalámbrica.

### 1.2 Problema

En el cantón San Miguel de Urucuquí de acuerdo al Sistema Nacional de Información (SNI), que es coordinado por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), dentro de sus indicadores sociales presenta que “la pobreza en el cantón San Miguel de Urucuquí por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) es de 5.3% con respecto a la provincia de Imbabura” y con un índice de “analfabetismo de las mujeres en el cantón Urucuquí es del 16.2% y en los hombres es del 8.5%.” por tal razón se ve la necesidad de crear proyectos que contribuyan al desarrollo y calidad de vida de la población.

Por tal motivo el GAD Municipal Urucuquí contempla un “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial” dentro del cual se encuentra la “Movilidad, Energía y Conectividad” el mismo que destaca la necesidad de realizar un proyecto para el aumento de servicio del internet ya que se evidencio en el mismo que “en algunas instituciones aun no cuentan con este servicio y los afectados serían los niños ya que es una herramienta muy importante para su proceso de aprendizaje.”(PDOT, 2014)

Finalmente, en vista de la necesidad del mejoramiento de la calidad de vida de la población, el gobierno cantonal pretende el fortalecimiento del acceso universal a las tecnologías de información y comunicación. Logrando así aumentar las capacidades del

sistema de comunicaciones que disponen actualmente y poner la tecnología al servicio de las necesidades cotidianas de los ciudadanos con proyección a enmarcarse a una ciudad digital.

### **1.3 Objetivos del Proyecto**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Elaborar un diseño de una red inalámbrica basado en el estándar IEEE 802.11ac entre el GAD Municipal de San Miguel de Urucuquí y las entidades públicas del cantón para brindar acceso a internet, y mediante el mismo incluir a los ciudadanos de este cantón en la Sociedad de la Información.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Realizar el estudio del entorno geográfico, social y tecnológico del cantón Urucuquí, para determinar los parámetros y los requerimientos necesarios para el diseño de la red inalámbrica.
- ✓ Analizar la tecnología Wi-Fi de Largo Alcance IEEE 802.11ac para determinar las prestaciones que nos da la misma.
- ✓ Determinar los requerimientos de ancho de banda que soporte internet para el correcto dimensionamiento de la red.
- ✓ Diseñar la red inalámbrica troncal entre los nodos ubicados en la Parroquia de Urucuquí y Pablo Arenas.
- ✓ Diseñar las redes de distribución para el nodo ubicado en Urucuquí y Pablo Arenas respectivamente.
- ✓ Realizar el cálculo de presupuesto de potencia de cada radio enlace para garantizar el funcionamiento de la red.
- ✓ Analizar el marco legal del sector de las telecomunicaciones del país para determinar el proceso a seguir para operar en determinada frecuencia.

- ✓ Determinar un Costo-Beneficio que tendrá el proyecto para una implementación en lo posterior.

#### **1.4 Justificación del Proyecto**

El GAD de San Miguel de Urququí tiene como visión ser participativo, incluyente, equitativo y solidario, que impulse el desarrollo humano y productivo mediante asesoría, transferencia de tecnología y gestión para acceder a nuevos mercados aplicando el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) en su entorno.

Dentro de los objetivos estratégicos del GAD busca propiciar el desarrollo integral sustentable; impulsar la equidad social, étnica, de género y generacional, entre otros. Con esta propuesta del diseño de la red inalámbrica haciendo uso de tecnologías de largo alcance adecuadas a la zona se espera contribuir con todo lo antes mencionado.

Este proyecto se enmarca y se sustenta en la Constitución de la República del Ecuador en su Artículo 16, el mismo que dispone que todas las personas, en forma individual o colectiva, tiene derecho a: “El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.”, “El acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas.

Además, contribuirá con el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “Toda una Vida”, ya que dentro de sus objetivos se contempla: “Auspiciar la igualdad, la cohesión, la inclusión y la equidad social y territorial, en la diversidad” como también el “Mejoramiento de la calidad de vida de la población”, ya que el mismo define la necesidad de fortalecer el desarrollo de Tecnologías de Información y Comunicación que incluye el sector de las telecomunicaciones.

Con este proyecto se espera que en un futuro la población del cantón Urququí se apropie de las TICs, y las utilicen en su beneficio dándole distintos usos a los recursos que dependiendo de sus necesidades particulares como: consultas de información educativa,

comunicación con sus familiares y el acceso a contenidos de publicación local, nacional e internacional.

### **1.5 Alcance del Proyecto**

Este proyecto consistirá en un diseño de una red de radio enlaces para la interconexión entre el GAD Municipal de San Miguel de Urucuquí y las entidades públicas del cantón Urucuquí, este diseño está conformado principalmente por los siguientes elementos: Nodo de Gestión, nodos de red troncal y acceso; y medios de transmisión tanto guiados y no guiados. La red a diseñar está enfocada en la interconexión de estas entidades mediante radio enlaces, los cuales deben soportar la transmisión de los servicios de internet, como también servicios adicionales con proyección como es VoIP entre otros, para lo cual se realizará un estudio de las aplicaciones requeridas y de la caracterización del volumen de datos para cada uno respectivamente, esto con el fin de determinar el número de equipos finales que pueden estar en conectividad de manera simultánea sin afectar el desempeño del sistema de red.

El diseño de la red se basará en un análisis de las tecnología Wi-Fi basada en el estándar IEEE 802.11ac. Además, aquí se pretende analizar las futuras aplicaciones que se puede manejar con esta tecnología, explotando de la manera más adecuada las potencialidades de la misma.

Se realizará un análisis técnico de la infraestructura de red con la que cuenta GAD Municipal de San Miguel de Urucuquí, para diagnosticar las condiciones en que se encuentra la infraestructura de red de telecomunicaciones, software y ancho de banda; en consecuencia esto nos ayudará a determinar los requerimientos de red. Además, se realizará un estudio de los requerimientos para cada radio enlace, todo esto en base a la estimación del número de usuarios y el tráfico que generará cada uno de éstos. Se calculará la capacidad de transmisión necesaria para las radio bases, dependiendo del ancho de banda de cada entidad y espacio público.

Se diseñará la red troncal inalámbrica por medio de un enlace punto a punto desde la parroquia urbana de Urcuquí hasta la parroquia rural de Pablo Arenas. La red de distribución a las entidades se diseñará por medio de enlaces punto a multipunto para dar acceso a la red a las entidades y sitios públicos (entidades: Policía, Registro de la Propiedad, Comisaria, Mantenimiento, Patronato Municipal, Junta Parroquial, Infocentros e Centros Educativos). Se determinará la ubicación de las radio bases en las coordenadas geográficas, las especificaciones de los equipos, de las antenas, alturas de las torres para esto se toma en consideración factores climáticos de la zona, tipo de vegetación y condiciones geofísicas para interconectar las diferentes entidades ubicadas en el Cantón Urcuquí.

Asimismo, se realizará un presupuesto de potencia de cada radio enlace para garantizar niveles de potencia adecuados tanto en transmisión como en la recepción de la señal, lo cual permitirá tener una tasa de transmisión aceptable que estén dentro de los requerimientos de ancho de banda que resulten del estudio previo de los requerimientos de ancho de banda.

Además, este proyecto se servirá del software RadioMobile y Google Earth los cuales nos permitirán medir la cobertura tanto de la radio base como del radio enlace, asimismo, predice haciendo uso de la información del equipo para los radioenlaces.

Para el diseño de la red se hará un análisis de los subsistemas de telecomunicaciones, de energía, de protección eléctrica e infraestructura necesaria tanto interior como exterior para lograr un diseño adecuado. Se seleccionarán los equipos más adecuados en base a los resultados de los análisis de los requerimientos de la red y especificaciones técnicas mínimas, previo a un análisis de soluciones de tres fabricantes.

También se definirá la banda de frecuencia en la que operará este sistema de telecomunicaciones, en consecuencia, se hará un análisis del marco regulatorio de las telecomunicaciones del país y en particular del Reglamento General a la Ley de

Telecomunicaciones reformada para definir las competencias de cada ente de regulación de las telecomunicaciones del país.

Se realizará el análisis Costo-Beneficio del proyecto, para un posterior análisis del GAD municipal de San Miguel de Urququí.

## **2 CAPÍTULO II INTRODUCCIÓN Y ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA WILD BASADO EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.11ac**

### **2.1 Generalidades**

En este capítulo se iniciará con una breve síntesis de las comunicaciones electrónicas; Se presenta un enfoque sobre el espectro electromagnético, una clasificación de las redes inalámbricas de acuerdo al alcance. Se expone sobre las principales organizaciones y asociaciones de regulación en el área inalámbrica. Además, un estudio de la tecnología WiFi basada en el estándar IEEE 802.11ac, misma en la cual se sustenta el presente proyecto.

### **2.2 Introducción a las Comunicaciones**

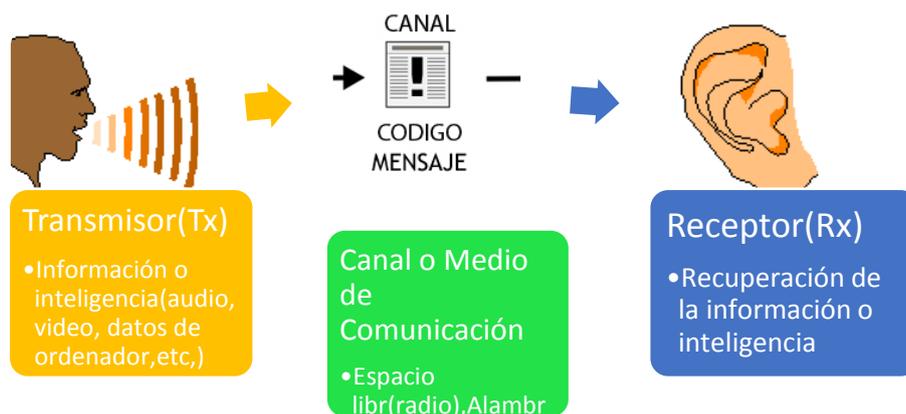
El objetivo de las comunicaciones humanas es el intercambio de información. Dos limitantes en la comunicación humana son el lenguaje y la distancia. Al término del siglo diecinueve, las comunicaciones humanas tuvieron un gran avance con el descubrimiento de la electricidad, y consigo sus aplicaciones. (Frenzel, 2005, p. 2).

Las conocidas formas de comunicaciones electrónicas como el teléfono, la radio, la televisión, incrementaron nuestra habilidad en el intercambio de información. Dando como resultado que las actividades de la sociedad se han desplazado de la manufactura y producción de bienes, a la de almacenamiento, empaquetado e intercambio de la información. Siendo esta época marcada como una sociedad de la información, siendo su actividad principal de esta, la comunicación.

El compendio de las tecnologías de comunicaciones electrónicas dio lugar a lo que hoy se conoce como supercarretera de la información. Una de ellas son las tecnologías inalámbricas.

## 2.3 Sistemas de Comunicaciones

Un sistema electrónico de comunicaciones está compuesto de los siguientes elementos básicos: un transmisor, un medio o canal de comunicación y un receptor. En la figura 2.1 podemos observar un modelo general de todos los sistemas de comunicaciones, donde el proceso de comunicación inicia cuando alguien genera algún tipo de mensaje. Este mensaje en su forma electrónica es alimentado al transmisor, este a su vez se encarga de transmitirlo por el canal de comunicaciones. Finalmente, este mensaje es captado por el receptor, este lo transforma en una señal ininteligible para el ser humano. En este proceso se encuentra el ruido, este se denomina al fenómeno que interfiere o degrada la información transmitida.



*Figura 2.1: Modelo general de los sistemas de comunicaciones*

Fuente: Adaptado de Frenzel Louis, E. (2005). Sistemas Electrónicos de Comunicaciones. AlfaOmega, México.

## 2.4 Introducción a las Redes Inalámbricas

Con el desarrollo vertiginoso del servicio de Internet y el uso intensivo de la banda ancha, el crecimiento de las telecomunicaciones dio un giro en los últimos años. Además, si pensamos en las zonas rurales que no quieren quedarse excluidas de este nuevo mundo digital, observamos que existe una alta inversión al instante de ofrecer el servicio de internet para toda la población o parte de ella. (Salvetti, 2011, p.25).

Teniendo en cuenta esta circunstancia y muchas otras limitaciones, tanto tecnológicas como topográficas, se han buscado alternativas para que la transferencia de información no se limite a la de un medio físico como es el cable.

Con esta problemática mencionada, se desarrollaron los estándares y tecnologías inalámbricas: IEEE 802.11, WiMax o cualquier otro, que forman una alternativa a los medios convencionales para tener un acceso de banda ancha. De esta manera, se introdujeron, nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones pensando en cómo satisfacer las necesidades del usuario final.

Estas nuevas tecnologías que no requieren un medio guiado para intercambiar información nacen de la necesidad y limitaciones que tiene el usuario como: velocidad de datos, distancia del enlace, elevados costos, cobertura, zona geográfica, etc. De esta forma, se evita tener que realizar tendidos de cables a casas particulares o en edificios, lo que implica un ahorro de costos y de tiempo.

## **2.5 Definición de Red Inalámbrica**

La red inalámbrica hace alusión a la tecnología sin cables que permite la interconexión de dispositivos entre sí formando una red, esta con capacidad de compartir recursos e información, permitiendo optimizar las tareas o procesos que los usuarios realizan en sus actividades diarias.

### **2.5.1 Fundamentos de Radio Frecuencia (RF)**

Con el fin de comprender los aspectos inalámbricos de una red LAN inalámbrica, a continuación, se van a discutir las propiedades de la radiación de radiofrecuencia, de antenas y las relaciones matemáticas que existen en los circuitos de RF. (CWNA, 2017, p18)

## **2.5.2 Radio Frecuencia**

Las frecuencias de radio son señal de corriente alterna de alta frecuencia que se transmiten a lo largo de un conductor de cobre y luego irradian en el aire a través de una antena. Una antena convierte / transforma una señal de cable a una señal inalámbrica y viceversa. Cuando la señal de corriente alterna de alta frecuencia se irradia en el aire, se forma de ondas de radio. Estas ondas de radio se propagan de la fuente (la antena) en línea recta en todas direcciones a la vez. (CWNA, 2017, p.18)

### **2.5.2.1 Ganancia**

La Ganancia es el término utilizado para describir un incremento en la amplitud de una señal de RF. La ganancia es generalmente un proceso activo; lo que significa que una fuente de alimentación externa, tal como un amplificador de RF. (CWNA, 2017, p.19)

### **2.5.2.2 Perdida**

Pérdida describe una disminución en la intensidad de la señal. La resistencia de los cables y conectores causa la pérdida debido a la conversión de la señal de CA al calor. Desajustes de impedancia en los cables y conectores pueden ocasionar que la energía que se refleja de vuelta hacia la fuente, que puede causar degradación de la señal. Objetos directamente en vía de transmisión de la onda propagada puede absorber, reflejar, o destruir las señales de RF. (CWNA, 2017, p.19)

### **2.5.2.3 Reflexión**

Reflexión se produce cuando una onda electromagnética incide sobre un objeto que tiene dimensiones muy grandes en comparación con la longitud de onda de la onda que se propaga. Reflexiones se producen desde la superficie de la tierra, edificios, paredes, y muchos otros obstáculos. (CWNA, 2017, p.20)

#### **2.5.2.4 Refracción**

Refracción describe la flexión de una onda de radio a medida que pasa a través de un medio de diferente densidad. Como una onda de RF pasa a un medio más denso la onda se reflejará fuera de la ruta de señal prevista, y la onda se doblará a través del medio en otra dirección. (CWNA, 2017, p.21)

#### **2.5.2.5 Difracción**

Difracción se produce cuando la trayectoria de radio entre el transmisor y el receptor está obstruida por una superficie que tiene una superficie áspera. A altas frecuencias, la difracción, como la reflexión, depende de la geometría del objeto de obstrucción y la amplitud, fase y polarización de la onda incidente en el punto de difracción. (CWNA, 2017, p.22)

#### **2.5.2.6 Dispersión**

La dispersión se produce cuando el medio a través del cual viaja la onda consiste en objetos con dimensiones que son pequeñas en comparación con la longitud de onda de la señal. Ondas dispersadas son producidas por superficies rugosas, objetos pequeños, o por otras irregularidades en la ruta de señal. (CWNA, 2017, p.23)

### **2.5.3 Principios de Antenas**

Antenas convierten la energía eléctrica en ondas de RF en el caso de una antena de transmisión, o las ondas de RF en energía eléctrica en el caso de una antena de recepción. Las dimensiones físicas de una antena, tal como su longitud, están directamente relacionados con la frecuencia a la que la antena puede propagar ondas o recibir ondas propagadas. (CWNA, 2017, p.25)

#### **2.5.3.1 Línea de Vista (LOS)**

La línea de vista se define como la línea aparentemente recta desde el objeto a la vista (el transmisor) al ojo del observador (el receptor). El LOS es una línea aparentemente recta

porque las ondas de luz están sujetos a cambios de dirección debido a la refracción, la difracción, y la reflexión en la misma forma que las frecuencias de RF. (CWNA, 2017, p.25)

#### **2.5.3.2 Zona de Fresnel**

La zona de Fresnel ocupa una serie de zonas en forma de elipsoide-concéntricos alrededor de la ruta de LOS. La zona de Fresnel es importante para la integridad del enlace de RF, ya que define un área alrededor de la LOS que puede introducir interferencia de la señal de RF. (CWNA, 2017, p.26)

#### **2.5.3.3 Ganancia de la Antena**

Es un elemento de la antena sin los amplificadores y filtros típicamente asociadas con ella es un dispositivo pasivo. La antena puede crear el efecto de la amplificación en virtud de su forma física. La amplificación de la antena es el resultado de enfocar la radiación de RF en un haz más fuerza. (CWNA, 2017, p.27)

#### **2.5.3.4 Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE)**

PIRE es la potencia realmente radiada por la antena. Este concepto es importante debido a que se utiliza en el cálculo de si es o no un enlace inalámbrico es viable. PIRE tiene en cuenta la ganancia de la antena. (CWNA, 2017, p.28)

### **2.5.4 Clasificación de las Antenas Según su Patrón de Radiación**

Las Antenas según su Patrón de Radiación se clasifican en Direccionales, Sectoriales y Omnidireccionales.

#### **2.5.4.1 Direccionales**

Las Antenas Direccionales irradian en una sola dirección. Son antenas que tienen ángulos de radiación de menos de 70 grados, tienen mayor alcance al proyectarse. Son mayormente usadas para enlaces de larga distancia tanto del transmisor como el receptor. (CLANAR, 2016, p.45)



*Figura 2.2: Antena Direccional*  
 Fuente: Ubiquiti. (2018) Antena Direccional. México: Ubiquiti.

#### **2.5.4.2 Sectoriales**

Las Antenas Sectoriales son aquellas que irradian hacia un área determinada, tienen un ángulo de irradiación mayor que las antenas direccionales, esto hace que su alcance se acorte, son mayormente utilizadas del lado del transmisor para enlaces multipunto. (CLANAR, 2016, p.45)



*Figura 2.3: Antena Sectorial 120° LanPro*  
 Fuente: Ubiquiti. (2018) Antena Sectorial 120. México: Ubiquiti.

#### **2.5.4.3 Omnidireccionales**

Las Antenas Omnidireccionales son aquellas que irradian en todas las direcciones, poseen un ángulo de irradiación de 360 grados, tienen poco alcance y son mayormente utilizados lado del transmisor para enlaces multipunto. (CLANAR, 2016, p.45)



*Figura 2.4: Antena Omni Ubiquiti*  
Fuente: Ubiquiti. (2018) Antena Omni Ubiquiti. México: Ubiquiti.

### 2.5.5 Unidades de Medida en Radio Frecuencia

Las ondas electromagnéticas transportan energía. La cantidad de energía recibida en un tiempo determinado es denominada potencia, la misma que es medida en vatios [W]. En radio se utiliza más el milivatio [mW].

La potencia es de mucha importancia en radio, ya que se necesita de una cierta potencia para que el receptor pueda discriminar la señal. En sistemas de radio se simplifican los cálculos usando decibelios [dB] en lugar de mW para representar valores de potencia.

Los milivatios constituyen unidades absolutas, en cambio los decibelios son unidades de medida relativa.

Se hace necesario tener un manejo prolijo de milivatios y de decibelios en radio, para lo cual disponemos de las siguientes fórmulas de conversión:

$$P_{dBm} = 10 \log_{10} P_{mW}$$

*Ecuación 2.1: Conversión de potencia en mW a dBm*

Fuente: WNDW (2018, 13 de Julio). Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. (3ra Ed) Londres: Hacker Frindly

$$P_{mW} = 10^{\frac{P_{dBm}}{10}}$$

*Ecuación 2.2: Conversión de potencia en dBm a mW*

Fuente: WNDW (2018, 13 de Julio). Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. (3ra Ed) Londres: Hacker Frindly

Valores para el cálculo de la conversión entre decibelios [dB] y vatios [W].

+10 dB = 10 veces la potencia

-10 dB = un décimo de la potencia

+3 dB = doble de la potencia

-3 dB = mitad de la potencia

### 2.5.6 Presupuesto de un Radio Enlace

Un presupuesto de enlace o de potencia es fundamental en un radio enlace para advertir un correcto funcionamiento de una red inalámbrica, el mismo que consiste en un cálculo de las ganancias y pérdidas de un radioenlace desde el transmisor [Tx] hasta el receptor [Rx].

Un radioenlace consta de elementos de transmisión, propagación y recepción. (Buettrich, 2015)

**Lado Tx:** Potencia de Transmisión, Perdidas en el Cable, Ganancia de la Antena

**Lado Propag.:** Pérdidas en el espacio libre (FSL), Zona de Fresnel

**Lado Rx:** Ganancia de Antena, Pérdidas en el Cable, Sensibilidad del receptor.

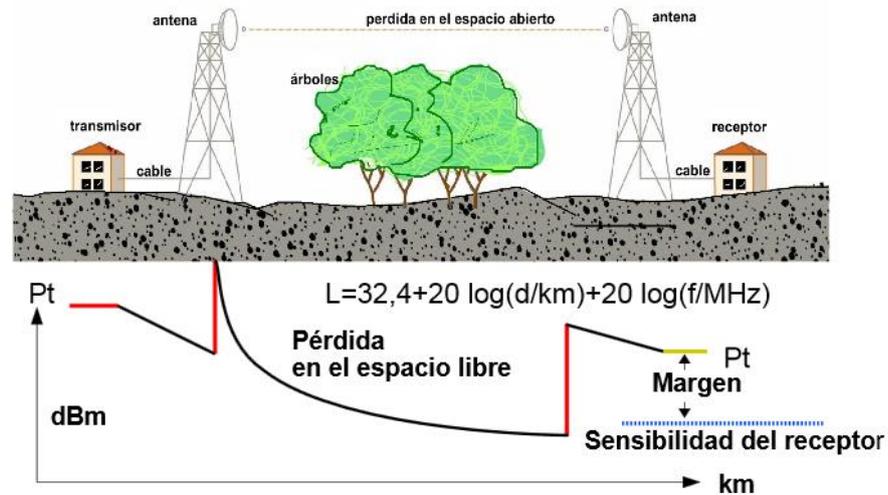


Figura 2.5: Elementos de un Radioenlace

Fuente: Ramón R. (2015) Sistema de Radiocomunicaciones. (p. 221) España: Paninfo

### Pérdidas en el Espacio Libre:

$$FSL(dB) = 32,45 + 20 \log(d / km) + 20 \log(f / MHz)$$

Ecuación 2.3: Pérdida en el espacio libre

Fuente: Ramón R. (2015) Sistema de Radiocomunicaciones. (p. 221) España: Paninfo

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

### Ecuación de un radio enlace:

$$\begin{aligned} &+ \text{Potencia\_Transmisor}[dBm] \\ &- \text{Pérdidas\_Cable\_Tx}[dB] \\ &+ \text{Ganancia\_Antena\_Tx}[dBi] \\ &- \text{Pérdidas\_trayectoria\_espacio\_libre}[dB] \\ &+ \text{Ganancia\_Antena}[dBi] \\ &- \text{Pérdidas\_Cable\_Rx}[dB] \\ &= \text{Margen} - \text{Sensibilidad\_Receptor}[dBm] \end{aligned}$$

Ecuación 2.4: Ecuación de Radioenlace

Fuente: Ramón R. (2015) Sistema de Radiocomunicaciones. (p. 221) España: Paninfo

### Margen Potencia de Recepción:

$$\text{Margen} = \text{Señal\_recibida\_receptor} - \text{sensibilidad}$$

Ecuación 2.5: Margen de Potencia de Recepción

Fuente: Ramón R. (2015) Sistema de Radiocomunicaciones. (p. 221) España: Paninfo

## 2.6 Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas, las mismas que se agrupan bajo distintas denominaciones según su rango de frecuencias, como se observa en la Figura 2.6.

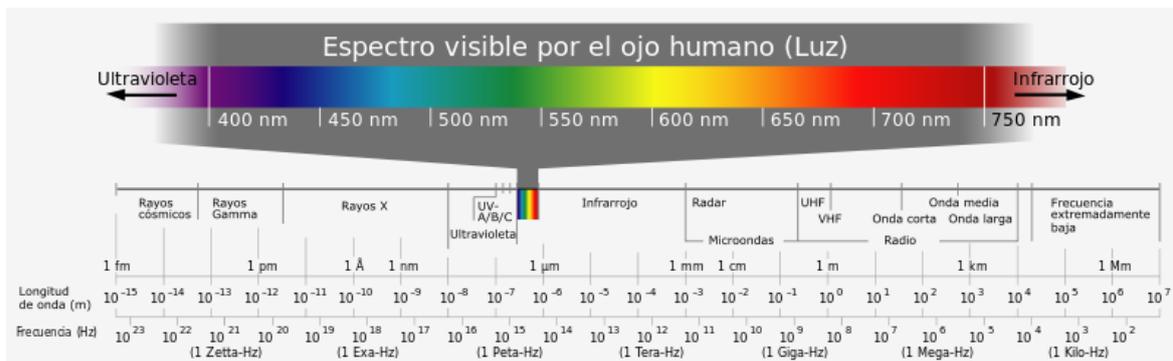


Figura 2.6: Espectro electromagnético

Fuente: Wikipedia (2018). Espectro Visible. México: Wikipedia

## 2.7 Bandas del Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético se divide en diferentes bandas. La Tabla 2.1 nos muestra el espectro electromagnético, su longitud de onda y la frecuencia de la misma.

Tabla 2.1: Bandas del Espectro Electromagnético

ONDA ELECTROMAGNÉTICA	LONGITUD DE ONDA (m)	FRECUENCIA (Hz)
<b>Rayos gamma</b>	< 10 pm	>30,0 EHz
<b>Rayos X</b>	< 10 nm	>30,0 PHz
<b>Ultravioleta Extremo</b>	< 200 nm	>1,5 PHz
<b>Ultravioleta Cercano</b>	< 380 nm	>789 THz
<b>Luz Visible</b>	< 780 nm	>384 THz
<b>Infrarrojo Cercano</b>	< 2,5 $\mu$ m	>120 THz
<b>Infrarrojo Medio</b>	< 50 $\mu$ m	>6,00 THz
<b>Infrarrojo Lejano/submilimétrico</b>	< 1 mm	>300 GHz
<b>Microondas</b>	< 30 cm	>1 GHz
<b>Ondas de Radiofrecuencia</b>	>1 mm	< 300 GHz

Fuente: Adaptado de Escobar, F. y Gonzáles C. (2016). Introducción a las redes inalámbricas EPN, Quito.

## 2.8 Espectro de Radiofrecuencia (RF)

También denominado radiofrecuencia o RF, se hace alusión a la porción del espectro electromagnético menos energética, situada entre 3 Hz y 300 GHz. Estas ondas

electromagnéticas se transmiten aplicando la corriente alterna generada por una antena. La radiofrecuencia presenta las siguientes bandas (véase Tabla 2.2).

*Tabla 2.2: Espectro de radiofrecuencia*

NOMBRE	ABREVIATURA (Inglés)	FRECUENCIAS (Hz)	LONGITUD DE ONDA (m)
		Inferior a 3 Hz	100 000 km
<b>Extra baja frecuencia</b>	ELF	3 – 30 Hz	100 000 km – 10 000 km
<b>Super baja frecuencia</b>	SLF	30 – 300 Hz	10 000 km – 1000 km
<b>Ultra baja frecuencia</b>	ULF	300 – 3 000 Hz	1 000 km – 100 km
<b>Muy baja frecuencia</b>	VLF	3 – 30 kHz	100 km – 10 km
<b>Baja frecuencia</b>	LF	30 – 300 kHz	10 km – 1 km
<b>Media frecuencia</b>	MF	300 – 3 000 kHz	1 km – 100 m
<b>Alta frecuencia</b>	HF	3 – 30 MHz	100 m – 10 m
<b>Muy alta frecuencia</b>	VHF	30 – 300 MHz	10 m – 1 m
<b>Ultra alta frecuencia</b>	UHF	300 – 3 000 MHz	1 m – 100 mm
<b>Super alta frecuencia</b>	SHF	3 – 30 GHz	100 mm – 10 mm
<b>Extra alta frecuencia</b>	EHF	30 – 300 GHz	10 mm – 1 mm
		Por encima de 300 GHz	< 1 mm

Fuente: Adaptado de Escobar, F. y Gonzáles C. (2016). Introducción a las redes inalámbricas EPN, Quito.

Mediante el espectro radioeléctrico es posible ofrecer distintos servicios de telecomunicaciones que tiene gran importancia para el desarrollo social y económico del país. Se considera el espectro radioeléctrico como un recurso fundamental para el Estado, dando como resultado una Plan Nacional de Frecuencias (PNF), en él se indica la distribución del espectro radioeléctrico de la República del Ecuador; así como los lineamientos para implementar nuevos servicios y tecnologías.

## 2.9 Espectros Sin Licencias

El espectro sin licencia hace alusión a las bandas de radiofrecuencias que se utilizan sin licencia y sin costo. En esto la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), permitió el uso de este espectro para aplicaciones de comunicaciones médicas, industriales y científicas.

Existen tres bandas sin licencia ISM especificadas en las siguientes banda: 900 MHz, 2.4 GHz, y 5 GHz.

Tabla 2.3: Bandas ISM

Organismo	Banda	Rango
FCC	900 MHz	902 – 928 MHz
IEEE	2.4 GHz	2.4000 – 2.4835 GHz
FCC	2.4 GHz	2.4000 – 2.5000 GHz
FCC	5 GHz	5.725 – 5.875 GHz

Fuente: Adaptado de Certified Wireless Network Administrator. (2015). Organizaciones y Estándares. Editorial: Planet3 Wireless. United States of America

Los dispositivos que operan en esta banda sin licencia están regulados para tener potencias de salida relativamente bajas.

Varios fabricantes, al habilitar las bandas ISM sin licencia para la utilización en la transmisión de datos, aprovecharon la oportunidad para brindar equipos que se comunicaban sin la necesidad de cables contrayéndose redes inalámbricas para la transmisión de datos que cubren áreas geográficas importantes.

## 2.10 Plan Nacional de Frecuencias (PNF) del Ecuador

El Plan Nacional de Frecuencias del país es un documento que acoge las recomendaciones propuestas por las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, planeadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), las mismas que se desarrollan en Ginebra, cada cuatro años.

Siendo las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) una de las pautas que fijan el desarrollo de los pueblos, ya que posibilitan el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos(a) como también en el campo tecnológico. El Gobierno democratiza las frecuencias y universaliza las TIC, para construir un Ecuador más justo, equitativo, incluyente y solidario. (Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico, 2012, ¶ 2).

## 2.11 Organizaciones y Asociaciones Inalámbricas

El hardware y las tecnologías están basadas en algunos estándares y las redes inalámbricas no son la excepción. Hay organizaciones que definen y dan soporte a los estándares, esto permite la interoperabilidad de distintos equipos manufacturados por diferentes empresas. Hay tres categorías de organizaciones que guían la industria

inalámbrica, estas categorías incluyen regulación, estandarización, y compatibilidad. A continuación se expondrán los principales organismos de los cuales la industria de las telecomunicaciones hace uso.

### **2.11.1 Unión Internacional De Telecomunicaciones**

La UIT (International Telecommunication Union) es un organismo especializado de las telecomunicaciones por parte de las Naciones Unidas a partir del 15 de octubre de 1947. En la constitución de la UIT entre sus propósitos manifiesta:

- Mantener y ampliar la cooperación internacional entre todos sus Estados Miembros para el mejoramiento y uso racional de las telecomunicaciones de todo tipo. (Carpenter, 2008, p.9).
- Promover y brindar asistencia técnica a los países en el campo de las telecomunicaciones, y también para promover la movilización del material, humano, y los recursos financieros necesarios para mejorar el acceso a los servicios de telecomunicaciones en tales países. (Carpenter, 2017, p.9).
- Para promover la extensión de las ventajas de las nuevas tecnologías de telecomunicaciones a todos los habitantes del mundo. (Carpenter, 2017, p.9).

#### **2.11.1.1 Sector De Radiocomunicaciones**

El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT mantiene una base de datos de las frecuencias asignadas a nivel mundial; ayuda a coordinar y a gestionar el espectro electromagnético mediante la gestión a través de cinco regiones administrativas.

Estas cinco regiones son:

- Región A: Las Américas
- Región B: Europa Occidental
- Región C: Europa del Este
- Región D: África

- Región E: Asia y Australia

Cada región tiene uno o más grupos locales de regulación. (Carpenter, 2017, p.10).

### **2.11.2 Comisión Federal De Comunicaciones**

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC<sup>1</sup>, por su acrónimo en inglés) es una agencia independiente de los Estados Unidos. La misma que fue establecida en 1934 y está encargada de regular las comunicaciones por radio, televisión, satélite y por medios guiados; tanto interestatales como internacionales. La FCC hace la ley en que los dispositivos inalámbricos deben operar. La FCC establece las reglas para las frecuencias inalámbricas y la potencia de transmisión con la que deben operar en cada banda de frecuencia.

La Comisión Federal de Comunicaciones especifica la Banda ISM (Industrial, Scientific, and Medical) como licencias libres. Estas bandas son 902 Mhz, 2.4 GHz y 5.8 GHz. Además de esta, también ha especificado las bandas UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) cada una de estas en el rango de los 5 GHz. (CWNA, 2017, p.6).

### **2.11.3 Instituto de Ingenieros Eléctricos Y Electrónicos**

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers.) es clave en la elaboración de los estándares ya que de estos hacen uso las tecnologías de la información en los Estados Unidos e internacionalmente. La IEEE crea los estándares dentro de las leyes establecidas por la FCC. La IEEE especifica muchos estándares de tecnologías como la Criptografía de Clave Pública (IEEE 1363), FireWire (Es una tecnología para la entrada/salida de datos en serie a alta velocidad y la conexión de dispositivos digitales) (IEEE 1394), Ethernet (802.3), y Redes inalámbricas (IEEE 802.11). (CWNA, 2017, p.10).

---

<sup>1</sup> FCC. - Federal Communications Commission

#### **2.11.4 Wi-Fi Alliance**

Wi-Fi Alliance nació en el 2002 pasando de WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) la cual fue creada en 1999. Esta fomenta la compatibilidad entre las tecnologías Ethernet inalámbricas basadas en los estándares IEEE 802.11. Esta organización garantiza la interoperabilidad mediante un logo Wi-Fi que advierte como producto certificado.

#### **2.11.5 Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones**

Es Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI, European Telecommunications Standards Institute) se encarga de producir estándares de comunicaciones para Europa en la misma vía que el IEEE es para los Estados Unidos.

#### **2.11.6 Competencia de Tecnologías**

Hay varias tecnologías que compiten con la familia de estándares 802.11. Como los negocios necesitan cambiar, y las tecnologías mejorar, se continúan nuevos estándares creados para soportar la competencia del mercado como nuevas invenciones. Otras tecnologías inalámbricas LAN y estándares que están operativas hoy son:

##### ***2.11.6.1 Asociación de Datos Infrarrojos***

La Asociación de Datos Infrarrojos (IrDA, Infrared Data Association), no es una estándar como Bluetooth, HomeRF, and la series de estándares 802.11; IrDA es una organización fundada en junio de 1993, su objetivo es crear interoperabilidad, bajo costo, baja potencia, posee transmisión half dúplex. Esta tecnología es más usada en calculadores, impresoras y en lugares como oficinas.

#### **2.12 Clasificación de las Redes Inalámbricas por El Alcance**

- Redes Inalámbricas de Área Personal(WPAN)
- Redes Inalámbricas de Área Local(WLAN)
- Redes Inalámbricas de Área Metropolitana(WMAN)
- Redes Inalámbricas de Área Extensa(WWAN)

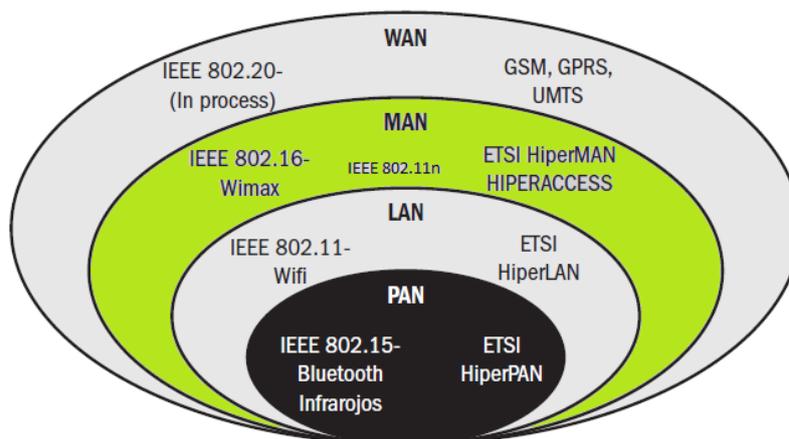


Figura 2.7: Clasificación de las redes inalámbricas por el alcance

Fuente: Salvetti, D. (2017). Redes Wireless. (1a. Ed). Buenos Aires: Fox Andina; Dalaga.

### 2.13 Estándares IEEE 802

En febrero de 1980 el IEEE formó un comité sobre redes locales y más tarde sobre redes metropolitanas con el propósito de estandarizarlas. Le denominaron con el número 802. Se decidió normar el nivel físico y el de enlace. Dividiendo el nivel de enlace correspondiente a la capa 2 del modelo OSI (Open System Interconnection) en dos subniveles: el de enlace lógico (LLC, Logical Link Control), este se encarga de la lógica de control de flujo y comprobación de errores, y el subnivel de control de acceso al medio (MAC, Medium Access Control), encargado de gestionar los conflictos de acceso simultáneo en la red de las estaciones (ver Tabla 2.4).

El proyecto 802 se desarrolló bajo el modelo OSI. Este tiene el propósito de desarrollar normativas para que los fabricantes de las distintas tecnologías, y las mismas tengan interoperabilidad, y puedan integrarse sin problemas. (Ruiz, 2016, p.110).

Tabla 2.4: Relación entre IEEE 802 y Modelo OSI

OSI	Capas IEEE 802
<b>Aplicación</b>	
<b>Presentación</b>	
<b>Sesión</b>	
<b>Transporte</b>	
<b>Red</b>	
<b>Enlace</b>	Control de Enlace Lógico(LLC)

Control de Acceso al Medio (MAC)	
<b>Física</b>	Física

Fuente: TELECO (2018). Estándar IEEE 802 para Redes. España: Teleco.

En la Tabla 2.5 se exponen algunos grupos de trabajo IEEE 802.

Tabla 2.5: Familia de estándares de IEEE 802

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
<b>IEEE 802</b>	Generalidades y Arquitectura
<b>IEEE 802.1</b>	Puentes y Administración
<b>IEEE 802.2</b>	Control Lógico de Enlace
<b>IEEE 802.3</b>	Ethernet
<b>IEEE 802.11</b>	Redes inalámbricas LAN/MAN
<b>IEEE 802.15</b>	Redes inalámbricas PAN
<b>IEEE 802.16</b>	Redes inalámbricas de Banda Ancha MAN
<b>IEEE 802.17</b>	Anillos de paquetes con recuperación, orientado a anillos de fibra óptica.
<b>IEEE 802.20</b>	Acceso Inalámbricas de Banda Ancha Móvil
<b>IEEE 802.21</b>	Servicios Handover Independientes de Medio
<b>IEEE 802.22</b>	Redes Inalámbricas de Área Regional.

Fuente: IEEE (2018). Estándares de IEEE 802 EEUU: IEEE

En la Figura 2.8 se muestra cómo interactúan los grupos de trabajo IEEE 802.

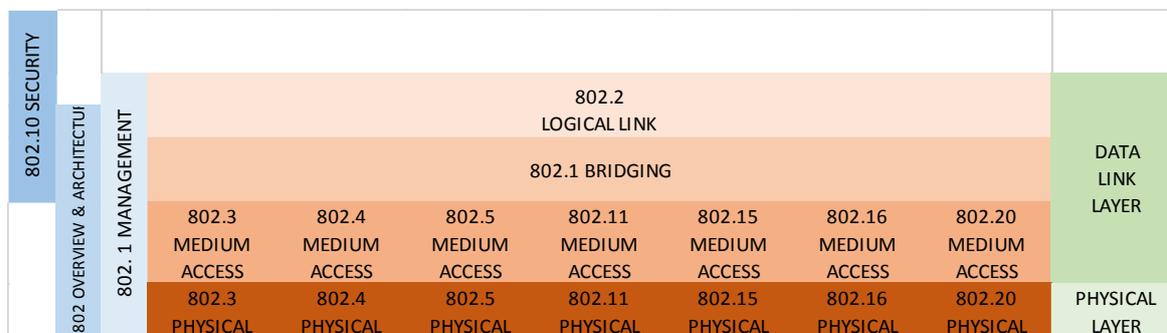


Figura 2.8: Interacción de Estándares IEEE 802

Fuente: Adaptado de Simó, F. (2007). Los estándares de la familia IEEE 802.11. EEUU: AlfaOmega

### 2.13.1 Wi-Fi para Larga Distancia

Se ha presentado hasta aquí un panorama global de las tecnologías inalámbricas y las organizaciones que regulan las mismas, en el devenir de esta sección nos enfocares en la comunicación inalámbrica, específicamente en el estándar que gobierna Wi-Fi.

El propósito de este tipo de redes inalámbricas es proporcionar acceso y conectividad hacia las redes cableadas. Esto se consolidó con la aparición del estándar IEEE 802.11 en junio del 1997. En esta norma se encuentran las especificaciones de capa física y capa enlace, esta última se subdivide en: subcapa LLC y subcapa MAC.

Wi-Fi para largas distancias (WiLD, de WiFi based Long Distance), desde el 2001, es una de las tecnologías que más se ha tenido en consideración para las comunicaciones de largas distancias, esta se basa en los estándares de la IEEE 802.11. Sus ventajas de costo, uso de bandas de frecuencias no licenciadas y su gran ancho de banda, han despertado el interés de diferentes agentes tecnológicos de la industria de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs). Se tiene que varios fabricantes de equipos Wi-Fi para soluciones exteriores han abierto líneas de producto que poseen circuitos Wi-Fi con una capa MAC TDMA(Time division multiple access) libre de colisiones.

Como consecuencia de la evolución de la tecnología Wi-Fi para enlaces a larga distancia, el IEEE, recopiló las versiones y enmiendas del estándar IEEE 802.11 en el año 2007, reformo al estándar para tecnologías de banda ancha tanto para redes inalámbricas locales como metropolitanas.

### **2.13.2 Historia de Wi-Fi y Estándares IEEE 802.11**

Los sistemas inalámbricos LAN datan de 1986. Estos eran propietarios y lentos. En 1993 fueron apareciendo sistemas de mayor envergadura que funcionaban en la banda de frecuencia de 2.4 GHz.

El IEEE aprobó el estándar 802.11 en junio de 1997. En esta se especifican el funcionamiento de las redes inalámbricas LAN y más tarde MAN, en esta norma se tienen velocidades teóricas de 1 y 2 Mbps en la banda libre de 2.4 GHz que se transmiten en sistemas de infrarrojos.

Este estándar IEEE 802.11 fue diseñada para reemplazar su equivalente a las capas física y enlace del estándar 802.3. Entonces la diferencia radica en la transmisión los paquetes de datos, lo que hace IEEE 802.11 sea compatible con 802.3 en todos sus servicios.

#### **2.13.2.1 IEEE 802.11a y IEEE 802.11b**

Siguiendo el borrador del estándar IEEE 802.11b, en 1998 aparecieron los primeros sistemas en el mercado que tenían tasas de transmisión a 11 Mbps y funcionaban en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, que se ratificó finalmente en septiembre de 1999, esto junto al estándar IEEE 802.11a esté funcionando en la banda de frecuencia de 5 GHz con una velocidad teórica máxima de 54 Mbps.

#### **2.13.2.2 IEEE 802.11g**

En el 2003 aparece IEEE 802.11g que posee una velocidad teórica máxima de 54 Mbps en la banda de frecuencia de 2.4 GHz., esta es compatible con IEEE 802.11b.

#### **2.13.2.3 IEEE 802.11n**

El estándar IEEE 802.11n se ratificó el 11 de septiembre de 2009, después de haberse puesto en marcha en el año 2002, funcionando en bandas de frecuencia de 2.4 y 5 GHz. Permitiendo alcanzar velocidades de 300 Mbps reales y 600 Mbps teóricos. Posee compatibilidad con los estándares 802.11a/b/g. Presenta la tecnología Multiple Input – Multiple Output (MIMO), la misma que me permite usar varios canales en la transmisión para enviar y recibir datos, esto gracias a la implementación de diferentes antenas. Las versiones de 802.11a/b/g posee un ancho de banda de 20 MHz, en el estándar IEEE 802.11n dispone de un ancho de banda de 40MHz, también las subportadoras cambian de 52 a 108, produciendo un rendimiento de canal de 300 Mbps.

### 2.13.2.4 IEEE 802.11ac

El estándar IEEE 802.11ac se ha desarrollado entre 2011 y 2013 ratificándose en 2014, operando en la banda de frecuencia de 5 GHz permitiendo velocidades de hasta 1,3 Gbps de manera teórica.

El estándar IEEE 802.11 ac posee las siguientes características:

**Ancho de canal:** 80MHz – 160MHz.

**Modulación:** 256 QAM (Quadrature Amplitud Modulation) Modulación por Amplitud en Cuadratura.

**Multi-user MIMO(MU MIMO):** Soporta transmisiones simultáneas a múltiples clientes.

**Beamforming:** Modelado de Haz. La señal es concentrada al dispositivo receptor.

**Compatibilidad:** 802.11a / n.

**Energía:** Consumo de energía menor.

Tabla 2.6: Comparación Estándar IEEE 802.11n vs IEEE 802.11ac

CARACTERÍSTICAS	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac
Frecuencia de Operación	2.4GHz y 5GHz	5GHz
Canales	20,40MHz	20,40,80 y hasta 160 MHz
Streams	1 a 4	1 a 8
MU-MIMO	No	Si
Máxima tasa de transferencia por radio(1x1)	150 Mbps	450 Mbps
Máxima tasa de transferencia por radio(3x3)	450 Mbps	1.3 Gbps

Fuente: WNI (2018) Estándar inalámbrico 802.11ac. México: WNI

La velocidad que se consigue en el receptor depende del número de antenas que posea. La velocidad máxima teórica es 1.3 Gbps y en la práctica alrededor de 0.2 Gbps con tres antenas.



Figura 2.9: Realidad Velocidad WiFi

Fuente: ComputerHoy. (2018) Realidad de la velocidad WiFi. España: ComputerHoy

### 2.13.2.5 Wi-Fi Alliance

En 1999 un grupo de empresas se unieron formando la asociación WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance). Esta asociación en 2003 pasó a denominarse Wi-Fi Alliance. Su objetivo fue fomentar la tecnología Wi-Fi y asegurar la compatibilidad de equipos. Así Wi-Fi Alliance desde abril de 2000 certifica la interoperabilidad de equipos bajo la marca Wi-Fi.

En el 2002 la asociación contaba con 150 miembros, en el 2014, año en curso, cuenta con 600 compañías miembros alrededor del mundo.

### 2.13.3 Evolución de la Norma IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 ha tenido diferentes cambios, obteniéndose como resultado diferentes versiones mejoradas. De esta forma, en la siguiente Tabla 2.7 se presenta las principales características de los estándares anteriormente mencionados.

Tabla 2.7: Descripción general de las capas físicas 802.11

Versión	Fecha	Banda	Velocidad de Transmisión (max.)	Modulación	Compatibilidad
<b>IEEE 802.11</b>	1997	2.4 GHz	1, 2 Mbps	DHSS, FHSS	
<b>IEEE 802.11b</b>	1999	2.4 GHz	11 Mbps	DHSS	Con IEEE 802.11
<b>IEEE 802.11a</b>	2000	5.8 GHz	54 Mbps	OFDM	Con ningún otro estándar

<b>IEEE 802.11g</b>	2003	2.4 GHz	54 Mbps	OFDM	Con IEEE 802.11 y IEEE 802.11b
<b>IEEE 802.11n</b>	2009	2.4/5 GHz	150, 300, 600 Mbps	OFDM, MIMO	Con todas las versiones
<b>IEEE 802.11ac</b>	2013	5 GHz	1.3Gbps	256 QAM, 8 MIMO	Con versiones anteriores

Fuente: Adaptada de Andreu, F., Pellejero, I. & Lesta, A. (2015). Estándares de Capa Física y de enlace. Marcombo, Barcelona.

### 2.13.4 Estándares de Optimización 802.11

La familia IEEE 802.11 posee una serie de estándares como extensiones, cuyo objetivo es la integración a los estándares base nuevas funcionalidades, como optimización y evolución de los mismos. A continuación, se resume los estándares más sobresalientes (ver Tabla 2.8).

Tabla 2.8: Estándares físicos y de optimización

Estándares IEEE		
802.11	Capa del modelo OSI en el que son de aplicación	Descripción
<b>a</b>	Física	Capa física con velocidades de hasta 54 Mbps operando en la banda de 5 GHz.
<b>b</b>	Física	Capa física con velocidades de hasta 11 Mbps operando en la banda de 2,4 GHz.
<b>c</b>	MAC	Operaciones de bridging.
<b>d</b>	Física	Dominios internacionales.
<b>e</b>	MAC	Modificación de la capa MAC para proveer calidad de servicio.
<b>F</b>	Ambas	Interoperabilidad entre puntos de acceso.
<b>g</b>	Física	Capa física con velocidades de hasta 54 Mbps operando en la banda de 2,4 GHz.
<b>h</b>	Ambas	Coordinación con los estándares HiperLAN2 europeos.
<b>i</b>	MAC	Estándar para dotar a las redes de seguridad.
<b>j</b>	Ambas	Estándar específico para regular las bandas de frecuencia japonesas de 4,9 y 5 GHz.
<b>k</b>	Ambas	Mejora del estándar original para permitir la gestión de recursos radio.
<b>m</b>	Ambas	Mantenimiento de estándares previos.
<b>n</b>	Ambas	Capa física con velocidades de hasta 300 Mbps operando en la banda de 2,4 y 5 GHz.
<b>p</b>	MAC	Modificación de la capa MAC para permitir el hand-off a velocidades vehiculares.
<b>r</b>	MAC	Modificación de la capa MAC para permitir roaming rápido.
<b>s</b>	Ambas	Estándar para las redes Mesh.

Fuente: Adaptada de Andreu, F., Pellejero, I. & Lesta, A. (2015). Estándares de optimización. Marcombo, Barcelona.

### 2.13.5 Características Técnicas de la Tecnología Wi-Fi

El estándar 802.11 posee los lineamientos de la familia 802, es decir, en ella se especifican la capa física y la subcapa MAC de la capa de enlace.

En la capa física se tiene a su vez dos subcapas. La subcapa inferior Dependiente del Medio Físico (PMD, de Physical Media Dependent), está se corresponde con el medio físico a utilizarse, específicamente con el conjunto de especificaciones de cada sistema de transmisión. La subcapa de Procedimiento de Convergencia de Capa Física (PLCP, por Physical Layer Convergence Procedure), se encarga de hacer transparente de cara a la capa MAC las peculiaridades de la subcapa PMD. (Véase Figura 2.10)

En la subcapa MAC se encuentran los lineamientos del protocolo de acceso al medio, así como el proceso de fragmentación de las tramas, mecanismos de encriptación en la confidencialidad de los datos a transmitir, envío de acuse de recibo (ACK, de acknowledgement)

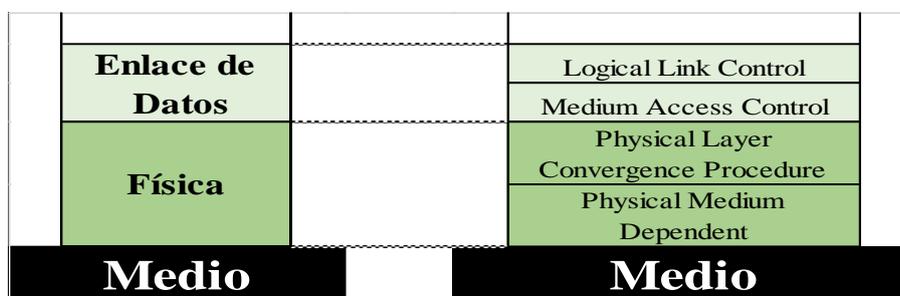


Figura 2.10: Capas Física y Enlace IEEE 802.11  
Fuente: Iván Bernal. (2015). Estándar 802.11. Quito: EPN

## 2.14 Generalidades Capas IEEE 802.11

### 2.14.1 Capa Física

La capa física define la codificación y decodificación de las señales, modulación, señalización y aspectos de la transmisión de datos.

Existen dos tecnologías de radiofrecuencias, la banda estrecha y banda ensanchada. A nivel físico se utiliza el espectro ensanchado, esta consiste que la señal de información se

difunde a lo largo de ancho de banda que posee, en consecuencia, en lugar de concentrar la energía de las señales alrededor en una portadora lo que hace es repartirla en toda la banda de frecuencia disponible. Los usuarios comparten el ancho de banda total. Dentro del espectro ensanchado existen dos tecnologías:

#### ***2.14.1.1 Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)***

El Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS, por Direct Sequence Spread Spectrum) es una técnica que produce una señal de chip (patrón de bits redundante) para cada uno de los bits que componen la señal, para esparcir la velocidad de transmisión y en consecuencia el ancho de banda. (Carpenter, 2017, p.122)

#### ***2.14.1.2 Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia (FHSS)***

El Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia (FHSS, por Frequency Hopping Spread Spectrum) es una técnica la cual transmite una parte de la información en una frecuencia, esto en un intervalo de tiempo (dwell time) e inferior a 400 ms. Cuando pasa este tiempo la frecuencia de emisión cambia y se transmite a otra determinada frecuencia. Los saltos de frecuencia se dan mediante un orden de secuencia pseudoaleatoria. (Carpenter, 2017, p.121)

#### ***2.14.1.3 Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM)***

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM, de Orthogonal Frequency División Multiplexing), consiste esta tecnología en enviar un conjunto de portadoras de diferentes frecuencias, donde cada frecuencia transporta una información y esta es modulada en Modulación de Conmutación en Fase (PSK, por Phase Shift Keying) o Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM, de Quadrature Amplitude Modulation). (Carpenter, 2017, p. 123)

#### **2.14.1.4 Modulación**

Es el proceso de cambiar las propiedades de la portadora, esto en proporción con la señal de inteligencia o información. Esta técnica nace por la necesidad de transferir la información de un punto a otro de manera eficiente.

Tipos de Modulación:

- Modulación por conmutación en fase (PSK, Phase Shift Keying)
- Modulación de amplitud en cuadratura (QAM, Quadrature Amplitude Modulation)
- Modulación por conmutación en frecuencia (FSK, Frecuency Shift Keying)
- Modulación por conmutación en amplitud (ASK, Amplitude Shift Keying)

#### **2.14.1.5 Múltiple entrada múltiple salida (MIMO)**

Múltiple entrada múltiple salida (MIMO, de Multiple-input Multiple-output), esta técnica consiste a la forma en que son manipuladas las ondas de transmisión y de recepción en la antena. Es una tecnología que utiliza múltiples antenas para hacer uso de las señales reflejadas para proporcionar ganancias en la robustez del canal y el rendimiento. Conduciendo al aumento en la eficiencia espectral de un sistema de radio por medio una correcta utilización del dominio espacial.

#### **2.14.1.6 Subcapa PLCP (Physical Layer Convergence Procedure)**

Protocolo de Convergencia de Capa física, “define un método para transformar o asociar los PDUs de la MAC a un formato adecuado para la transmisión y recepción de datos entre estaciones que utilizan una capa PMD asociada.”(Bernal, 2016, p.26).

#### **2.14.1.7 Subcapa PMD (Physical Medium Dependent)**

Subcapa dependiente del medio físico, “define las características y el método de transmitir/recibir datos del usuario utilizando un medio inalámbrico. Bajo la dirección del PLCP realiza la transmisión/recepción propiamente dicha e interactúa con el medio inalámbrico y realiza modulación/demodulación. ” (p.26).

### **2.14.2 Capa Enlace – Protocolo MAC 802.11**

Esta subcapa MAC cubre tres áreas funcionales: Entrega confiable datos, Control de Acceso y Seguridad. En este nivel se utiliza un algoritmo de acceso denominado CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance). Este protocolo consiste en evitar colisiones. No obstante, CSMA/CA presenta situaciones que podrían degenerar en problemas según sea el caso como son:

#### **2.14.2.1 Nodos ocultos**

Se da cuando una estación cree que el canal está libre, cuando en realidad está siendo ocupado por otra estación que no la detecta.

#### **2.14.2.2 Nodos expuestos**

Se da cuando una estación cree que el canal está ocupado, cuando en realidad está libre ya que el nodo al que escucha no le interferiría para transmitir a otro destino.

La solución a los nodos ocultos y expuestos según 802.11 es MACA (MultiAccess Collision Avoidance). Este protocolo trabaja de la siguiente forma:

Antes de transmitir el emisor envía una trama RTS (Request to Send), indicando la longitud de datos que quiere enviar. El receptor le contesta con una trama CTS (Clear to Send), repitiendo la longitud. Al recibir el CTS, el emisor envía sus datos. Los nodos seguirán una serie de normas para evitar los nodos ocultos y expuestos: Al escuchar un RTS, hay que esperar un tiempo por el CTS; Al escuchar un CTS, hay que esperar según la longitud. (CLANAR Internacional, 2015, p.33).

Al argumento anterior, se presenta una solución final de IEEE 802.11 es la utilización de MACA con CSMA/CA para evitar los RTS y CTS.

#### **2.14.2.3 Características Arquitectura MAC IEEE 802.11**

Las MAC IEEE 802.11 provee las siguientes funciones: Scanning, Sincronización, Transmisión de Trama, Autenticación, Asociación, Reasociación, Protección de datos, Administración de potencia. Además, posee las siguientes funcionalidades:

- Determina en un medio inalámbrico cuando una estación es capaz de transmitir y recibir datos de protocolo a nivel MAC.
- Se vale de MACA (CSMA/CA con RTS/CTS) como protocolo de acceso al medio.
- Se vale de ACKs, esto provoca retransmisiones si no se recibe.
- Utiliza el campo Duration/ID, este contiene el tiempo de reserva de transmisión y ACK.
- Posee fragmentación de datos.
- Da prioridad a tramas con el espaciado entre tramas (IFS).
- Soporta Broadcast y Multicast sin ACKs.

### **2.14.3 Protocolo CSMA/CA IEEE 802.11**

El protocolo de Acceso Múltiple por Detección de Portadora / Evitando Colisiones su modo de operación consiste en:

Cuando una estación quiere enviar una trama escucha primero para ver si alguien está transmitiendo. Si el canal está libre, la estación transmite; si está ocupado, se espera a que el emisor termine y reciba su ACK, después, se espera un tiempo aleatorio y transmite. El tiempo en espera se mide por intervalos de duración constante. Al terminar espera a que el receptor le envíe una confirmación (ACK). Si ésta no se produce dentro de un tiempo prefijado, considera que se ha producido una colisión, en cuyo caso repite el proceso desde el principio. (CLANAR Internacional, 2015, p.33).

#### **2.14.3.1 Detección de Portadora**

Es el proceso de comprobación para ver si el medio está en uso u ocupado. En IEEE 802.11, hay dos tipos de detección de portadora que se realiza: detección de portadora virtual y detección de portadora física.

### 2.14.3.2 *Detección de portadora física (Physical carrier sense)*

Esta utiliza Clear Channel Assessment (CCA) para determinar si el medio físico está en uso. CCA se lleva a cabo mediante el control del medio para determinar si la cantidad de energía de RF detectada excede un umbral particular. Una estación puede ser capaz de escuchar el punto de acceso y el punto de acceso puede ser capaz de escuchar a la otra estación, pero las dos estaciones pueden no ser capaces de escuchar a los demás. Esto da como resultado lo que se conoce comúnmente como el problema del nodo oculto. (Carpenter, 2017, p.161).

### 2.14.3.3 *Detección de portadora virtual (Virtual Carrier Sense)*

Esta utiliza un vector de asignación de red (NAV, por network allocation vector). El NAV es un contador de tiempo en cada estación que se utiliza para determinar si la estación puede utilizar el medio. Si el NAV tiene un valor de 0, la estación puede competir por el medio. Si el NAV tiene un valor mayor que 0, la estación debe esperar hasta que el temporizador llegue a 0 para contender por el medio. Estaciones configuran sus temporizadores NAV según campos Duración en otros marcos con el medio. (Carpenter, 2017, p.162).

Tanto en el sentido de soporte físico y la detección de portadora virtual, deben mostrar que el medio está disponible antes de que la estación puede competir por el acceso. En este proceso se maneja una serie de intervalos para el método de acceso (ver Figura 2.11).

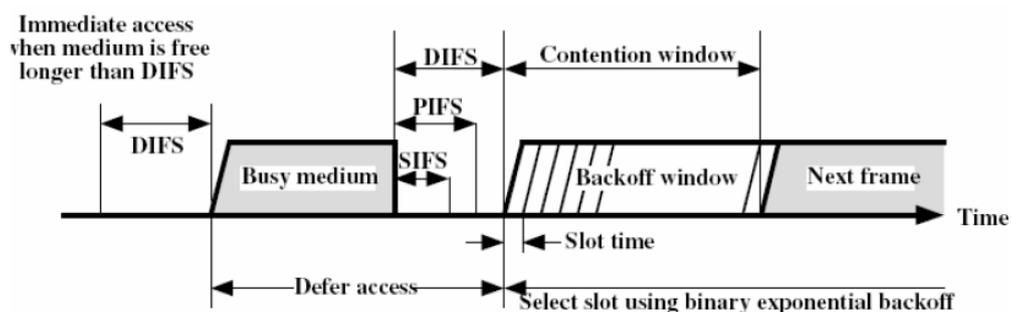


Figura 2.11: Intervalos en el método de acceso al medio.

Fuente: Bernal, I. (2005). IEEE 802.11 MAC. Comunicaciones Inalámbricas. (p.56). Quito: Escuela Politécnica Nacional.

A continuación, se explica en que consiste el espaciado entre tramas y sus diferentes tipos a partir de este.

#### **2.14.3.4 Espacio entre Tramas (*Interframe Spacing*)**

Después que la estación ha determinado que el medio está disponible, debe observar las políticas de espacio entre tramas (IFS, por interframe spacing). IFS es un intervalo de tiempo, este espacio asegura que las tramas no se superponen entre sí. El intervalo de tiempo difiere, dependiendo del tipo de trama. (Carpenter, 2017, p.163).

IFS es una característica que permite a la transmisión de tramas ser procesados de una manera oportuna.

Los tipos de IFS definidos por la norma IEEE 802.11 son:

#### **2.14.3.5 Espacio entre tramas corto (*SIFS*)**

Espacio entre tramas corto (SIFS, por Short interframe spacing) es el más corto de los parámetros IFS disponibles. Las tramas que son especificadas para usar SIFS tomarán prioridad sobre las tramas que son especificadas para usar PIFS, DIFS, o IFS extendidas (EIFS). (Carpenter, 2017, p.163).

Mientras el SIFS es el más corto de los IFS, estaciones que están esperando para enviar tramas y se las ha especificado para usar intervalo SIFS tendrá que esperar un tiempo más corto y por lo tanto tiene acceso al medio inalámbrico antes que otras estaciones especificadas con otros tipos de intervalo IFS. (Carpenter, 2017, p.164).

Es utilizado por tramas como: ACK, Clear to Send (CTS), Request to Send (RTS).

#### **2.14.3.6 Espacio entre tramas punto (*PIFS*)**

El espacio entre tramas punto (PIFS), función de coordinación, no es ni el intervalo más corto ni más largo; resulta en una prioridad mayor que DIFS, pero menos que SIFS. Cuando un punto de acceso necesita cambiar la red desde el modo de función de coordinación distribuida (DCF) para el modo PCF, utilizará marcos PIFS. (Carpenter, 2017, p.164).

#### **2.14.3.7 Espacio entre tramas distribuido (DIFS)**

Espacio entre tramas distribuido (DIFS), es el más largo de los tres IFS tipos cubiertos hasta ahora. Es utilizado por las tramas de datos estándar. El mayor intervalo de retardo garantiza que las tramas especificadas para intervalos SIFS y PIFS son capaces de transmitir antes que tramas de datos DIFS. (Carpenter, 2017, p.165).

#### **2.14.3.8 Espacio entre tramas extendido (EIFS)**

Espacio entre tramas extendido (EIFS, por Extended interframe spacing) es usado cuando una recepción de trama comienza, pero la trama recibida es incompleta o está dañado basado en el valor de secuencia de chequeo de trama (FCS, de Frame Check Sequence). Cuando la última trama recibida de la estación fue dañada, la estación utiliza EIFS para la siguiente trama que se transmite. El intervalo EIFS es el más largo de los intervalos de IFS. (Carpenter, 2017, p.165).

#### **2.14.3.9 Ventana de Contención**

El intervalo de retardo IFS no es el final de la espera para los dispositivos que están buscando tiempo en el WM (Wireless Medium). Después de que el intervalo de retardo IFS ha pasado, el dispositivo debe entonces iniciar un algoritmo de backoff aleatoria y entonces contener por el WM si la función de coordinación distribuida (DCF) está en efecto. Este algoritmo de backoff aleatoria es procesado y se aplica utilizando la ventana de contención. (Carpenter, 2017, p. 165).

#### **2.14.3.10 Tiempos de Backoff Aleatorios**

Todas las estaciones tienen una trama para transmitir elegir un período de tiempo aleatorio dentro de la gama especificada como la ventana de contención. A continuación, el algoritmo predefinido multiplica el número entero elegido al azar por una ranura de tiempo (slot time). El intervalo de tiempo es un intervalo de tiempo de longitud fija que se define para cada capa física. (Carpenter, 2017, p.166).

### 2.14.4 Tipos y Formatos de Tramas

Si bien hay similitudes entre las tramas de los estándares IEEE 802.3 y 802.11, también hay diferencias.

### 2.14.5 Formato de trama IEEE 802.11

La primera diferencia entre tramas IEEE 802.3 y 802.11 es el tamaño de la trama. Las tramas IEEE 802.3 soportan un máximo 1500 bytes. Las tramas IEEE 802.11 soportan un máximo de 2304 bytes. (Carpenter, 2017, p.168).

La segunda diferencia entre tramas 802.3 and 802.11 es los campos de direcciones MAC. Las tramas 802.3 tienen solo dos campos de direcciones MAC, mientras las tramas 802.11 tienen hasta cuatro campos. Estos campos pueden contener los siguientes tipos de direcciones MAC:

- Basic Service Set Identifier (BSSID)
- Dirección de destino (DA, por Destination Address)
- Dirección Origen (SA, por Source Address)
- Dirección de Recepción (RA, por Receiver Address)
- Dirección de Transmisor (TA, de Transmitter Address)

A continuación, se muestran gráficamente los parámetros de la trama 802.11 (ver Figura 2.12).

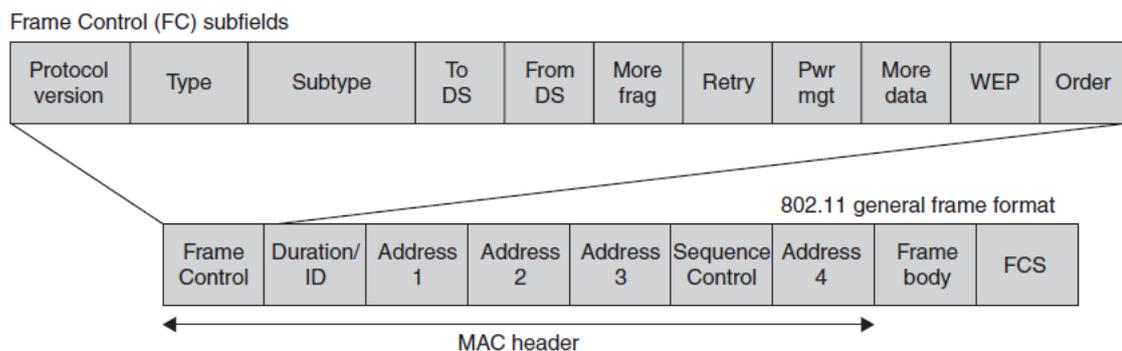


Figura 2.12: Trama general IEEE 802.11

Fuente: Carpenter, T. (2017). IEEE 802.11 In Depth. Barreth, J. (4ta Ed.) CWNA. (4ta Ed., p. 169). Estados Unidos de América: McGraw-Hill

- **Versión:** Determina la versión de protocolo.
- **Type (tipo):** Determina el tipo de trama: datos, control y administración.
- **Subtype(Subtipo):** Determina la función de trama (RTS, CTS y ACK).
- **Hacia DS, Desde DS:** Indica si la trama va dirigida hacia o tiene su origen DS
- **More Fragmentes (MF):** Indica que siguen más fragmentos.
- **Retry (Reintentar):** Determina que la trama es un reenvío.
- **Power management (Pwr):** Determina cuando dormir o despertar a una estación.
- **More, More data:** Determina si hay tramas adicionales para enviar.
- **W:** Wire Equivalent Privancy (Privacidad Equivalente a la Cableada).
- **O:** El bit en 1 presente en las tramas, deben ser procesadas en orden estricto.
- **Duración:** Indica cuanto tiempo va a estar ocupado el canal por esta trama.
- **Dirección 1, 2, 3, 4:** Indica dirección origen y destino; y las de los AP intermediarios en su caso.
- **Sequence:** Número de secuencia (cuando la trama es un fragmento)

## 2.14.6 Tipos de tramas

### 2.14.6.1 Tramas de Gestión

Tramas de gestión constituyen la mayoría de los tipos de tramas en una red 802.11. Tramas de gestión son utilizadas por las estaciones inalámbricas para unirse y salir de la red. Son necesarias debido a las redes inalámbricas es un medio sin límites, es necesario en la estación inalámbrica para encontrar primero una red inalámbrica compatible, entonces autenticarse a la red, y luego asociarse a la red, con un punto de acceso, para obtener acceso a la red cableada, sistema de distribución. Los subtipos de tramas de gestión son: Solicitud de Asociación, Respuesta de Asociación, Solicitud de Reasociación, Respuesta de Reasociación, Solicitud de Sonda, Respuesta de Sonda, Beacon, Mensaje de indicación de

tráfico Anuncio, Disociación, Autenticación y Desautenticación. (Coleman y Westcott, 2017, p.163).

#### **2.14.6.2 Tramas de Control**

Tramas de control ayudan con la entrega de las tramas de datos. Las tramas de control deben ser capaces de ser escuchadas por todas las estaciones; tramas de control se utilizan para limpiar el canal, adquirir el canal, y proveer tramas unicast de reconocimientos. Ellos contienen sólo información de encabezado. Se tiene los siguientes subtipos de tramas de control: Ahorro de energía (PS, de Power Save)-Poll, Solicitud de envío (RTS, por Request to send), Limpiar para enviar (CTS, por Clear to send), Reconocimiento (ACK, por Acknowledgment), Libre contención (CF, de Contention-Free)-End (PCF-Only), CF-End + CF-ACK (PCF-Only). (Coleman y Westcott 2008, p.176).

#### **2.14.6.3 Tramas de Datos**

Las tramas de datos llevan a los datos reales que se transmite de los protocolos de capa superior. Tramas nulas son usadas por el modo de ahorro de energía para informar al punto de acceso de los cambios en el estado de ahorro de energía. Los subtipos de tramas de datos son: Data, Null Function (no data), Data + CF-ACK (en PCF), Data + CF-Poll (en PCF), Data + CF-ACK + CF-Poll (en PCF), CF-ACK (no data) (en PCF), CF-Poll (no data) (en PCF) y CF-ACK + CF-Poll (no data) (en PCF)

#### **2.14.6.4 Trama de gestión Beacon**

La trama de administración beacon es un tipo especial de trama utilizado en redes IEEE 802.11. Esta trama se refiere a menudo como beacon, ya que este es el subtipo de trama especificado en el estándar IEEE 802.11. (Carpenter ,2017, p. 176).

### **2.15 Arquitectura de Red 802.11**

En esta sección expone la Arquitectura de Red 802.11, su funcionamiento y desarrollo de acuerdo al estándar IEEE 802.11.

### **2.15.1 Localización de una red inalámbrica**

Al instalar, configurar, y, finalmente, poner en marcha un dispositivo de cliente inalámbrico, el cliente automáticamente "escucha" para ver si hay una red inalámbrica dentro del alcance. El cliente también es descubriendo si puede asociarse con una red inalámbrica. Este proceso de escucha se le llama escaneo (scanning). El escaneo ocurre antes de cualquier otro proceso, ya que el escaneo es cómo el cliente encuentra la network.

Hay dos tipos de escaneo: escaneó pasivo y escaneó activa. En la búsqueda de un punto de acceso, estaciones cliente siguen una señal que deja el punto de acceso. Estas señales son llamados identificadores de conjunto de servicios (SSID) y beacons. Estas herramientas sirven como un medio para una estación de cliente para encontrar cualquier y todos los puntos de acceso.

### **2.15.2 Identificador de un Conjunto de Servicio (SSID)**

El identificador de conjunto de servicios (SSID, de service set identifier) es un valor alfanumérico único de 2- 32 caracteres de largo utilizado por las redes inalámbricas como un nombre de red. Este nombre de nomenclatura se utiliza para segmentar redes, como medida de seguridad rudimentaria.

### **2.15.3 Beacons**

Beacons (trama de gestión beacon) son tramas cortas que se envían desde el punto de acceso a las estaciones (modo infraestructura) o estación a estación (modo ad hoc) con el fin de organizar y sincronizar la comunicación inalámbrica. (Carpenter, 2017, p.168).

### **2.15.4 Escaneo Pasivo**

Escaneo pasivo (Passive Scanning) es el proceso de escuchar para beacons en cada canal por un período específico de tiempo después de que se inicializa la estación. Estas beacons son enviados por los puntos de acceso (modo infraestructura) o estaciones cliente (modo ad

hoc), y la estación de escaneo las características de los puntos de acceso o estaciones en base a las beacons. (Carpenter, 2017, p.177).

### **2.15.5 Escaneo Activo**

Escaneo activo (Active scanning) implica el envío de una trama de petición de sonda desde una estación inalámbrica. Las estaciones que envían una trama de sonda cuando están buscando activamente una red para unirse. (Carpenter, 2017, p.180).

### **2.15.6 Autenticación y Asociación**

El proceso de conexión a una red inalámbrica se compone de dos sub-procesos separados. Estos subprocesos ocurren siempre en el mismo orden, y se llaman de autenticación y asociación. La asociación, se produce en la conectividad de capa 2 y autenticación se refiere directamente a la tarjeta de radio, no para el usuario.

#### **2.15.6.1 Autenticación**

El primer paso en la conexión a una inalámbrica es la autenticación. La autenticación es el proceso mediante el cual un nodo inalámbrico tiene su identidad verificada por la red a la que el nodo está intentando conectarse. Esta verificación se produce cuando el punto de acceso al que se conecta el cliente verifica que el cliente es quien dice que es. (Carpenter, 2017, p.183).

#### **2.15.6.2 Asociación**

Una vez que un cliente inalámbrico ha sido autenticado, el cliente es asociado con el punto de acceso. Asociado es el estado en el que se permite a un cliente para pasar los datos a través de un punto de acceso. Es decir, se asocia a un punto de acceso, y por lo tanto, la red. (Carpenter, 2017, p.187).

### **2.15.7 Conjunto de Servicios 802.11**

Un conjunto de servicio es un término utilizado para describir los componentes básicos de una red inalámbrica en pleno funcionamiento. Hay tres formas de configurar una red

inalámbrica, y cada forma requiere un conjunto diferente de hardware. Las tres formas de configurar una red inalámbrica son:

- Conjunto de servicios básicos
- Conjunto de servicio extendido
- Conjunto de servicios básicos independientes

#### ***2.15.7.1 Access Point (AP)***

Cualquier entidad que tiene una estación funcionando y provee acceso al sistema de distribución vía un medio inalámbrico para estaciones asociadas.

#### ***2.15.7.2 Conjunto de servicios básicos (BSS)***

Cuando un punto de acceso está conectado a una red cableada y un conjunto de estaciones inalámbricas, la configuración de red se conoce como un conjunto de servicios básicos (BSS, por Basic Service Set). Un conjunto de servicio básico consta de un solo punto de acceso y uno o más clientes inalámbricos. Un conjunto de servicios básicos utiliza el modo de infraestructura, un modo que requiere el uso de un punto de acceso y en el que todo el tráfico inalámbrico atraviesa el punto de acceso. Certified Wireless Network Administrator, (Carpenter, 2017, p. 204).

#### ***2.15.7.3 Sistema de distribución (DS)***

Un sistema usado para interconectar un conjunto de BSSs e integrarla a la LAN para crear una ESS.

#### ***2.15.7.4 Conjunto de Servicio Extendido (ESS)***

Un conjunto de servicio extendido (ESS, por Extended Service Set) se define como dos o más conjuntos de servicios básicos conectados por un sistema de distribución común. El sistema de distribución puede ser ya sea por cable, inalámbrico, LAN, WAN, o cualquier otro método de conectividad de red. Un ESS debe tener al menos 2 puntos de acceso que

funcionan en modo de infraestructura. Similar a un BSS, todos los paquetes en un ESS deben pasar por uno de los puntos de acceso. (Carpenter, 2017, p. 207).

#### **2.15.7.5 Conjunto de Servicio Básico Independiente (IBSS)**

Un conjunto de servicios básicos independientes (IBSS, de Independent Basic Service Set) también se conoce como una red ad hoc. Un IBSS no tiene punto de acceso o cualquier otro acceso a un sistema de distribución, sino que abarca una sola célula y tiene un SSID. Los clientes en un IBSS alternan la responsabilidad de enviar los beacons ya que no hay punto de acceso para realizar esta tarea. (Carpenter, 2017, p.206).

Con el fin de transmitir datos fuera de un IBSS, uno de los clientes en el IBSS debe actuar como una puerta de enlace o enrutador, utilizando una solución de software para tal fin. En un IBSS, los clientes hacen conexiones directas entre sí durante la transmisión de datos, y por esta razón, un IBSS se refiere a menudo como una red peer to peer.

#### **2.15.7.6 Unidad de Datos de Protocolo MAC (MPDU)**

La unidad de datos intercambiados entre dos puntos (entidades MAC) usando los servicios de la capa físico.

#### **2.15.7.7 Unidad de Datos de Servicio MAC (MSDU)**

Información que es distribuida como una unidad entre usuarios MAC.

#### **2.15.7.8 Estación**

Cualquier dispositivo que contiene una MAC; y que trabajo para parámetros IEEE 802.11.

#### **2.15.7.9 Roaming**

Roaming es el proceso o la capacidad de un cliente inalámbrico para moverse sin problemas de una célula (o BSS) a otro sin perder la conectividad de red. Los puntos de acceso entregan al cliente fuera de uno a otro de una manera que es invisible para el cliente, asegurando la conectividad ininterrumpida. (Carpenter, 2017, p.214).

## **2.16 IEEE 802.11e y WMM(Wi-Fi Multimedia)**

Muchas tecnologías de red requieren una latencia muy baja, especialmente la convergencia: voz y datos en el mismo medio. Una manera de proporcionar una menor latencia es dedicar un medio a un solo par de los dispositivos; otra alternativa es identificar la información con alta prioridad y asegurar que la información tenga acceso preferencial al medio. Este es el fundamento de QoS(Quality of Service). (Carpenter, 2017, p.119).

IEEE 802.11e especifica el uso de EDCA y HCF. IEEE 802.11e fue ratificado el 22 de septiembre de 2005, en él se describe los mecanismos de calidad de servicio que se han convertido en el estándar para QoS en IEEE 802,11. El propósito de esta enmienda es como definir procedimientos MAC para soportar aplicaciones de calidad de servicio como voz, audio, y vídeo. (Carpenter, 2017, p.119).

### **2.16.1 Acceso de Canal Distribuido Mejorado (EDCA)**

Acceso de Canal Distribuido Mejorado (Enhanced distributed channel access), define ocho categorías de tráfico, o los niveles de prioridad. El tráfico que tiene el mayor nivel de prioridad tendrá acceso a la WM antes que el tráfico que tiene un menor nivel de prioridad. Estas ocho categorías de tráfico se definen por el valor de prioridad del usuario. Este valor puede ser de 0 a 7. Los valores de prioridad de usuario son idénticos a los utilizados en 802.1D(Es un estándar de IEEE para bridges MAC). (Carpenter, 2017, p. 192).

### **2.16.2 Función de Coordinación Híbrida (HCF)**

Función de Coordinación Híbrida (Hybrid Coordination Function), proporciona una capacidad preventiva al QAP (QoS AP) que no estaba disponible para un punto de acceso con el PCF. Un punto de acceso PCF, si estuviera disponible, tendría la capacidad de adelantarse a otras estaciones en el BSS durante el periodo libre de contención; sin embargo, no podía anticiparse a otras estaciones durante el periodo de contención. HCF añade esta capacidad. Esta preferencia no debe ser considerada como la interrupción de marco de

transmisión de una estación, sino más bien asegurar que el QAP será capaz de transmitir en el WM siguiente. (Carpenter, 2017, p. 193).

### **2.16.3 Función de Coordinación Distribuida (DCF)**

Es un método de acceso especificada en el estándar 802.11 que permite a todas las estaciones de una red inalámbrica competir por el acceso al medio de transmisión compartido (RF) usando el protocolo CSMA / CA. En este caso, el medio de transmisión es una porción de la banda de frecuencia de radio que la red inalámbrica está utilizando para enviar datos. (Carpenter, 2017, 189).

### **2.16.4 Función de Coordinación Punto (PCF)**

Es un modo de transmisión que permite transferencias de trama libre de contención de una red inalámbrica haciendo uso de un mecanismo de sondeo. PCF(Point coordination function) tiene la ventaja de garantizar una cantidad conocida de latencia para que las aplicaciones que requieren QoS (como voz o de vídeo) pueden ser utilizados. Cuando se utiliza PCF, el punto de acceso en una red LAN inalámbrica realiza el sondeo. Por esta razón, una red ad hoc no puede utilizar PCF, porque una red ad hoc no tiene punto de hacer el sondeo de acceso. (Carpenter, 2017, p.190).

### **2.16.5 Wireless Multimedia (WMM)**

Mientras se estaba desarrollando IEEE 802.11e, la Alianza Wi-Fi lanzó su Wireless Multimedia certificación (WMM) extensiones. Esta certificación es basado en el proyecto de norma IEEE 802.11e y fue lanzado para proporcionar QoS para la voz sobre redes inalámbricas. La certificación WMM se actualiza y redefine en el sentido de las últimas características de QoS interoperables disponibles desde varios fabricantes de chips. (Carpenter, 2017, p.191). (Ver Tabla 2.9)

Tabla 2.9: Niveles de Prioridad de Clases de Servicios

IEEE 802.11e					
Prioridad	Priority Code Point(PCP)	Acrónimo	Tipo de Tráfico	Categoría de Acceso(AC)	Designación
El más baja	1	BK	Background	AC_BK	Background
	0	BE	Best Effort	AC_BE	Best Effort
	2	EE	Excellent Effort	AC_BE	Best Effort
	3	CA	Critical Applications	AC_VI	Video
	4	VI	Video	AC_VI	Video
	5	VO	Voice	AC_VO	Voice
	6	IC	Internetwork Control	AC_VO	Voice
	7	NC	Network Control	AC_VO	Voice
El más alto					

Fuente: Wikipedia (2018) Prioridad de Clases de Servicios. Estados Unidos: Wikipedia.

## 2.17 Modelo de Diseño de Red Inalámbrica

Existen varios modelos de diseño de red inalámbrica; la que se utilice en la práctica dependerá de las necesidades descubiertas durante una inspección del lugar y entrevistas a los clientes. Cuando se usa una tecnología inalámbrica para formar un enlace de sitio a sitio, se puede crear un punto a punto (PtP, de point to point) o una punto multipunto (PtMP, por point to multipoint).

### 2.17.1 Point to Point (PtP)

Un enlace punto a punto es una conexión dedicada entre dos dispositivos inalámbricos. Estas conexiones inalámbricas permiten la creación de redes de campus de gran escala e incluso pueden ser utilizadas para crear redes metropolitanas que abarcan ciudades. Ellos proporcionan el beneficio de conectar redes desconectadas más de cierta distancia sin la necesidad de líneas arrendadas o correr cable cuando se crea la conexión dentro de un gran campus o área propiedad de otra manera (ver Figura 2.13).

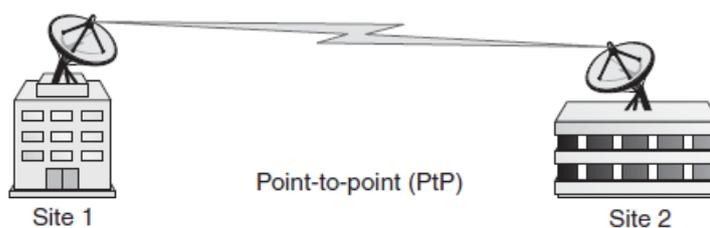


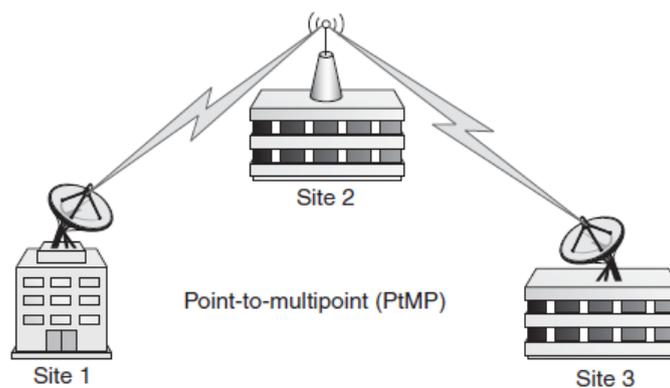
Figura 2.13: Conexión Inalámbrica PtP

Fuente: Carpenter, T. (2017). Wireless Design, Topologies, and Infrastructure. Barrett, J. CWNA. (4ta. Ed., p. 217). Estados Unidos: Mc Graw Hill.

Estas conexiones PtP utilizarán antenas semidireccional o altamente direccionales para formar la conexión.

### 2.17.2 Punto a Multipunto (PtMP)

Un enlace inalámbrico PtMP es creado cuando más de un enlace se hace en una ubicación central de enlace (ver Figura 2.14). Una antena omnidireccional o semidireccional se utiliza generalmente en la locación central, y antenas semidireccionales o altamente direccionales se utilizan en los otros lugares. Se trata de un tipo de configuración hub-and-spoke.



*Figura 2.14: Conexión Inalámbrica PtMP*

Fuente: Fuente: Carpenter, T. (2017). Wireless Design, Topologies, and Infrastructure. Barrett, J. CWNA. (4ta. Ed., p. 217). Estados Unidos: Mc Graw Hill.

### 2.17.3 Redes Inalámbricas Mesh

Se podría decir que la creación de redes de malla es como un modelo multipunto a multipunto (MPtMP).

## 2.18 Seguridad de Red IEEE 802.11

La utilización de un medio de transmisión no guiado ha proporcionado nuevos riesgos de seguridad. En consecuencia, para asegurar una red inalámbrica 802.11, se toma en cuenta tres componentes principales que son normalmente requeridos:

- Encriptación Fuerte
- Autenticación
- Segmentación

Los objetivos que persigue la seguridad de comunicaciones son: confidencialidad, integridad, autenticación y autorización y control de acceso.

### **2.18.1 Mecanismos de Seguridad Inalámbrica**

En esta sección se exponen los Mecanismos de Seguridad Inalámbrica en base al estándar IEEE 802.11.

#### ***2.18.1.1 Open System Authentication (OSA)***

Autenticación de sistema abierto, proporciona autenticación sin realizar ningún tipo de verificación del cliente. Se trata esencialmente de un intercambio de saludos entre el cliente y el punto de acceso. Se considera una autenticación nula porque no hay intercambio de verificación de la identidad entre los dispositivos. Se supone que los dispositivos que ya tienen toda la información apropiada para la autenticación en la red. En otras palabras, cada estación (STA) se valida durante la autenticación de sistema abierto. (Coleman, Westcott, Harkins y Jackman, 2015, p.280).

#### ***2.18.1.2 Shared Key Authentication (SKA)***

Autenticación de clave compartida, se utiliza WEP (Wired Equivalent Privacy) para autenticar las estaciones cliente y requiere que una clave WEP estática sea configurado tanto en el STA cliente y el punto de acceso. Además de WEP ser obligatoria, la autenticación no funcionará si las claves WEP estáticas no coinciden. El proceso de autenticación es similar a la Autenticación de Sistemas Abiertos, pero incluye un reto y respuesta entre la estación de AP y la estación de cliente. (Coleman, et al., 2015, p. 280).

#### ***2.18.1.3 Virtual Private Networks (VPNs)***

El IEEE 802.11 en la norma definida en 2007, define claramente la Capa 2 con soluciones de seguridad. También se puede utilizar una solución de capa 3 como la red privada virtual (VPN) para implementar en las redes WLAN.

#### **2.18.1.4 Filtros MAC<sup>2</sup>**

Cada estación cliente posee una dirección física (MAC). En 802.11 los puntos de acceso utilizan direcciones MAC para dirigir tráfico. La mayoría de los proveedores ofrecen capacidades de filtrado MAC en sus puntos de acceso y controladores WLAN. Filtros MAC se pueden configurar para permitir o denegar el tráfico de específicas direcciones MAC.

#### **2.18.1.5 Segmentación SSID<sup>3</sup>**

Es frecuente que se creen diferentes SSID para diferentes tipos de usuarios. Las SSID normalmente se pueden asignar a las VLAN individuales, y los usuarios pueden ser segmentados por el par / VLAN SSID, todo mientras se comunican a través de un único punto de acceso. Cada SSID puede ser configurado con la configuración de seguridad por separado.

#### **2.18.1.6 Portal Cautivo**

Es un programa de una red que vigila el tráfico de la web y conduce a los usuarios a pasar por una página, donde se autentica, para tener acceso a navegar por Internet. El portal controlara cada sesión dándole un tiempo determinado, también puede controlar el ancho de banda usado para cada cliente.

### **2.18.2 Protocolos de Seguridad Inalámbrica**

En esta sección se presentan los Protocolos de Seguridad Inalámbrica de acuerdo al estándar IEEE 802.11.

#### **2.18.2.1 Wired Equivalent Privacy (WEP)**

Privacidad equivalente al cableado es un protocolo de seguridad de capa 2 que utiliza el algoritmo de cifrado RC4 (Rivest Cipher 4). El estándar original 802.11 define tanto 64 bit

---

<sup>2</sup> MAC.- Media Access Control

<sup>3</sup> SSID.- Service Set Identifier

WEP y 128 bit WEP como métodos de cifrado admitidos. El actual estándar 802.11 de 2007 todavía define WEP como método de cifrado.

#### ***2.18.2.2 Temporal Key Integrity Protocol (TKIP)***

Protocolo de Integridad de Clave Temporal es un protocolo de seguridad que se creó para sustituir a WEP. El grupo de trabajo de seguridad IEEE 802.11i define primero TKIP para proporcionar una solución de seguridad más fuerte. El IEEE 802.11, norma 2007, lo define como un protocolo de confidencialidad e integridad de datos.

#### ***2.18.2.3 (CCMP)***

Modo de Contador con cifrado – Protocolo de Código de Autenticación con Mensaje Encadenado de Bloqueo es el protocolo de seguridad que se creó como parte de la enmienda seguridad 802.11i para sustituir a TKIP y WEP. CCMP utiliza el bloque de cifrado.

#### ***2.18.2.4 Wi-Fi Protected Access (WPA)***

Acceso Protegido Wi-Fi fue creado por Wi-Fi Alliance, creado para corregir las deficiencias del sistema WEP. WPA acoge los lineamientos del estándar IEEE 802.11i y fue creado como opción en lugar de WEP. Implementa TKIP, que cambia las claves dinámicamente a medida que el sistema es utilizado; además, código de integridad del mensaje (MIC, Message Integrity Code).

#### ***2.18.2.5 Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2)***

Wi - Fi Alliance introdujo la versión 2 de Wi-Fi Protected Access, WPA2, que requiere el uso de cifrado CCMP / AES (Advanced Encryption Standard), siendo un espejo de la enmienda IEEE 802.11i. WPA2 es compatible con la autenticación 802.1X / EAP o pre - llaves compartida, y es compatible con versiones anteriores de WPA.

#### ***2.18.2.6 Extensible Authentication Protocol (EAP)***

Protocolo de autenticación extensible, el protocolo es muy flexible, y existen muchas versiones diferentes de EAP. El Protocolo de Autenticación Extensible Ligero de Cisco

(LEAP, de Lightweight Extensible Authentication Protocol) es propietario; Protocolo de Autenticación Extensible Protegido (PEAP, de Protected Extensible Authentication Protocol), se consideran basados en estándares. Algunos pueden proporcionar sólo la autenticación de un solo sentido, mientras que otros proporcionan autenticación de dos vías. La mayoría de los tipos de EAP que requieren autenticación mutua utilizan un certificado digital en el servidor para validar el servidor de autenticación.

#### **2.18.2.7 IEEE 802.1X/EAP**

El estándar IEEE 802.1X no es específicamente un estándar inalámbrico. El estándar 802.1X es un estándar de control de acceso basado en puerto. 802.1X, proporciona un marco de autorización que permite o no, el tráfico pase a través de un puerto y por lo tanto acceder a recursos de red. El 802.1X consta de tres componentes principales:

- **Suplicante.-** Un host con el software que está solicitando la autenticación y el acceso a los recursos de red.
- **Autenticador.-** Un dispositivo que bloquea o permite el tráfico pase a través de un puerto. El autenticador mantiene dos puertos virtuales: un puerto sin control y un puerto controlado. El puerto no controlado permite el tráfico de autenticación EAP.
- **Servidor de autenticación.-** Un servidor que valida las credenciales del suplicante que está solicitando el acceso y notifica al autenticador de que el solicitante haya sido autorizado.

### **2.19 Aplicaciones de la Tecnología Inalámbrica**

Las funciones desempeñadas por la tecnología inalámbrica incluyen la creación de redes de datos, comunicaciones de voz y transferencia de vídeo, entre otros. A continuación unos usos específicos de tecnologías LAN inalámbricas.

- Acceso a datos corporativos y movilidad para el usuario final
- Extensión de la red a las áreas remotas

- Conectividad Edificio a Edificio: Bridging
- Distribución de datos de última milla: WISP(Wireless Internet Service Provider)
- Uso en Small Office/Home Office (SOHO)
- Uso Mobile Office Networking
- Uso en Educación / Clase
- Industrial: Almacenaje y Fabricación
- Cuidado de Salud: Hospitales y oficinas
- Hotspots: Red de Acceso Público

## 2.20 Marco Regulatorio de las Telecomunicaciones

En esta sección se expone el marco legal de las telecomunicaciones en el Ecuador. Se definen las entidades de control existentes en este sector estratégico como es el de las telecomunicaciones. Se manifiestan las principales leyes, reglamentos y normas en las cuales se sustenta el proyecto. Finalmente, se exponen algunas directrices a seguir en la propuesta de acuerdo a la regulación.

### 2.20.1 Reseña Histórica de las Telecomunicaciones – Ecuador

En el Ecuador las Telecomunicaciones datan desde hace mucho tiempo. El Ecuador en el Gobierno de Gabriel García Moreno (en 1871) autorizó la concesión respectiva a All América Cable and Radio la misma que utilizó el cable submarino.

En el Ecuador se considera al 9 de julio de 1884 como el primer hito en su desarrollo histórico en las telecomunicaciones ya que en esa fecha por primera vez se transmitió un mensaje telegráfico entre Quito y Guayaquil esto vía alámbrica.

A partir de ese momento y hasta hoy en la actualidad inicia una evolución impresionante tanto en su administración, regulación y control como en la tecnología. A continuación, se presenta en la Tabla 2.10 las etapas más relevantes en la evolución de las Telecomunicaciones en Ecuador.

*Tabla 2.10: Evolución de las Telecomunicaciones en Ecuador*

<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>
<b>1871</b>	American Cable and Radio - Servicio Internacional de Telegrafía
<b>1880</b>	Se crea la Dirección de Telégrafos.
<b>1884</b>	9 de Julio: Llega primer mensaje; Conexión Quito - Guayaquil
<b>1900</b>	Se instala la primera central telefónica semi automática en Quito, que enlaza a Guayaquil.
<b>1920</b>	Se enlazan las centrales de Quito y Guayaquil por telégrafo inalámbrico.
<b>1934</b>	En el Ecuador había telégrafo y teléfono. 19 estaciones inalámbricas; 167 oficinas de telégrafo.

<b>1943</b>	Radio Internacional del Ecuador: independiente de los servicios de telefonía y telegrafía. Terminado monopolio de All American Cable.
<b>1949</b>	Fundación de la Empresa de Teléfonos Quito - ETQ.
<b>1950</b>	SE instala la primera central automática en Quito.
<b>1953</b>	Se crea la Compañía de Teléfonos de Guayaquil - CTG.
<b>1958</b>	Se crea la empresa de Radio Telégrafos del Ecuador.
<b>1963</b>	Se reestructura la Empresa de Radio Telégrafos y Teléfonos - ERTTE y pasa a ser ENTEL.
<b>1968</b>	La empresa ETAPA se crea mediante Ordenanza municipal.
<b>1970</b>	All American Cable fue nacionalizada, llamándose Cables y Radios del Estado. Se contratan 4 canales internacionales para teléfonos vía satélite.
<b>1971</b>	Se fusionan ENTEL, ETQ, ETG y Cables y Radios en dos compañías regionales.
<b>1972</b>	El gobierno creó el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones - IETEL.
<b>1992</b>	Se reestructura el sector de telecomunicaciones. Cambia de nombre IETEL a EMETEL.
<b>1992</b>	El 10 de agosto se crea la Superintendencia mediante la Ley Especial de Telecomunicaciones.
<b>1995</b>	Se crea el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL y el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión CONARTEL, como entes de regulación, en los campos que la asigna sus Leyes.
<b>1995</b>	La SUPTEL se convierte en un Organismo exclusivamente de Control Técnico. Se crea SENATEL. EMETEL se transforma en Sociedad Anónima.
<b>1996</b>	3 de Octubre, pasan las acciones de EMETEL del Estado al Fondo de Solidaridad.
<b>1997</b>	18 de noviembre se firma la escritura de escisión de EMETEL en Andinatel S.A. y Pacifictel S.A., Empresas privadas de derecho público.
<b>2002</b>	Inicia operaciones TELECSA S.A. Alegro, en el mercado de la Telefonía Móvil.
<b>2007</b>	La Superintendencia de Telecomunicaciones SUPTEL cumple 15 años.
<b>2009</b>	El 13 de agosto, se crea el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, para de esta forma asegurar el avance hacia la Sociedad de la Información y así el buen vivir de la población ecuatoriana.
<b>2015</b>	Ley Orgánica de Telecomunicaciones publicada el 18 de febrero de 2015
<b>2015</b>	La nueva Ley Orgánica de Telecomunicaciones publicada el 18 de febrero de 2015 en Ecuador crea el nuevo regulador nacional en la materia, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (Arcotel).

Fuente: Adaptado de Superintendencia de Telecomunicaciones. (2018). Evolución de las telecomunicaciones en Ecuador. Quito: Autor

## 2.20.2 Preceptos de la Constitución de La República Del Ecuador – Sector Telecomunicaciones

La Constitución del Ecuador de 2008, fue redactada desde 30 de noviembre de 2007 al 24 de julio de 2008, su aprobación se realizó mediante referéndum constitucional el 28 de septiembre de 2008. “La Constitución de 2008 está en vigencia, desde su publicación en el Registro Oficial el 20 de octubre de 2008.”(Tribunal Constitucional del Ecuador, 2008)

La Constitución de la República (2008), prescribe que:

Art. 16(Derechos - Derechos del buen vivir – Comunicación e Información).- Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

2. El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación

Art. 17(Derechos - Derechos del buen vivir – Comunicación e Información).- El Estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, al efecto:

2. Facilitará la creación y el fortalecimiento de medios de comunicación públicos, privados y comunitarios, así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en especial para las personas y colectividades que carezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada.

Art. 25(Derechos - Derechos del buen vivir – Cultura y Ciencia).- Las personas tienen derecho a gozar de los beneficios y aplicaciones del progreso científico y de los saberes ancestrales.

Art. 313(Régimen de Desarrollo – Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas).- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos de decisión y control exclusivo del estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental y deberán orientarse al pleno desarrollo y al interés social. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, **las telecomunicaciones**, los

recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, **el espectro radioeléctrico**, el agua, y los demás que determine la ley.

Art. 314(Régimen de Desarrollo – Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas).- El Estado será responsable de la provisión de servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, **telecomunicaciones**, vialidad, infraestructuras portuarias, y aeroportuarias, y demás que determine la ley. El Estado garantizará que los que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y las tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación.

La propuesta del proyecto se enmarca con artículos anteriormente citados de la Constitución, en consecuencia, el mismo fomenta el cumplimiento de la Estrategia Ecuador Digital; También con los preceptos del gobierno electrónico y del servicio universal, además contribuye con el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021.

### **2.20.3 Marco Jurídico Ecuatoriano basado en el Modelo de Kelsen**

La jerarquía legal de la República de Ecuador tiene su base y fundamento en la Constitución Política del Ecuador de 2008. A continuación se presenta la cadena legal y regulatoria del Ecuador, teniendo la Constitución como Norma Suprema del Estado, mostrada en la cúspide de la Pirámide de Kelsen (véase Figura 2.15) dentro de las normas legales que los rigen. Teniendo el sustento legal de lo descrito anteriormente en la Constitución de la República del Ecuador (2008), Artículo 424(Supremacía de la Constitución), donde establece que:

La Constitución es la norma suprema y prevalece sobre cualquier otra del ordenamiento jurídico. Las normas y los actos del poder público deberán mantener conformidad con las disposiciones constitucionales; en caso contrario carecerán de eficacia jurídica.

La Constitución y los tratados internacionales de derechos humanos ratificados por el Estado que reconozcan derechos más favorables a los contenidos en la Constitución, prevalecerán sobre cualquier otra norma jurídica o acto del poder público. (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p.128)

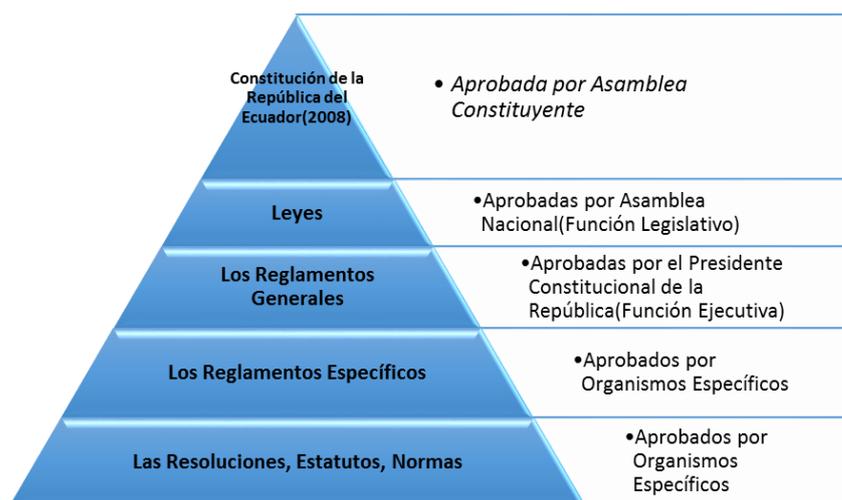


Figura 2.15: Pirámide de Kelsen: Cadena Legal y Regulatoria de la República del Ecuador.

Fuente: Adaptado de Cordero, X. (2015). La Legislación para el Sector de Telecomunicaciones del Ecuador. EPN, Quito.

El orden jerárquico según la Constitución de la República del Ecuador (2008), Artículo 425, establece que:

El orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente: La Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y los demás actos y decisiones de los poderes públicos.

En caso de conflicto entre normas de distinta jerarquía, la Corte Constitucional, las juezas y jueces, autoridades administrativas y servidoras y servidores públicos, lo resolverán mediante la aplicación de la norma jerárquica superior.

La jerarquía normativa considerará, en lo que corresponda, el principio de competencia, en especial la titularidad de las competencias exclusivas de los gobiernos autónomos descentralizados.

### **2.20.3.1 Leyes**

De las leyes existentes que regulan el sector de telecomunicaciones se menciona a continuación la más relevante para el proyecto.

- Ley Orgánica de Telecomunicaciones publicada el 18 de febrero de 2015 en Ecuador

### **2.20.3.2 Reglamentos y Normas**

Para la propuesta se hace uso principalmente de los lineamientos establecidos en siguientes reglamentos:

- Ley Orgánica de Telecomunicaciones publicada el 18 de febrero de 2015 en Ecuador
- Reglamento de Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Urbano Marginales, publicado en el Registro Oficial No. 193 del 27 de octubre del 2000.
- Plan Nacional de Frecuencias, publicado en el Registro Oficial No. 192 del 26 de Octubre del 2000.
- Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha. (Resolución CONATEL560-2010).
- Norma que regula la prestación del servicio de acceso a Internet en Espacios Públicos a través de redes inalámbricas. (Resolución TEL-001-01-CONATEL-2015)
- Libro Blanco de la Sociedad de la Información y del Conocimiento 2018
- Plan Nacional del Desarrollo 2017-2021 “Toda una Vida”.
- Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021.

### **2.20.3.3 Normas Internacionales**

- Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial No. 781 de 14 de septiembre de 1994

- Instrumento de Enmienda a la Constitución y Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, publicado en el Registro Oficial No. 192 del 12 de noviembre de 1997.

#### 2.20.4 Estructura Institucional del Sector de las Telecomunicaciones en el Ecuador



Figura 2.16: Estructura Institucional Actual del Sector de las Telecomunicaciones en el Ecuador  
Fuente: Elaborado por el Autor.

La estructura institucional del sector de las Telecomunicaciones en el Ecuador consta del Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) y de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL).

La ARCOTEL se forma a partir de la fusión de instituciones como la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) y el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

### ***2.20.4.1 Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL)***



*Figura 2.17: Logo Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información*  
Fuente: MINTEL. Portal Web.

Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información se creó mediante Decreto Ejecutivo No. 8 de 13 de agosto de 2009.

Según la Ley Orgánica de Telecomunicaciones en su Artículo 140, establece que:

El Ministerio encargado del sector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la información es el órgano rector de las telecomunicaciones y de la sociedad de la información, informática, tecnologías de la información y las comunicaciones y de la seguridad de la información. A dicho órgano le corresponde el establecimiento de políticas, directrices y planes aplicables en tales Áreas para el desarrollo de la sociedad de la información, de conformidad con lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento General y los planes de desarrollo que se establezcan a nivel nacional. (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015)

Según el Artículo 141, corresponde al órgano rector del sector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información:

1. Ejercer, a nivel internacional, la representación del Estado ecuatoriano en materia de telecomunicaciones, espectro radioeléctrico y tecnologías de la información y las comunicaciones. El Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información ejerce la Administración de las Telecomunicaciones del Ecuador ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y demás organismos internacionales.

2. Formular, dirigir, orientar y coordinar las políticas, planes y proyectos para la promoción de las tecnologías de la información y la comunicación y el desarrollo de las telecomunicaciones, así como supervisar y evaluar su cumplimiento.
3. Formular, dirigir, orientar y coordinar las políticas públicas para la adecuada administración y gestión del espectro radioeléctrico con sujeción a la presente Ley
4. Promover, en coordinación con instituciones públicas o privadas, la investigación científica y tecnológica en telecomunicaciones, tecnologías de la información y comunicación, así como la ejecución de los proyectos que la apoyen.
5. Aprobar el Plan de Servicio Universal y definir los servicios de telecomunicaciones que se incluyen en el Servicio Universal.
6. Realizar las contrataciones y procedimientos que sean necesarios para el cumplimiento del plan de Servicio Universal y sus proyectos y emitir las instrucciones necesarias a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para la inclusión de obligación de servicio universal en los títulos habilitantes.
7. Coordinar y liderar el uso efectivo de las tecnologías de la información y comunicación en los organismos públicos.
8. Gestionar la asignación de posiciones orbitales geoestacionarias o satelitales ante La Unión Internacional de Telecomunicaciones u otros organismos internacionales a favor de la República de Ecuador.
9. Determinar, para fines de cumplimiento de sus competencias, la información sectorial a requerir a las y los prestadores o proveedores de servicios de telecomunicaciones.
10. Establecer políticas y normas técnicas para la fijación de tasas o contraprestaciones en aplicación de los artículos 9 y 11 de esta Ley.
11. Las demás establecidas en la presente Ley, su Reglamento General y en general en el ordenamiento jurídico vigente. (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015)

### 2.20.5 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL)



*Figura 2.18: Logo Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*  
Fuente: Arcotel. Portal Web

Según la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (2015) en su Artículo 142, establece que:

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) como persona jurídica de derecho público, con autonomía administrativa, técnica, económica, financiera y patrimonio propio, adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la información. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes. ( Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015))

Según La Disposición Final Primera de la norma *ibídem*, dispone “Se suprime la Superintendencia de Telecomunicaciones, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) y la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones. Las Partidas presupuestarias, los bienes muebles e inmuebles, activos y pasivos, así como los derechos y obligaciones derivados de contratos, convenios e instrumentos nacionales e internacionales correspondientes a dichas entidades, pasan a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (...)”

Según el Artículo 144, corresponde a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones:

1. Emitir las regulaciones, normas técnicas, planes técnicos y demás actos que sean necesarios en el ejercicio de sus competencias, para que la provisión de los servicios de telecomunicaciones cumpla con lo dispuesto en la Constitución de la República y los

objetivos y principios previstos en esta Ley, de conformidad con las políticas que dicte el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.

2. Elaborar, aprobar, modificar y actualizar el Plan Nacional de Frecuencias.
3. Elaborar las propuestas de valoración económica para la asignación y uso, aprovechamiento y/o explotación del espectro radioeléctrico, tarifas por uso de frecuencias y derechos por otorgamiento y renovación de títulos habilitantes.
4. Ejercer el control de la prestación de los servicios de telecomunicaciones, incluyendo el servicio de larga distancia internacional, con el propósito de que estas actividades y servicios se sujeten al ordenamiento jurídico y a lo establecido en los correspondientes títulos habilitantes.
5. Ejercer el control técnico de los medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes, tales como los de audio y video por suscripción.
6. Controlar y monitorear el uso del espectro radioeléctrico.
7. Normar, sustanciar y resolver los procedimientos de otorgamiento, administración y extinción de los títulos habilitantes previstos en esta Ley.
8. Implementar, organizar y administrar el Registro Público de Telecomunicaciones.
9. Autorizar la cesión, transferencia o enajenación de los títulos habilitantes de conformidad con lo establecido en esta Ley. Lo señalado en este numeral no aplica para los títulos habilitantes otorgados al amparo de la Ley Orgánica de Comunicación y su normativa de desarrollo.
10. Regular y controlar las tarifas por la prestación de los servicios de telecomunicaciones de conformidad con esta Ley.
11. Establecer los requisitos, contenidos, condiciones, términos y plazos de los títulos habilitantes.
12. Establecer regulaciones generales o particulares cuando existan distorsiones a la competencia en los servicios de telecomunicaciones o afectación a los derechos de los

abonados o usuarios, incluyendo reglas especiales a aquellos prestadores que individual o colectivamente, cuenten con poder de mercado.

13. Aprobar y registrar los acuerdos de interconexión y acceso y ordenar su modificación cuando sea necesario, de conformidad con esta Ley.

14. Regular la interconexión y el acceso e intervenir en tales relaciones, así como emitir las correspondientes disposiciones de conformidad con esta Ley

15. Establecer y recaudar los derechos económicos por la prestación de servicios de telecomunicaciones y demás valores establecidos en esta Ley en el marco de sus competencias.

16. Recaudar la contribución para la ejecución del servicio universal.

17. Homologar los equipos terminales de telecomunicaciones y calificar los laboratorios de certificación técnica correspondientes.

18. Iniciar y sustanciar los procedimientos administrativos de determinación de infracciones e impone en su caso, las sanciones previstas en esta Ley

19. Ejercer, de conformidad con la Ley, la jurisdicción coactiva en todos los casos de su competencia.

20. Autorizar, en el ámbito de su competencia, las operaciones que, de cualquier forma, impliquen un cambio en el control de las y los prestadores de servicios de telecomunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y su Reglamento General y las normas que emita.

21. Sustanciar y normar los procedimientos de atención de reclamos por violación a los derechos de los abonados y usuarios de los servicios de telecomunicaciones.

22. Inspeccionar y fiscalizar la instalación, establecimiento y explotación de redes de telecomunicaciones y los sistemas de los medios de comunicación social que usen el espectro radioeléctrico, así como las redes de audio y video por suscripción.

23. Requerir a las y los prestadores de servicios de telecomunicaciones cualquier información que considere conveniente, producida como consecuencia de la prestación de los servicios y ejecución de los títulos habilitantes dentro del ámbito de sus competencias.

24. Evaluar y regular el comportamiento del mercado de telecomunicaciones, determinar la existencia de distorsiones que afecten la competencia o que vulneren los derechos de los abonados y usuarios, así como determinar la existencia de prestadores que, individual o conjuntamente, ejerzan poder de mercado.
25. Realizar estudios sobre el sector de telecomunicaciones y mantener y publicar las estadísticas de dicho sector.
26. Regular la ocupación de bienes e infraestructuras de propiedad privada para la instalación de redes de telecomunicaciones y emitir servidumbres de paso y ocupación, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley.
27. Coordinar con las autoridades públicas competentes el acceso y ocupación de bienes de dominio público para alcanzar los objetivos de esta Ley.
28. Establecer las regulaciones necesarias para garantizar la seguridad de las comunicaciones y la protección de datos personales.
29. Regular y controlar las actividades relacionadas con el comercio electrónico y firma electrónica, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.
30. Ejercer todas las otras competencias previstas en esta Ley y que no han sido atribuidas al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información ni en el ordenamiento jurídico vigente. (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015)

#### **2.20.6 Entidades Internacionales Que Norman Los Servicios De Telecomunicaciones**

En alusión al Artículo 6 de La Ley Orgánica de Telecomunicaciones, se establece que:

Los términos técnicos empleados en esta Ley no definidos, tendrán el significado adoptado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), por los convenios y tratados internacionales ratificados por Ecuador, o en su defecto, a lo establecido en el Reglamento General a la presente Ley y en las regulaciones respectivas. (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015)

### **2.20.6.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, es un organismo especializado por parte de las Naciones Unidas con respecto a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

### **2.20.6.2 Comisión Interamericana de Telecomunicaciones**

La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, CITEL, es el órgano que asesora a la Organización de los Estados Americanos en relación con las telecomunicaciones y las TIC.

### **2.20.6.3 Comunidad Andina (CAN)**

La Comunidad Andina, en 1991, creó el Comité Andino de Autoridades de Telecomunicaciones (CAATEL), está constituido por representantes de los diferentes Organismos que les compete normar y administrar a nivel nacional el sector de telecomunicaciones en cada uno de los Países Miembros.

### **2.20.7 Regulación de Redes de Acceso Universal de Internet**

El proyecto sigue los lineamientos de:

- Resolución TEL-534-14-CONATEL-2011, la misma que regula las Redes de Acceso Universal de Internet.
- Resolución SNT-2011-0617, la cual norma las especificaciones mínimas de los Índices de calidad para la operación de Redes de Acceso Universal de Internet.

Esto debido a que el proyecto se está desarrollando en base a la tecnología Wi-Fi basado en el estándar IEEE 802.11ac , la misma que se desarrolla bajo un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha y en su propuesta presenta configuraciones de Sistemas punto – punto y Sistema punto – multipunto, además de su finalidad de proveer del servicio de Internet en sí;

En consecuencia, las Redes Wi-Fi para Larga Distancia poseen su sustento legal en las Redes de Acceso Universal de Internet.

En el devenir de esta sección se exponen algunos incisos, los más relevantes, de las diferentes resoluciones en los cuales se apoya esta propuesta.

- **Definiciones de Redes de Acceso Universal de Internet**

En el Artículo Tercero de la Resolución TEL-534-14-CONATEL-2011, se define la Red de Acceso, Proveedor de Red, Beneficiarios de la Red de Acceso Universal de Internet

### **2.20.8 Índices de calidad de las Redes de Acceso Universal de Internet**

En base al Artículo Cuarto de la Resolución SNT-2011-0617 de fecha 28 de octubre de 2011, se dispone que se acogerán los siguientes índices de calidad:

- Porcentaje de averías (PDA)
- Porcentaje de disponibilidad del servicio. (PDS)
- Porcentaje de averías no mayor a 8 horas. (PR8)
- Tiempo medio de reparación de averías. ( $\overline{TRA}$ )

Estos cuatro índices de calidad indicados, se los describe en la Resolución-SNT-2011-0617, los mismos que deben ser validados en un periodo total de un año, previo a la autorización para operar la Red de Acceso Universal de Internet.

### **2.20.9 Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha**

La propuesta utiliza la tecnología Wi-Fi basado en el estándar IEEE 802.11ac la misma que utiliza tecnologías de espectro ensanchado, las cuales tiene su sustento legal en concordancia a la Ley Especial de Telecomunicaciones. Para el efecto, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones en la Resolución-TEL-560-18-CONATEL-2010, resuelve la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

### 2.20.9.1 *Bandas de Frecuencias de Sistemas de Radiocomunicaciones*

En referencia al Artículo 6 de la Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010, manifiesta que los sistemas de radiocomunicaciones, que utilicen técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha, utilizarán las siguientes bandas de frecuencias (véase Tabla 2.12):

*Tabla 2.11: Bandas de Frecuencias*

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

Fuente: Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010

En relación a la asignación en la Tabla 2.12, ICM es la sigla de: Industria, Ciencia y Medicina; INI es la sigla de: Infraestructura Nacional de Información.

Cabe mencionar que el estándar IEEE 802.11ac hace uso de la banda de 5 Ghz, en el cual se sustenta la propuesta.

### 2.20.9.2 *Configuración de Sistemas*

En referencia al Artículo 7 de la Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010, manifiesta que los Sistemas que emplean Modulación Digital de Banda Ancha utilizarán configuraciones:

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

### 2.20.9.3 *Límites de Potencia*

En relación a los Límites de Potencia y Límites de Emisiones la propuesta se acoge al Artículo 8 de la Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010, en cual se norman esos aspectos técnicos.

#### **2.20.9.4 Sistemas de Explotación**

Según la Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010, Artículo 9, manifiesta en relación a la Competencia que: “El secretario Nacional de Telecomunicaciones, por delegación del CONATEL, aprobará la operación de Sistemas de Modulación de Banda Ancha mediante la emisión de un Certificado de Registro.”

Según Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010 en su Artículo 12, manifiesta sobre la Vigencia del Registro que: El Certificado de Registro para la operación de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha tendrá una duración de cinco años y podrá ser renovado, previa solicitud de interesado, dentro de los treinta(30) días anteriores a su vencimiento.

#### **2.20.10 Formularios Redes De Acceso Universal De Internet**

En el proceso de aprobación para la operación de un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha el solicitante deberá adjuntar a su solicitud los formularios que se describen a continuación:

- Formulario de Información e Identificación del Solicitante
- Formulario para Descripción de Enlaces entre Nodos
- Formulario de Beneficiarios de Redes de Acceso Universal de Internet
- Formulario para Descripción de Conexión Internacional
- Formulario para Descripción Técnica Detallada de cada servicio propuesto y Cobertura
- Formulario para Descripción de Enlaces de Red de Acceso
- Formulario para Descripción de Nodos Principales y Secundarios de la Red
- Formulario para Descripción de Adjuntos

Los formularios expuestos anteriormente se encuentran en el Anexo H.

### **3 CAPÍTULO IV DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE COMUNICACIONES**

#### **3.1 Introducción**

En este capítulo se detalla de diseño de la red inalámbrica tanto en su red troncal y red de acceso con la tecnología IEEE 802.11ac para proporcionar el servicio de internet a instituciones educativas, entidades públicas, parroquias, plazas. El alcance de la cobertura de la red inalámbrica se lo ha realizado tomando en cuenta parámetros definidos en el anteproyecto y en coordinación con el jefe del departamento de sistemas del GADMU.

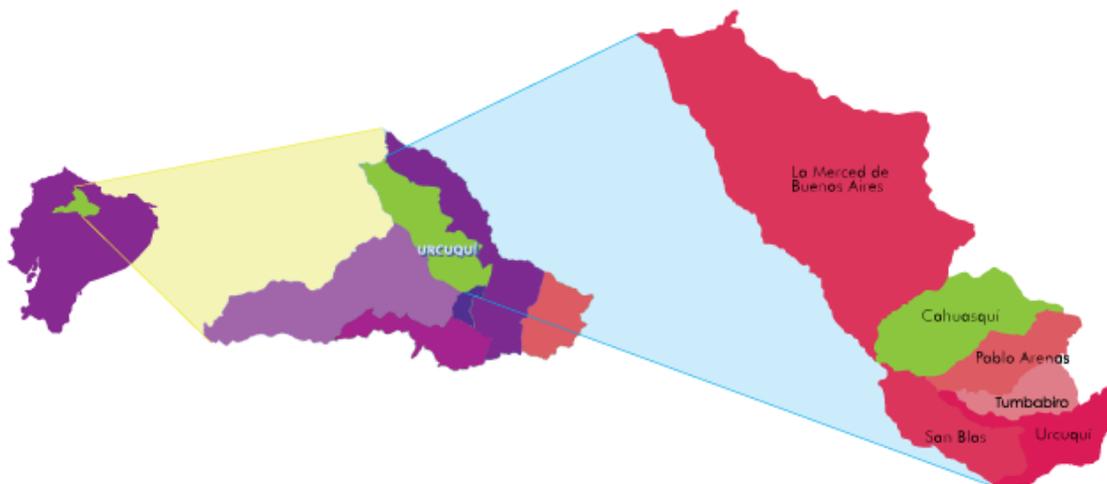
#### **3.2 Estudio del Cantón San Miguel de Urququí**

En esta sección se hace un estudio del Cantón San Miguel de Urququí en su parte social, geográfica y tecnológico.

EL cantón Urququí pertenece a la provincia de Imbabura al noroccidente de la misma, a 20 km de Ibarra (capital provincial) y 152 km de la capital ecuatoriana Quito. Su superficie territorial es de 757Km<sup>2</sup>. (GAD Urququí, 2018).

##### **3.2.1 Ubicación Geográfica del Cantón San Miguel de Urququí**

EL cantón Urququí pertenece a la provincia de Imbabura al noroccidente de la misma, a 20 km de Ibarra (capital provincial) y 152 km de la capital ecuatoriana Quito. Su superficie territorial es de 757Km<sup>2</sup>. En la Figura 3.1 se muestra el Ordenamiento Territorial. (GAD Urququí, 2018).



*Figura 3.1: Ubicación y Geografía del Cantón Urcuquí*

Fuente: GAD Urcuquí. Portal Web: <http://www.municipiourcuqui.gob.ec/munurcuqui/index.php/2014-08-15-16-40-26/ubicacion-geografica>

La población de San Miguel de Urcuquí es de 16976 habitantes, el cantón está conformado de la Parroquia Urbana Urcuquí y las Parroquias Rurales: Cahuasquí, La Merced de Buenos Aires, Pablo Arenas, San Blas, Tumbabiro. (GAD Urcuquí, 2018).

### **3.2.2 Clima**

El cantón Urcuquí ubicado en las coordenadas geográficas latitud  $0^{\circ} 25' 13''$  N y longitud  $78^{\circ} 11' 50''$  O. Su temperatura oscila entre  $14^{\circ}\text{C}$  a  $19^{\circ}\text{C}$ , y se encuentra a una altura sobre el nivel de mar de 2.320 msnm. Además, zonas planas de 0 a  $12^{\circ}$ ; clima templado con una humedad menor a 80% y baja pluviosidad alrededor de 0-25 mm/año. (GAD Urcuquí, 2018).

### **3.2.3 Relieve del Suelo del Cantón Urcuquí**

El Cantón de San Miguel de Urcuquí presenta zonas planas y montañosas donde se divisan extensos sembríos dando como resultado un paisaje colorido. Además, riachuelos que dan vida a este lugar de la región. (GAD Urcuquí, 2018).

En la Figura 3.2 se muestra el relieve del Cantón San Miguel de Urququí y se indica la ubicación de las diferentes parroquias del Cantón Urququí.

**Vertiente Andina Alta:** Con relieves muy agudos, relieves moderados.

**Pie de monte:** Con mesas, colinas medias fuertes disectadas y chevrones.

**Cuenca Amazónica Baja:** Con llanura aluvial, terrazas

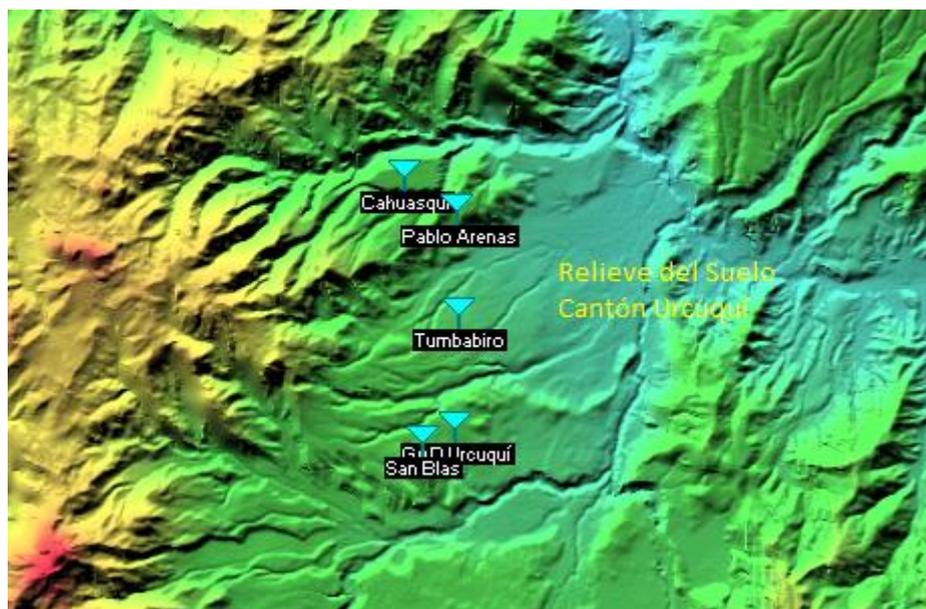


Figura 3.2: Relieve del Suelo Cantón Urququí  
Nota: Mapas de Digitales de Radio Mobile.

En la Tabla 3.1 se describe las diferentes parroquias del cantón Urququí, su extensión, su altura y la temperatura de la zona.

Tabla 3.1: Organización Territorial del Cantón Urququí

PARROQUIA	EXTENSIÓN	ALTURA	TEMPERATURA
Urququí	56.62 Km <sup>2</sup>	1600-3180msnm	19°C
San Blas	75.28 Km <sup>2</sup>	2226-2718msnm	16.64°C
Tumbabiro	38.02 Km <sup>2</sup>	1800-3500msnm	20°C
Pablo Arenas	57.77 Km <sup>2</sup>	1800-4000msnm	17°C
Cahuasquí	105.54 Km <sup>2</sup>	1600-4400msnm	16.9°C
Buenos Aires	433.74 Km <sup>2</sup>	1400-3999msnm	16°C

Fuente: GAD Municipal de San Miguel de Urququí (2018). Portal Web.

### 3.2.4 Límites geográficos

El Cantón San Miguel de Urucuquí "limita al este y al norte con el cantón Ibarra, al sur y suroeste con los cantones Antonio Ante y Cotacachi y al oeste con la provincia de Esmeraldas" (GAD Urucuquí, 2018, ¶4).

### 3.2.5 Población del Cantón

La población del cantón San Miguel de Urucuquí está concentrada en la cabecera cantonal, así como en las cabeceras parroquiales y en los costados de la vía que une la cabecera cantonal con la Ciudad de Ibarra (mayor a 160 habitantes por km cuadrado).

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda realizado el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el año 2010 existe un total de 15671 habitantes. (GAD Urucuquí, 2018)

En la Tabla 3.2 se indica que la composición de la población del cantón es eminentemente rural.

*Tabla 3.2: Población Cantón Urucuquí*

ÁREA	CPV 2010	Porcentaje	Proyección 2018
Urbana	3298	21,05	3573
Rural	12373	78,95	13403
<b>Total</b>	<b>15671</b>	<b>100</b>	<b>16976</b>

Fuente: PDOT San Miguel de Urucuquí. (2018) Análisis Demográfico.

### 3.2.6 Diagnóstico Educación Urucuquí

En la Tabla 3.3 se determina de acuerdo a los Reportes de Registros Educativos del Ministerio de Educación en el periodo 2017-2018 se cuenta en el cantón con 51 instituciones educativas, 246 docentes y 4287 estudiantes.

Tabla 3.3: Número de Instituciones, Docentes y Estudiantes

PARROQUIA	INSTITUCIONES	DOCENTES	ESTUDIANTES
CAHUASQUÍ	7	27	418
LA MERCED DE BUENOS AIRES	12	33	554
PABLO ARENAS	5	23	364
SAN BLAS	8	36	552
TUMBABIRO	5	19	211
URCUQUÍ	14	108	2188
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>246</b>	<b>4287</b>

Fuente: (Ministerio de Educación, 2018).

### 3.2.7 Diagnóstico Servicios de Telecomunicaciones Acceso a las Tecnologías de Información y Comunicación

En la Tabla 3.4 se determina que de acuerdo a los datos que presenta la Planificación de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), el acceso a servicios de telecomunicaciones en telefonía fija que tienen cada familia por parroquias que conforman el cantón Urcuquí es bajo.

Tabla 3.4: Diagnóstico Disponibilidad de teléfono convencional

Parroquia	Disponibilidad de teléfono convencional		
	1. Sí	2. No	Total
Cahuasquí	80	437	517
La Merced de Buenos Aires	46	406	452
Pablo Arenas	129	408	537
San Blas	167	664	831
Tumbabiro	173	275	448

Fuente: (PDOT Urcuquí, 2018).

Donde luego de un análisis se determinó que el uso de la telefonía fija es pequeño. En la parroquia de Buenos Aires y de Cahuasquí que la utilización de teléfono fijo y teléfono celular es mínima ya que se encuentra en una zona de difícil acceso y terrenos accidentados.

En la Tabla 3.5 de acuerdo a un análisis del PDOT concluye que en Telefonía Móvil el Acceso es bueno, Acceso a internet es bajo y en radio es bueno.

*Tabla 3.5: Diagnóstico Servicios de Telecomunicaciones Cantón Urcuquí*

<b>Cantón</b>	<b>Acceso</b>	<b>Cobertura</b>
<b>Telefonía móvil</b>	Medio	Buena
<b>Acceso a internet</b>	Bajo	Baja
<b>Radio</b>	Alto	Buena

Fuente: (PDOT Urcuquí, 2018)

### **3.3 Diagnóstico de la Infraestructura Tecnológica del GAD Municipal Urcuquí**

El GAD Municipal de San Miguel de Urcuquí está ubicado en el cantón San Miguel de Urcuquí en la provincia de Imbabura. El Portal Web del GAD Municipal de Urcuquí (2018) muestra su identidad institucional, misión y visión.

#### **3.3.1 Descripción de las Dependencias**

Las diferentes unidades del GAD Municipal de San Miguel de Urcuquí se encuentran distribuidas en el edificio principal. Además, cuenta con ciertas dependencias y que son entidades públicas, las forman parte importante para la propuesta, a las cuales brinda diferentes servicios, las mismas que se enumeran a continuación:

- Patronato Municipal de Amparo Social
- Registro de la Propiedad
- Comisaría
- Mantenimiento
- Unidad de Policía Comunitaria

#### **3.3.1.1 Estudio de la Situación Actual Edificio del GAD Municipal de San Miguel de Urcuquí**

El edificio principal del GAD Municipal de San Miguel de Urcuquí se encuentra ubicado en la parroquia de Urcuquí, centro del Cantón de Urcuquí, en las calles Guzmán y Antonio Ante, véase la Figura 3.3.



*Figura 3.3: Edificio GAD Municipal de Urcuquí*  
Fuente: Fotografía tomada por el Autor.

El edificio cuenta con tres plantas; en la primera planta se encuentra la dirección de sistemas, el mismo que administra las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), la cual es importante en el desarrollo de proyecto, el cual concentra todos los equipos de conmutación y ruteo. Además, en la planta baja se encuentra otro cuarto de telecomunicaciones, el cual abastece la planta baja. En las diferentes plantas se distribuyen la parte administrativa, económica y de apoyo de la entidad.

En el GADMU actualmente laboran un total de 203 personas, este número es calculado entre empleados y trabajadores, entre los cuales existe personal de planta y de contrato, tanto para trabajadores y empleados.

El número de empleados y trabajadores internos en el GADMU es aproximadamente de 75.

### **3.3.2 Infraestructura de la Red de Datos GAD Municipal Urcuquí**

En esta sección se realiza un diagnóstico de la red de datos del GAD Municipal de San Miguel de Urcuquí después de una inspección del lugar e información proporcionada por el Administrador del Departamento de Sistemas.

### 3.3.2.1 Diagnóstico de la Red de Datos del GADMU

En la Tabla 3.6 se realiza un diagnóstico de las principales características de la red de datos que conforma el GAD San Miguel de Urucuquí, basado en la información proporcionada por Departamento Sistemas.

Tabla 3.6: Diagnóstico de la Red de Datos del GADMU.

ELEMENTOS DE RED		DIAGNÓSTICO
Gestión y Control		La red de datos actualmente es gestionada y controlada mediante un cuarto de equipos (nodo central) ubicada en la segunda planta.
Topología de Red		Utilizan una topología tipo estrella.
QoS		La red no cuenta con calidad de servicio ni priorización de tráfico, solo se basan en dar prioridades en cuanto se refiere al ancho de banda.
VLANs		Para la administración y gestión no dispone de VLANs, ya que tienen una red totalmente plana.
Cableado Estructurado		Tiene un cableado categoría 5e y 6, instalado en el 2010 teniendo una vida útil de 10 años. El cableado existente de la entidad no cumple con normas de cableado estructurado. Los puntos de red no son certificados y el 90% de ellos están etiquetados.
Sistema de Puesta a Tierra		El GAD tiene un sistema de puesta a tierra para la parte eléctrica, pero no para el sistema de cableado estructurado.
Generación Eléctrica		No posee un sistema de generación eléctrica lo que conlleva a que cuando hay cortes de energía eléctrica el GADMU queda sin funcionamiento y por ende sus empleados no pueden realizar sus actividades laborales. Para este proyecto se hace la recomendación de adquirir un generador eléctrico.

Fuente: Elaborado por el Autor.

A continuación, se exponen y detallan los equipos el sistema de comunicaciones del GAD San Miguel de Urucuquí, divididos por departamentos y pisos que conforma el edificio principal del GADMU.

### 3.3.2.2 Descripción Planta Baja

En la Figura 3.4 se muestra los equipos del Cuarto de Telecomunicaciones que se encuentra en la planta baja.



Figura 3.4: Equipos Cuarto de Telecomunicaciones

Fuente: Fotografía tomada por el Autor.

En la Tabla 3.7 se describe los equipos que se encuentran en el Cuarto de Telecomunicaciones de la planta baja.

Tabla 3.7: Equipos Planta Baja GADMU

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
<b>1 Rack Pequeño</b>	Con capacidad para tres equipos máximo
<b>1 Switch D-Link DES-1024</b>	24 puertos 10/100 Mbps
<b>1 Patch Panel</b>	24 puertos para cableado estructura
<b>1 Patch Panel</b>	24 puertos para extensiones telefónicas
<b>1 Router TP-LINK</b>	Wi-Fí para planta baja

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.3.3 Descripción Primera Planta

En este piso se encuentra ubicado el cuarto de equipos, en la Figura 3.6 se muestra los equipos de telecomunicaciones que dispone el GAD.



Figura 3.5: Servidores del GADMU.  
Fuente: Fotografía tomada por el Autor.

En la Tabla 3.8 se describe los equipos de la Figura 3.5, donde se muestra el Servidor, su sistema operativo y la aplicación que cada uno utiliza respectivamente.

Tabla 3.8: Servidores Primer Piso GADMU

EQUIPO/SERVIDOR	SISTEMA OPERATIVO	APLICACIÓN
HP PROLIANT E5649	Servidor Centos 5.5	Proxy
HP PROLIANT ML170	Servidor Centos 6.5	Correo
HP PROLIANT E5649	Windows Server 2008	Datos
CPU	Técnico Sistemas	Sistemas

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Figura 3.6 se muestra los Rack del Cuarto de Equipos de la Primera Planta.



Figura 3.6: Rack Primera Planta Cuarto de Equipos  
Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.9 se describe los Equipos de Telecomunicaciones del Cuarto de Equipos de la Primera Planta.

Tabla 3.9: Equipos Primer Piso del GADMU

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
3 racks	Para Servidores y Patch Panel
2 Switch Cisco SG 200-50	48 puertos c/u 10/100 Mbps
1 Router Cisco 881	CNT
1 Tranceiver Humanity	HM T100-Z-SF-LC20
4 Patch Panel	24 puertos c/u para cableado estructurado
1 Router Trendnet	Para dar servicio al departamento de Sistemas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.3.3.1 Diagnóstico de la Topología de la Red Interna de Datos GADMU

La red interna del GAD San Miguel de Urcuquí se encuentra estructurada como se indica en la Figura 3.7, además de los equipos que la componen, así como su jerarquía.

La topología lógica que esta implementada en el sistema de comunicaciones del GADMU es Bus Ethernet.

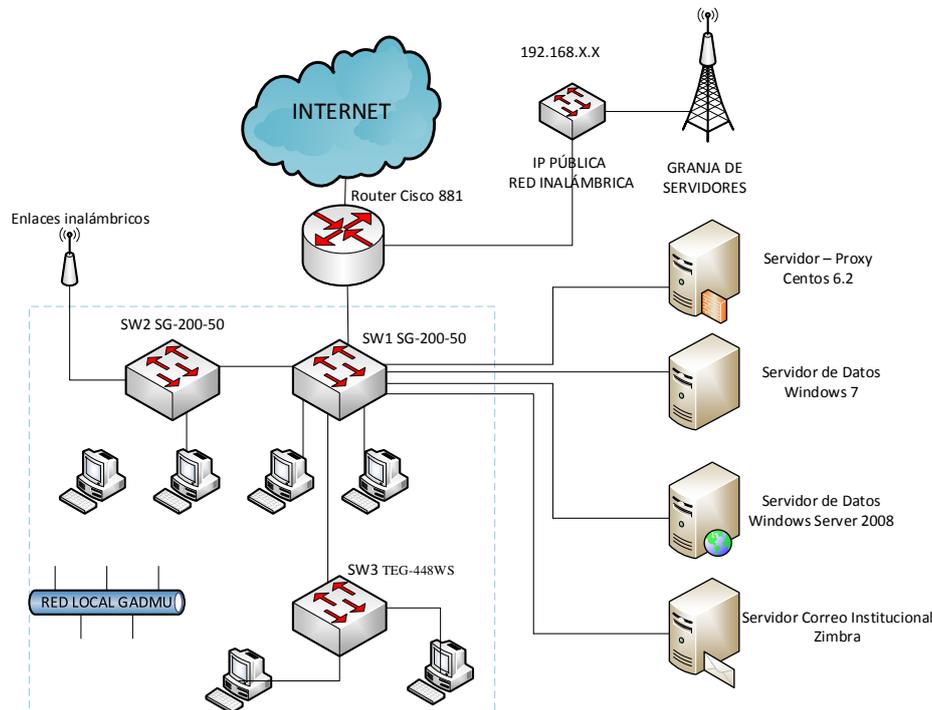


Figura 3.7: Diagnóstico Topología de la Red de Datos

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Figura 3.7 se muestra que del nodo central se conecta a un switch a la planta baja, del cual se distribuyen los puntos de red que llegan a cada uno de los lugares de trabajo. De la misma manera se realiza la distribución de puntos de red y servidores en la

segunda planta. Para la segunda planta se distribuyen los puntos de red directamente del nodo central, sin la necesidad de un switch adicional.

Para el proyecto se requiere manejar una IP Pública exclusivamente para la Red Inalámbrica para que los usuarios de la red no puedan acceder a la red interna del GADMU por precautelar la seguridad a nivel de red.

### 3.3.4 Diagnóstico del Ancho de Banda GAD Municipal de Urcuquí

Actualmente el GAD Municipal Urcuquí dispone del Servicio Internet de banda ancha proporcionado por el proveedor de servicios de internet autorizado Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT-EP) mediante un enlace de fibra óptica con un ancho de banda de 6 Mbps, véase la Tabla 3.10.

*Tabla 3.10: Diagnóstico Ancho de Banda GAD Urcuquí*

<b>GAD Urcuquí</b>	<b>ANCHO DE BANDA</b>
Servicio de Internet	6 Mbps
Proveedor CNT-EP mediante F.O.	

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.11 se muestran algunas de las características de la topología lógica Ethernet del GAD San Miguel de Urcuquí:

*Tabla 3.11: Características de la Topología Lógica*

<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN</b>	<b>TIPO DE CABLE</b>	<b>DISTANCIA MÁXIMA</b>	<b>TOPOLOGÍA</b>
<b>100BaseTX</b>	100 Mbps	Par Trenzado (Cat. 5e UTP)	100m	Estrella-Full Dúplex(Switch)
<b>1000Base-TX</b>	1000 Mbps	Par Trenzado (Cat. 6 UTP)	100m	Full Duplex

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.3.4.1 Diagnóstico Situación Actual Red Inalámbrica

En el edificio del GAD Municipal San Miguel de Urucuquí se encuentran dispuestos los siguientes equipos inalámbricos Ubiquiti que trabajan bajo el estándar IEEE 802.11n como se describe en la Tabla 3.12. Para establecer los enlaces con las entidades externas e independientes al GAD Urucuquí, los cuales actualmente proveen internet y acceso a la intranet del GAD Urucuquí.

En la Figura 3.8 se muestra la terraza donde se encuentra un mástil de 5 metros, en el cual se encuentran ubicados los equipos inalámbricos como se indica en la Tabla 3.13. La Unidad de Sistemas es quien se encarga de la administración de la red inalámbrica.



*Figura 3.8: Equipos Red Inalámbrica*  
Fuente: Fotografía tomada por el Autor.

En la Tabla 3.12 se describen los equipos inalámbricos que se aprecian en el mástil de la Figura 3.8.

Tabla 3.12: Equipos Red Inalámbrica Edificio GAD Urcuquí

CANTIDAD	EQUIPO	DETALLE
2	NanoStation M5	Modelo: NSM5 Marca: Ubiquiti Frecuencia: 5 Ghz Ganancia: 16 dBi Memoria: 32MB SDRAM, 8MB Flash Interface de Red: 2 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) PoE 110-240VAC 15VDC 0.8A US-style plug
1	NanoStation LocoM5	Modelo:LOCOM5 Marca: Ubiquiti Frecuencia: 5 GHz Ganancia: 13 dBi Interface de Red: 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) PoE 110-240VAC 15VDC 0.8A US-style plug

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.3.4.2 Diagnóstico de la Topología Red Inalámbrica Existente

Después del estudio realizado en la sección 3.3.6.1 se tenemos un diagnóstico de la Topología de la Red Inalámbrica Existente.

El GAD San Miguel de Urcuquí tiene conectividad con dependencias externas mediante enlaces inalámbricos bajo la tecnología Wi-Fi IEEE 802.11n, los cuales constan de 7 equipos Ubiquiti NanoStation; 1 de ellos está ubicado en la terraza del edificio principal del municipio y es el que se enlaza con los otros 5 ubicados en cada una de las dependencias externas. Además, en la terraza se encuentra un radio Ubiquiti, NanoStation, el que se encarga de brindar Servicio de Internet al Parque Central de la Parroquia Urcuquí, como se muestra en la Figura 3.9. Estas dependencias se detallarán más adelante ya que están tomadas en cuenta en la propuesta.

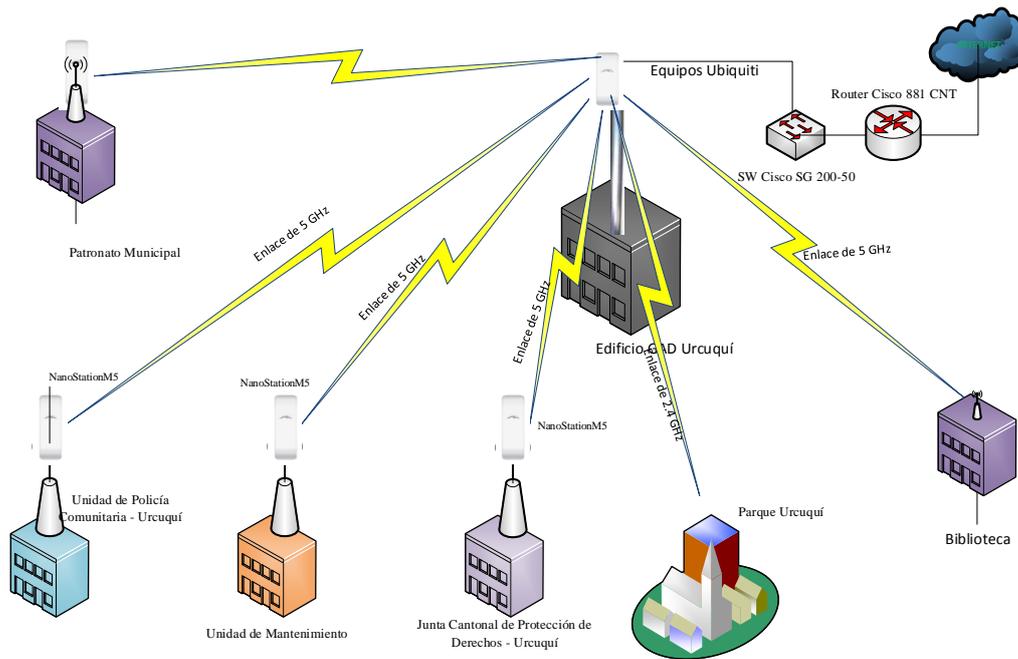


Figura 3.9: Diagnóstico de la Red Inalámbrica GAD Urcuquí  
Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.13 se muestran los enlaces inalámbricos bajo el estándar IEEE 802.11n que el GAD Urcuquí maneja actualmente.

Tabla 3.13: Enlaces Red Inalámbrica GADMU

ENLACE		CARACTERÍSTICA DEL ENLACE	CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO	RED
ORIGEN	DESTINO			
<b>Nodo Central ( Edificio GAD Urcuquí)</b>	Junta Cantonal de Protección de Derechos NNA Urcuquí	No requiere nodo repetidor Enlace: Punto a Punto	Router: NanoStation M5 Frecuencia: 5 GHz Tecnología: IEEE 802.11a/b/g/n Velocidad de Transmisión: 150 Mbps Seguridad: WPA2	SSID: GADMU SEGURIDAD: WPA2-AES AUTENTICACIÓN: Autenticación WPA - PSK CLAVE WPAPreshared: xxxxx
<b>Nodo Central ( Edificio GAD Urcuquí)</b>	Unidad de Policía Comunitaria - Urcuquí	No requiere nodo repetidor Enlace: Punto a Punto	No requiere nodo repetidor Enlace: Punto a Punto Router: NanoStation M5 Frecuencia: 5 GHz Tecnología: IEEE 802.11a/b/g/n Velocidad de Transmisión: 150 Mbps Seguridad: WPA3	SSID: GADMU SEGURIDAD: WPA2-AES AUTENTICACIÓN: Autenticación WPA - PSK CLAVE WPAPreshared: xxxxx

<b>Nodo Central ( Edificio GAD Urcuquí)</b>	Unidad de Mantenimiento	No requiere nodo repetidor Enlace: Punto a Punto	No requiere nodo repetidor Enlace: Punto a Punto Router: NanoStation M5 Frecuencia: 5 GHz Tecnología: IEEE 802.11a/b/g/n Velocidad de Transmisión: 150 Mbps Seguridad: WPA4	SSID: GADMU SEGURIDAD: WPA2-AES AUTENTICACIÓN: Autenticación WPA - PSK CLAVE WPAPreshared: xxxxx
---	----------------------------	--	--	---

Fuente: Elaborado por el Autor.

El GAD San Miguel de Urcuquí cuenta con dos Torres de 5 y 12 metros, las mismas al momento no están siendo utilizadas.

Para el Proyecto los puntos geográficos de las Torres se las utiliza como punto de repetición, las mismas que se mencionan también en el Anteproyecto.

En la Figura 3.10 se muestra la Torre de cinco metros se encuentra ubicada en la Loma de San Eloy ubicada en la hacienda San Eloy, parroquia Urcuquí.



Figura 3.10: Torre Loma San Eloy Parroquia Urcuquí

Fuente: Fotografía tomada por el Autor.

En la Figura 3.11 se muestra la Torre de doce metros se encuentra ubicada en la parroquia de Pablo Arenas, en una parte alta cercana al Barrio Central.



*Figura 3.11: Torre Parroquia Pablo Arenas*

Fuente: Fotografía tomada por el Autor.

Los puntos geográficos de las torres existentes son tomadas en cuenta para el proyecto.

#### **3.3.4.3 Diagnóstico Software, Aplicaciones y Servicios del GADMU**

En la Tabla 3.14 se presenta un diagnóstico del Software, Aplicaciones y Servicios del GAD Municipal de Urcuquí.

*Tabla 3.14: Software, Aplicaciones y Servicios del GADMU*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>DETALLE</b>
<b>Software</b>	Base de Datos SQL Server
	Aplicaciones Microsoft Office 2003-2007
	Utilitarias Autocad 2007-2009 Sistemas de Información GAD Geográfica
<b>Aplicaciones</b>	Patentes Catastros Cobros Contabilidad Inventario
<b>Servicios</b>	Internet Proxy Impresión en Red Alojamiento página Web

Fuente: Elaborado por el Autor.

### **3.4 Estudio de la Situación de los Sitios e Instituciones Beneficiarias del Proyecto**

La presente investigación nos permitirá tener puntos de referencia e indicadores, los mismos que nos servirán en el devenir en el diseño del proyecto. Los sitios e instituciones que forman parte de la propuesta no cuentan con el acceso a las Tecnologías de Información.

Los beneficiarios con los que se va a trabajar en el proyecto se definieron bajo los parámetros dispuestos en el anteproyecto y en coordinación con el jefe del Departamento de Sistemas del GADMU, previo estudio in situ en las diferentes parroquias bajo los siguientes criterios:

- Acceso a internet
- Demanda de internet

Los sitios y entidades públicas que se toman en cuenta para el proyecto son:

- Unidades Externas al GADMU
- Gobiernos Parroquiales
- Instituciones Educativas
- Unidades de Salud
- Unidad de Policía Comunitaria
- Parques del cantón
- Plazas del cantón

### **3.4.1 Diagnóstico Gobiernos Parroquiales**

En la Tabla 3.15 se muestra el diagnóstico del estado actual de los Gobiernos Parroquiales con respecto a los Servicio de Telecomunicaciones. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recogen en el Anexos B.

#### **Diagnóstico**

En la Tabla 3.15 se observa a los diferentes Gobiernos Parroquiales, la parroquia a la cual pertenece cada uno respectivamente, se indica los representantes que están a cargo de los Gobierno Parroquiales respectivamente, se indica la cobertura de los diferentes Servicios de Telecomunicaciones como es el Servicio de Internet, Cobertura de Telefonía Fija, Cobertura de Telefonía Móvil. Además, se indica si el internet actual cubre la demanda de la población y cuenta en el espacio suficiente para alojar los equipos informáticos.

Después de un análisis de los datos en la Tabla 3.15 se diagnostica que los 4 Gobiernos Parroquiales no cubren la demanda del Servicio de Internet y que tienen espacio suficiente para acoger equipos informáticos y que los mismos entran como beneficiarios de la propuesta.

Tabla 3.15: Diagnóstico Situación Actual Gobiernos Parroquiales

GOBIERNOS PARROQUIALES	PARROQUIA	REPRESENTANTES	INTERNET	INTERNET ACTUAL CUBRE DEMANDA DE USUARIOS	COBERTURA TELEFONÍA FIJA	COBERTURA TELEFONÍA MÓVIL	CUENTA CON ESPACIO PARA ALOJAR EQUIPOS INFORMÁTICOS	ANCHO DE BANDA ACTUAL
<b>GADMU</b>	Urcuquí	Dr. Julio Cruz Ponce	SI	NO	SI	SI	SI	6 Mbps
<b>Gobierno Parroquial de "San Blas"</b>	San Blas	Sr. Segundo Paida	SI	NO	SI	SI	SI	256 Kbps
<b>Gobierno Parroquial de "Tumbabiro"</b>	Tumbabiro	Sra. Jenny Rivera	SI	NO	SI	SI	SI	256 Kbps
<b>Gobierno Parroquial de "Pablo Arenas"</b>	Pablo Arenas	Sr. Martin Maldonado	SI	NO	SI	SI	SI	256 Kbps
<b>Gobierno Parroquial de "Cahuasquí"</b>	Cahuasquí	Sr. Gallardo Vega	SI	NO	SI	SI	SI	256 Kbps

Fuente: Elaborado por el Autor.

### **3.4.2 Diagnóstico Instituciones Educativas**

En la Tabla 3.17 se muestra el diagnóstico del estado actual de las Instituciones Educativas con respecto a los Servicio de Telecomunicaciones. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta se recoge en el Anexos B.

#### **Diagnóstico**

En la Tabla 3.16 se observa a las diferentes Instituciones Educativas, la parroquia a la cual pertenece cada uno respectivamente, se indica los representantes de cada una, si poseen ordenadores, si cuentan con laboratorios de computación, si tienen acceso a internet, si el internet actual cubre la demanda de los estudiantes, se indica el número de estudiantes, docentes, computadores y su ancho de banda actual.

Después de un análisis de los datos en la Tabla 3.16 se diagnostica que las 8 Instituciones Educativas no cubren la demanda del Servicio de Internet y que tienen espacio suficiente para acoger equipos informáticos y que los mismos entran como beneficiarios de la propuesta.

Tabla 3.16: Diagnóstico Situación Actual Instituciones Educativas Beneficiarias del Proyecto

ENTIDAD EDUCATIVA	PARROQUIA	REPRESENTANTE	COMPUTADOR	LABORATORIO DE COMPUTACIÓN	INTERNET	INTERNET ACTUAL CUBRE DEMANDA ESTUDIANTES	Nro. DE ESTUDIANTES	Nro. DE DOCENTES	Nro. DE COMPUTADORES	ANCHO DE BANDA(Kbps)
Unidad Educativa Urcuquí	Urcuquí	Dr. Rodrigo Vásquez	SI	SI	SI	NO	1364	70	120	1024
Escuela Fiscal Mixta "Abdón Calderón"	Urcuquí	Lic. Silvia Jaramillo	SI	SI	SI	NO	671	24	25	256
Centro de Educación Básica "Eloy Alfaro"	San Blas	Prof. Fausto Cruz	SI	SI	SI	NO	528	21	29	256
Escuela de Educación Básica "Vicente Rocafuerte"	Tumbabiro	Prof. Maria Quelal	SI	SI	NO	NO	180	10	20	256
Centro de Educación Inicial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	Prof. Laura Guamán	NO	NO	NO	NO	1	11	0	256
Centro de Educación Básica "Cinco de Junio"	Pablo Arenas	Prof. Cesar Perez	SI	SI	SI	NO	210	14	13	256
Unidad Educativa "Cahuasquí"	Cahuasquí	Lic. Aida Pineda	SI	SI	SI	NO	390	20	30	256
Circuito Educativo Urcuquí(Ex Colegio Luis Felipe Borja)	Urcuquí	Ing. Nadia Borja	SI	NO	SI	NO	0	0	0	256
Total							3344	170	237	2816

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.3 Unidades de Salud

En la Tabla 3.17 se muestra el diagnóstico del estado actual de las Instituciones Educativas con respecto a los Servicio de Telecomunicaciones, donde se muestra las diferentes Unidades de Salud, la Parroquia a la que pertenece, si tiene acceso a internet y si esta cubre la demanda de los usuarios, si posee cobertura fija y móvil; y su ancho de banda actual. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el Anexo B.

Después de un análisis de los datos en la Tabla 3.17 se diagnostica que las 5 Unidades de Salud no cubren la demanda del Servicio de Internet y que los mismos entran como beneficiarios de la propuesta.

*Tabla 3.17: Diagnóstico Situación Actual Unidades de Salud*

UNIDADES DE SALUD	PARROQUIA	INTERNET ACTUAL CUBRE DEMANDA ACTUAL	COBERTURA TELEFONÍA FIJA	COBERTURA TELEFONÍA MÓVIL	ANCHO DE BANDA(Kbps)
Subcentro de Salud Urcuquí	Urcuquí	NO	SI	SI	256
Unidad de Salud de San Blas	San Blas	NO	SI	SI	256
Unidad de Salud de Tumbabiro	Tumbabiro	NO	SI	SI	256
Unidad de Salud de Pablo Arenas	Pablo Arenas	NO	SI	SI	256
Unidad de Salud de Cahuasquí	Cahuasquí	NO	SI	SI	256
Total					1280

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.4 Unidades de Policía Comunitaria

En la Tabla 3.18 se muestra el diagnóstico del estado actual de las Unidades de Policía Comunitaria (UPC) con respecto a los Servicio de Telecomunicaciones, donde se muestra las diferentes UPC, la Parroquia a la que pertenece, si tiene acceso a internet y si esta cubre la demanda de los usuarios, si posee cobertura fija y móvil; y su ancho de banda actual. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el Anexo B.

Después de un análisis de los datos en la Tabla 3.18 se diagnóstica que los 4 UPC no tiene el Servicio de Internet y que los mismos entran como beneficiarios de la propuesta.

*Tabla 3.18: Diagnóstico Situación Actual Unidades de Policía Comunitaria*

Unidad de Policía Comunitaria (UPC)	PARROQUIA	INTERNET ACTUAL CUBRE DEMANDA ACTUAL	INTERNET	COBERTURA TELEFONÍA FIJA	COBERTURA TELEFONÍA MÓVIL	ANCHO DE BANDA(Kbps)
UPC Urcuquí	Urcuquí	NO	NO	SI	SI	0
UPC Tumbabiro	Tumbabiro	NO	NO	SI	SI	0
UPC Pablo Arenas	Pablo Arenas	NO	NO	SI	SI	0
UPC Cahuasquí	Cahuasquí	NO	NO	SI	SI	0
					Total	0

Fuente: Elaborado por el Autor.

### **3.4.5 Unidades Externas al GADMU**

En la Tabla 3.19 se muestra el diagnóstico del estado actual de las Unidades de Externas al GADMU con respecto a los Servicio de Telecomunicaciones, donde se muestra las diferentes Entidades Públicas, la Parroquia a la que pertenece, si tiene acceso a internet y si esta cubre la demanda de los usuarios, si posee cobertura fija y móvil; y su ancho de banda actual. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el Anexo B.

Después de un análisis de los datos en la Tabla 3.19 se diagnóstica que los 8 Unidades Externas al GADMU no tiene el Servicio de Internet y que los mismos entran como beneficiarios de la propuesta.

Tabla 3.19: Diagnóstico Situación Actual Unidades Externas al GADMU

INSTITUCIONES PÚBLICAS	PARROQUIA	INTERNET ACTUAL CUBRE DEMANDA ACTUAL	INTERNET	COBERTURA TELEFONÍA FIJA	COBERTURA TELEFONÍA MÓVIL	ANCHO DE BANDA(Kbps)
Junta Cantonal de Protección de Derechos	Urcuquí	NO	NO	SI	SI	0
Patronato Municipal de Amparo Social de Urcuquí	Urcuquí	NO	NO	SI	SI	0
Unidad de Desarrollo Social "Eugenio Espejo"	Urcuquí	NO	NO	SI	SI	0
Proyecto Adulto Mayor	Urcuquí	NO	NO	SI	SI	0
Biblioteca Municipal	Urcuquí	NO	NO	SI	SI	0
Unidad de Mantenimiento	Urcuquí	NO	NO	SI	SI	0
Tenencia Política	Tumbabiro	NO	NO	SI	SI	0
Tenencia Política Cahuasquí	Cahuasquí	NO	NO	SI	SI	0
					Total	0

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.6 Diagnóstico Situación Actual Espacios Públicos del Cantón Urcuquí

En la Tabla 3.20 se muestra el diagnóstico del estado actual de los Espacios Públicos del Cantón Urcuquí con respecto a los Servicio de Telecomunicaciones, donde se muestra las diferentes Espacios Públicos, la Parroquia a la que pertenece, si tiene acceso a internet y si esta cubre la demanda de los usuarios, si posee cobertura fija y móvil; y su ancho de banda actual. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recogen en el Anexo B.

Después de un análisis de los datos en la Tabla 3.20 se diagnostica que los 7 Espacios Públicos del Cantón Urcuquí no tienen el Servicio de Internet y que los mismos entran como beneficiarios de la propuesta.

*Tabla 3.20: Diagnóstico Situación Actual Espacios Públicos Cantón Urcuquí.*

LUGARES PÚBLICAS	PARROQUIA	INTERNET	COBERTURA TELEFONÍA FIJA	COBERTURA TELEFONÍA MÓVIL	ANCHO DE BANDA(Kbps)
Parque Central "Urcuquí"	Urcuquí	SI	SI	SI	256
Parque "San Blas"	San Blas	NO	SI	SI	0
Parque "Tumbabiro"	Tumbabiro	NO	SI	SI	0
Parque "Cahuasquí"	Cahuasquí	NO	SI	SI	0
Plaza del Buen Vivir	Urcuquí	NO	SI	SI	0
Plaza San Blas	San Blas	NO	SI	SI	0
Plaza "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	NO	SI	SI	0
				Total	256

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.6.1 Posición Geográfica de los Centros de Educación

En la Tabla 3.21 se presenta a lectura de las coordenadas geográficas y UTM(Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator) son tomadas en cada unidad educativa para ser utilizadas según se requiera en la herramienta ocupada para el diseño. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recogen en el ANEXO D.

Tabla 3.21: Posición Geográfica de los Centros de Educación

ENTIDAD EDUCATIVA	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
Unidad Educativa Urcuquí	Urcuquí	N: 0° 25' 6.23132" O: 78° 11' 34.6161" Altura: 2280m	X: 441049.1422 Y: 1318796.8378
Escuela Fiscal Mixta "Abdón Calderón"	Urcuquí	N: 0° 25' 6.4324" O: 78° 11' 52.5328" Altura: 2304m	X: 441074.9070 Y: 1318241.9825
Centro de Educación Básica "Eloy Alfaro"	San Blas	N: 0° 24' 46.3187" O: 78° 12' 46.3354" Altura: 2360m	X: 441021.1612 Y: 1316569.9969
Escuela de Educación Básica "Vicente Rocafuerte"	Tumbabiro	N: 0° 27' 40.0738" O: 78° 11' 33.79168" Altura: 2090m	X: 442023.2745 Y: 1318865.0568
Centro de Educación Inicial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	N: 0° 30' 4.7081" O: 78° 11' 33.05404" Altura: 2370m	X: 442939.2110 Y: 1318927.3851
Centro de Educación Básica "Cinco de Junio"	Pablo Arenas	N: 0° 30' 4.4298" O: 78° 11' 23.98" Altura: 2382m	X: 442925.4412 Y: 1319208.3651
Unidad Educativa "Cahuasquí"	Cahuasquí	N: 0°30' 40.86457" O:78°12' 41.97604" Altura: 2373m	X: 443259.2563 Y: 1316802.3806

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.7 Gobiernos Parroquiales

Son lugares cerrados utilizados para reuniones, eventos y actividades varias de la parroquia. Actualmente el cantón Urcuquí cuenta con cinco Gobiernos Parroquiales y su ubicación geográfica se describe en la Tabla 3.22, pero aquí se precisan las coordenadas únicamente de cuatro, solo de los que de acuerdo a parámetros previamente establecidos.

### 3.4.7.1 Posición geográfica Gobiernos Parroquiales

En la Tabla 3.22 se muestra los diferentes Gobiernos Parroquiales y sus coordenadas Geográficas y UTM de los Gobiernos Parroquiales. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.22: Posición Geográfica Gobiernos Parroquiales

GOBIERNOS	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
GADMU	Urququí	N: 00° 25.05' O: 78° 11.616' Altura: 2310m	X: 441031.8635 Y: 1318723.3390
Gobierno Parroquial de "San Blas"	San Blas	N: 0° 24' 48.84257" O: 78° 12' 22.99648" Altura: 2351m	X: 441005.1699 Y: 1317293.5484
Gobierno Parroquial de "Tumbabiro"	Tumbabiro	N: 0° 27' 41.1786" O: 78° 11' 31.4749" Altura: 2093m	X: 442027.1643 Y: 1318937.1177
Gobierno Parroquial de "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	N: 0° 30' 5.1138" O: 78° 11' 38.74366" Altura: 2398m	X: 442949.3103 Y: 1318751.2672
Gobierno Parroquial de "Cahuasquí"	Cahuasquí	N: 0° 30' 51.79654" O: 78° 12' 44.6067" Altura: 2359m	X: 443331.9142 Y: 1316723.8411

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.7.2 Posición geográfica Unidades de Salud

En la Tabla 3.23 se muestra las diferentes Unidades de Salud, la Parroquia a la que pertenecen y coordenadas Geográficas y UTM de las diferentes Unidades de Salud.

La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.23: Posición Geográfica Unidad de Salud

UNIDADES DE SALUD	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
Subcentro de Salud Urququí	Urququí	N: 0° 25' 7.0465" O: 78° 11' 37.4524" Altura: 2297m	X: 441058.1864 Y: 1318709.2207
Unidad de Salud de San Blas	San Blas	N: 0° 24' 44.09417" O: 78° 12' 40.4968" Altura: 2386m	X: 440999.0828 Y: 1316750.2051

Unidad de Salud de Tumbabiro	Tumbabiro	N: 0° 27' 41.504" O: 78° 11' 27.250" Altura: 2112m	X: 442023.5487 Y: 1319068.0638
Unidad de Salud de Pablo Arenas	Pablo Arenas	N: 0° 29' 52.222" O: 78° 11' 40.986" Altura: 2387m	X: 442870.5615 Y: 1318678.3211
Unidad de Salud de Cahuasquí	Cahuasquí	N: 0° 30' 40.810" O: 78° 12' 45.008" Altura: 2401m	X: 443262.9064 Y: 1316708.4546

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.7.3 Posición geográfica Unidad de Policía Comunitaria

La Posición Geográfica de las diferentes Unidades de Policía Comunitaria se muestran en la Tabla 3.24, la Parroquia a la que pertenece y sus coordenadas Geográficas y UTM de las diferentes UPC. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.24: Posición Geográfica de UPC

Unidad de Policía Comunitaria (UPC)	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
UPC Urcuquí	Urcuquí	N: 0° 25' 17.44914" O: 78° 11' 36.51605" Altura: 2298m	X: 441122.8473 Y: 1318741.1294
UPC Tumbabiro	Tumbabiro	N: 0° 27' 41.1786" O: 78° 11' 31.4749" Altura: 2093m	X: 442027.1643 Y: 1318937.1177
UPC Pablo Arenas	Pablo Arenas	N: 0° 30' 5.1138" O: 78° 11' 38.74366" Altura: 2398m	X: 442949.3103 Y: 1318751.2672
UPC Cahuasquí	Cahuasquí	N: 0° 30' 47.740" O: 78° 12' 45.682" Altura: 2410m	X: 443307.6553 Y: 1316689.4436

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.7.4 Posición Geográfica Instituciones Públicas

La Posición Geográfica de las Instituciones externas al GADMU se muestran en la Tabla 3.25 se muestra las coordenadas Geográficas y UTM de las diferentes Entidades Públicas. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.25: Posición Geográfica de las Instituciones Públicas

INSTITUCIONES PÚBLICAS	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
<b>Circuito Educativo Urcuquí (Ex Colegio Luis Felipe Borja)</b>	Urcuquí	N: 0° 25' 1.0479" O: 78° 11' 57.5460" Altura: 2289m	X: 441047.6448 Y: 1318085.2089
<b>Junta Cantonal de Protección de Derechos</b>	Urcuquí	N: 0° 25' 3.7973" O: 78° 11' 37.7784" Altura: 2279m	X: 441038.0364 Y: 1318698.2148
<b>Patronato Municipal de Amparo Social de Urcuquí</b>	Urcuquí	N: 0° 25' 3.1531" O: 78° 11' 43.7487" Altura: 2285m	X:441042.1166 Y:1318513.1241
<b>Farmacia</b>	Urcuquí	N: 0° 25' 3.1531" O: 78° 11' 43.7487" Altura: 2285m	X:441042.1166 Y:1318513.1241
<b>Unidad de Desarrollo Social "Eugenio Espejo"</b>	Urcuquí	N: 0° 25' 3.1531" O: 78° 11' 43.7487" Altura: 2285m	X:441042.1166 Y:1318513.1241
<b>Proyecto Adulto Mayor</b>	Urcuquí	N: 0° 25' 3.1531" O: 78° 11' 43.7487" Altura: 2285m	X:441042.1166 Y:1318513.1241
<b>Biblioteca Municipal</b>	Urcuquí	N: 0° 25' 1.60788" O: 78° 11' 46.47487" Altura: 2293m	X: 441036.0517 Y: 1318428.2575
<b>Unidad de Mantenimiento</b>	Urcuquí	N: 0° 25' 9.63692" O: 78° 11' 37.2973" Altura: 2282m	X: 441074.3943 Y: 1318714.7489
<b>Tenencia Política</b>	Tumbabiro	N: 0° 27' 41.1786" O: 78° 11' 31.4749" Altura: 2093m	X: 442027.1643 Y: 1318937.1177
<b>Tenencia Política Cahuasquí</b>	Cahuasquí	N: 0° 30' 47.740" O: 78° 12' 45.682" Altura: 2410m	X: 443307.6553 Y: 1316689.4436

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.7.5 Posición Geográfica Puntos de Repetición

La Posición Geográfica de los Puntos de Repetición para la Propuesta se muestran en la Tabla 3.26, la Parroquia a la que pertenece, sus Coordenadas Geográficas y UTM de los Nodos de la Red Troncal. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.26: Posición Geográfica de los Puntos de Repetición

PUNTOS DE REPETICIÓN	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
Torre Loma San Eloy	Urcuquí	N: 0° 25' 3.1921" O: 78° 11' 5.7284" Altura: 2305m	X: 440990.3771 Y: 1319690.6890
Torre Pablo Arenas	Pablo Arenas	N: 0° 29' 56.73156" O: 78° 11' 53.33474" Altura: 2498m	X: 442915.4980 Y: 1318297.0595

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.4.8 Lugares Públicos

Son espacios para actividades deportivas de cultura y turísticas que se encuentran en el cantón y son utilizados constantemente por los habitantes del cantón en las diferentes parroquias y público en general.

#### 3.4.8.1 Posición geográfica

En la Tabla 3.27 se muestra las coordenadas Geográficas y UTM de los diferentes Parques y Plazas del Cantón Urcuquí. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.27: Posición Geográfica Sitios Públicos

LUGARES PÚBLICAS	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
Parque Central "Urcuquí"	Urcuquí	N: 00° 25' 2.802611" O: 78° 11' 39.77405" Altura: 2283m	X: 441034.4603 Y: 1318636.1278
Parque "San Blas"	San Blas	N: 0° 24' 43.872" O: 78° 12' 21.5244" Altura: 2346m	X: 440971.6849 Y: 1317337.7493
Parque "Tumbabiro"	Tumbabiro	N: 0° 30' 46.5286" O: 78° 12' 43.53317" Altura: 2349m	X: 443297.1582 Y: 1316755.6752
Parque "Cahuasquí"	Cahuasquí	N: 0° 30' 46.5286" O: 78° 12' 43.53317" Altura: 2349m	X: 443297.1582 Y: 1316755.6752
Plaza del Buen Vivir	Urcuquí	N: 0° 25' 2.330" O: 78° 11' 47.770" Altura: 2296m	X: 443258.2813 Y: 1316760.2329

<b>Plaza San Blas</b>	San Blas	N: 0° 24' 44.09417" O: 78° 12' 40.4968" Altura: 2296m	X: 440999.0828 Y: 1316750.2051
<b>Plaza "Pablo Arenas"</b>	Pablo Arenas	N: 0° 30' 11.28408" O: 78° 11' 38.47088" Altura: 2346m	X: 442988.0623 Y: 1318761.3862
<b>Plaza Nueva Cahuasquí</b>	Cahuasquí	N: 0° 30' 40.428" O: 78° 12' 43.333" Altura: 2402m	X: 443258.2813 Y: 1316760.2329

Fuente: Elaborado por el Autor.

El análisis en las instituciones educativas y juntas parroquiales se realizó en base a su situación actual y los requerimientos que necesitan se describen conforme a los Site Survey realizados. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

### **3.5 Diseño de la Red Inalámbrico para la Propuesta**

En un diseño de red es importante tener conocimiento de los lugares o entidades que se pretende cubrir, para lo cual se hizo una inspección técnica de los lugares que previamente se habían elegido y definido como beneficiarias del proyecto, cuyos datos se presentarán en el devenir de esta sección, como también se realizó un análisis de la situación actual del cantón y del GAD Municipal, los datos obtenidos del mismo se extraerán los que sean relevantes para el diseño del proyecto.

#### **3.5.1 Entidades y Lugares para la cobertura del proyecto**

El presente proyecto nace como una necesidad de crear proyectos que contribuyan al desarrollo y calidad de vida de la población. Por tal motivo el GAD Municipal Urcuquí contempla un “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial” dentro del cual se encuentra la “Movilidad, Energía y Conectividad” el mismo que destaca la necesidad de realizar un proyecto para reducir la brecha digital y social del cantón.

A continuación, se presentan los diferentes nodos, entidades y sitios involucrados en el diseño de la red inalámbrica, los mismos que se obtuvieron después de un estudio donde se indica que no se tiene acceso a Internet y si lo tiene es insuficiente; y la tecnología que trabajan actualmente esta desactualizada.

La Red Inalámbrica se realiza para proveer de internet a las diferentes instituciones y lugares en el cantón Urcuquí.



*Figura 3.12: Ubicación y Geografía del Cantón Urcuquí*  
Fuente: (GAD Urcuquí, 2018)

- GAD Municipal de Urcuquí
- Nodos para la red de troncal
- Instituciones Educativas del Cantón Urcuquí
- Unidades Externas al GADMU
- Centro de Salud
- Unidades de Policía Comunitarias
- GAD Parroquiales del Cantón
- Parques del Cantón Urcuquí
- Plazas del Cantón Urcuquí

### 3.5.1.1 *Nodo de Gestión GAD Municipal de Urucuquí*



*Figura 3.13: Edificio GAD Municipal de Urucuquí*  
Fuente: Fotografía tomada por el Autor.

El Centro de Operaciones de Red es desde donde se brindará el servicio de internet y desde donde parte la red inalámbrica mediante la interconexión de la red troncal y la red de acceso hasta el usuario.

El Centro de Operaciones de Red se ubicará en el GAD Municipal de Urucuquí. El GADMU cuenta con un edificio de tres plantas; donde en la primera planta se encuentra la Dirección de Sistemas, el mismo que administra las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), el cual es importante en el desarrollo de proyecto, ya que es donde se concentran los servidores, equipos de conmutación y ruteo, los mismos que controlaran y gestionaran los diferentes servicios de la red.

Actualmente el GADMU dispone del Servicio Internet de 6 Mbps contratado con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT-EP).

### 3.5.1.2 *Nodos para la Red Troncal*

En el GAD Urucuquí se ubicará el Centro de Operaciones de Red desde donde desplegará la Red Inalámbrica conformándose la misma de una red troncal y una red de acceso. Para la Red Troncal escogieron los puntos geográficos más altos de la Parroquia

Urcuquí y Pablo Arenas como se indica en la Figura 3.14 para tener una mejor línea de vista, y en consecuencia un mejor desempeño de la red.

La Red Troncal estará formada por los siguientes nodos:

- Nodo Troncal ubicado en el GAD Municipal de Urcuquí
- Nodo Troncal ubicado en la loma de San Eloy de la Parroquia Urcuquí.
- Nodo Troncal ubicado en el Cerro de Pablo Arenas en la Parroquia Pablo Arenas.

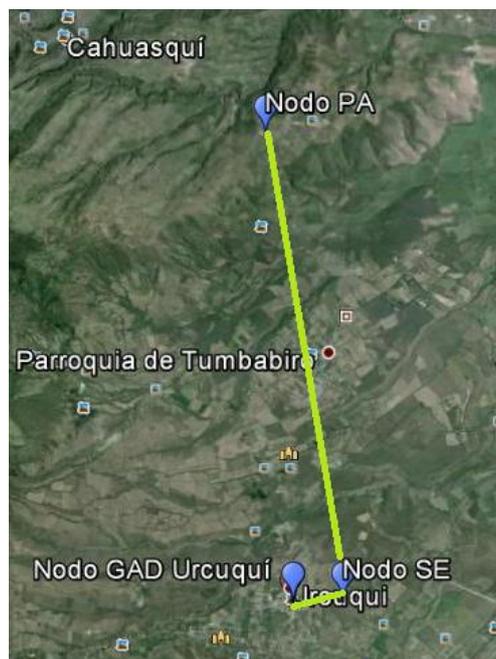


Figura 3.14: Ubicación Geográfica de los Nodos de la Red Troncal  
Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.5.1.3 Instituciones Educativas del Cantón Urcuquí

El cantón Urcuquí cuenta con 7 instituciones educativas y 1 unidad educativa el cual gestiona el circuito educativo las cuales son tomadas en cuenta para el presente diseño. En la Figura 3.15 se observa la ubicación de cada institución educativa del cantón Urcuquí.



Figura 3.15: Ubicación Geográfica de las Instituciones Educativas del Cantón Urcuquí  
Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.28 se indica los nombres de las instituciones educativas con el código a la que pertenece en el mapa de la Figura 3.15.

Tabla 3.28: Instituciones Educativas del Cantón Urcuquí

<b>INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CANTÓN URQUQUÍ</b>		
<b>CÓDIGO</b>	<b>ENTIDADES PARA COBERTURA</b>	<b>PARROQUIA</b>
<b>1</b>	Unidad Educativa Urcuquí	Urcuquí
<b>2</b>	Escuela Fiscal Mixta "Abdón Calderón"	Urcuquí
<b>3</b>	Circuito Educativo Urcuquí (Ex Colegio Luis Felipe Borja)	Urcuquí
<b>4</b>	Centro de Educación Básica "Eloy Alfaro"	San Blas
<b>5</b>	Escuela de Educación Básica "Vicente Rocafuerte"	Tumbabiro
<b>6</b>	Centro de Educación Inicial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas
<b>7</b>	Centro de Educación Básica "Cinco de Junio"	Pablo Arenas
<b>8</b>	Unidad Educativa "Cahuasquí"	Cahuasquí

Fuente: (Ministerio de Educación, 2013)

### 3.5.1.4 Gobiernos Parroquiales

El cantón Urcuquí cuenta con seis parroquias. En la Figura 3.16 se observa la ubicación de los gobiernos parroquiales considerados para el diseño.



Figura 3.16: Ubicación Geográfica Gobiernos Parroquiales  
Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.29 se indica los nombres de los gobiernos parroquiales con el código que pertenece en el mapa de la Figura 3.16.

Tabla 3.29: Gobiernos Parroquiales del Cantón Urcuquí

CÓDIGO	ENTIDADES PARA COBERTURA	PARROQUIA
1	Gobierno Parroquial de "San Blas"	San Blas
2	Gobierno Parroquial de "Tumbabiro"	Tumbabiro
3	Gobierno Parroquial de "Pablo Arenas"	Pablo Arenas
4	Gobierno Parroquial de "Cahuasquí"	Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.5.1.5 Unidades de Salud Cantón Urcuquí

El cantón Urcuquí cuenta con seis Unidades de Salud. En la Figura 3.17 se observa la ubicación de las Unidades de Salud consideradas para el diseño.



Figura 3.17: Ubicación Geográfica Unidades de Salud Cantón Urcuquí  
Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.30 se indica los nombres de las Unidades de Salud del Cantón Urcuquí con el código que pertenece en el mapa de la Figura 3.17.

Tabla 3.30: Unidades de Salud Cantón Urcuquí

UNIDADES DE SALUD CANTÓN URQUQUÍ		
CÓDIGO	ENTIDADES PARA COBERTURA	PARROQUIA
1	Subcentro de Salud Urcuquí	Urcuquí
2	Unidad de Salud de San Blas	San Blas
3	Unidad de Salud de Tumbabiro	Tumbabiro
4	Unidad de Salud de Pablo Arenas	Pablo Arenas
5	Unidad de Salud de Cahuasquí	Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.5.1.6 Unidades de Policía Comunitaria Cantón Urcuquí

El cantón Urcuquí cuenta con cinco Unidades de Policía Comunitaria (UPC). En la Figura 3.18 se observa la ubicación de las UPC consideradas para el diseño.

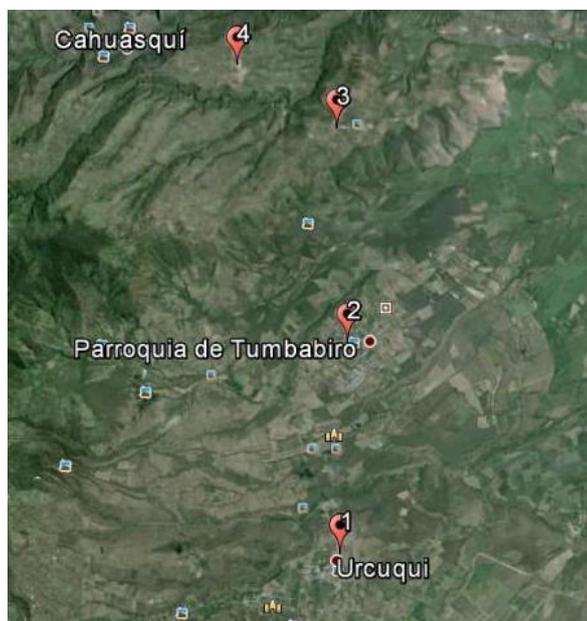


Figura 3.18: Ubicación Geográfica Unidades de Policía Comunitaria Cantón Urcuquí  
Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.31 se indica los nombres de las Unidades de Policía Comunitaria con el código que pertenece en el mapa en la Figura 3.18.

Tabla 3.31: Unidad de Policía Comunitaria Cantón Urcuquí

UNIDADES DE POLICÍA COMUNITARIA		
CÓDIGO	ENTIDADES PARA COBERTURA	PARROQUIA
1	UPC Urcuquí	Urcuquí
2	UPC Tumbabiro	Tumbabiro
3	UPC Pablo Arenas	Pablo Arenas
4	UPC Cahuasquí	Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.5.1.7 Entidades Públicas Cantón Urququí

El cantón Urququí cuenta con diferentes entidades públicas ubicadas alrededor del cantón Urququí. En la figura 3.19 se observa la ubicación de las Entidades Públicas consideradas para el diseño.



Figura 3.19: Ubicación Geográfica Entidades Públicas Cantón Urququí  
Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.32 se indica los nombres de las Entidades Públicas del Cantón Urququí con el código que pertenece en el mapa de la Figura 3.19.

Tabla 3.32: Entidades Públicas del Cantón Urququí

<b>ENTIDADES PÚBLICAS DEL CANTÓN URQUQUÍ</b>		
<b>CÓDIGO</b>	<b>ENTIDADES PARA COBERTURA</b>	<b>PARROQUIA</b>
<b>1</b>	Junta Cantonal de Protección de Derechos	Urququí
<b>2</b>	Patronato Municipal de Amparo Social de Urququí	Urququí
<b>3</b>	Unidad de Desarrollo Social "Eugenio Espejo"	Urququí
<b>4</b>	Proyecto Adulto Mayor	Urququí

5	Biblioteca Municipal	Urcuquí
6	Unidad de Mantenimiento	Urcuquí
7	Tenencia Política Tumbabiro	Tumbabiro
8	Tenencia Política Cahuasquí	Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.5.1.8 Sitios Públicos Cantón Urcuquí

El cantón Urcuquí cuenta con diferentes sitios públicos ubicados alrededor del cantón Urcuquí. En la Figura 3.20 se observa la ubicación de los diferentes sitios públicos considerados para el diseño.



Figura 3.20: Ubicación Geográfica Sitios Públicos Cantón Urcuquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.33 se indica los nombres de los Sitios Públicos del Cantón Urcuquí con el código que pertenece en el mapa de la Figura 3.20.

Tabla 3.33: Sitios Públicos Cantón Urcuquí

<b>SITIOS PÚBLICOS CANTÓN URQUQUÍ</b>		
<b>CÓDIGO</b>	<b>SITIOS PARA COBERTURA</b>	<b>PARROQUIA</b>
1	Parque Central "Urcuquí"	Urcuquí
2	Parque "San Blas"	San Blas

<b>3</b>	Parque "Tumbabiro"	Tumbabiro
<b>4</b>	Parque "Cahuasquí"	Cahuasquí
<b>5</b>	Plaza del Buen Vivir	Urcuquí
<b>6</b>	Plaza San Blas	San Blas
<b>7</b>	Plaza "Pablo Arenas"	Pablo Arenas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.5.2 Coordenadas Geográficas de las Entidades y Sitios para el diseño

Para el diseño de la red inalámbrica es necesario conocer la posición geográfica de los puntos a los cuales se les dará cobertura de los servicios de telecomunicaciones, para lo cual se realizó el "Site Survey" o inspección los lugares y entidades considerados para este proyecto, el mismo que nos permitió recabar información relevante para el diseño, la información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

A continuación, se presenta las coordenadas geográficas de las diferentes entidades y sitios considerados para el diseño. En la Tabla 3.34 se muestra las Coordenadas Geográficas y UTM de las Instituciones Educativas.

Tabla 3.34: Coordenadas Geográficas Instituciones Educativas

INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CANTÓN URQUQUÍ				
CÓDIGO	ENTIDADES PARA COBERTURA	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
<b>1</b>	Unidad Educativa Urcuquí	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 6.23132" N Longitud: 78° 11' 34.6161" O Altura: 2280m	X: 441049.1422 Y: 1318796.8378
<b>2</b>	Escuela Fiscal Mixta "Abdón Calderón"	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 6.4324" N Longitud: 78° 11' 52.5328" O Altura: 2304m	X: 441074.9070 Y: 1318241.9825
<b>3</b>	Circuito Educativo Urcuquí(Ex Colegio Luis Felipe Borja)	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 1.0479" N Longitud: 78° 11' 57.5460" O Altura: 2295	X: 430399.6201 Y: 8660152.3438
<b>4</b>	Centro de Educación Básica "Eloy Alfaro"	San Blas	Latitud: 0° 24' 46.3187" N Longitud: 78° 12'	X: 441021.1612 Y: 1316569.9969

			46.3354" O Altura: 2360m	
5	Escuela de Educación Básica "Vicente Rocafuerte"	Tumbabiro	Latitud: 0° 27' 40.0738" N Longitud: 78° 11' 33.79168" O Altura: 2090m	X: 442023.2745 Y: 1318865.0568
6	Centro de Educación Inicial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	Latitud: 0° 30' 4.7081" N Longitud: 78° 11' 33.05404" O Altura: 2370m	X: 442939.2110 Y: 1318927.3851
7	Centro de Educación Básica "Cinco de Junio"	Pablo Arenas	Latitud: 0° 30' 4.4298" N Longitud: 78° 11' 23.98" O Altura: 2382m	X: 442925.4412 Y: 1319208.3651
8	Unidad Educativa "Cahuasquí"	Cahuasquí	Latitud: 0°30' 40.86457" N Longitud: 78°12' 41.97604" O Altura: 2373m	X: 443259.2563 Y: 1316802.3806

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.35 se expone las Coordenadas Geográficas de los diferentes Gobiernos Parroquiales del Cantón Urcuquí, la información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.35: Coordenadas Geográficas Gobiernos Parroquiales

GOBIERNOS PARROQUIALES CANTÓN URQUQUÍ				
CÓDIGO	ENTIDADES PARA COBERTURA	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENAS UTM
1	Gobierno Parroquial de "San Blas"	San Blas	Latitud: 0° 24' 48.84257" N Longitud: 78° 12' 22.99648" O Altura: 2351m	X: 441005.1699 Y: 1317293.5484
2	Gobierno Parroquial de "Tumbabiro"	Tumbabiro	Latitud: 0° 27' 41.1786" N Longitud: 78° 11' 31.4749" O Altura: 2093m	X: 442027.1643 Y: 1318937.1177
3	Gobierno Parroquial de "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	Latitud: 0° 30' 5.1138" N Longitud: 78° 11' 38.74366" O Altura: 2398m	X: 442949.3103 Y: 1318751.2672
4	Gobierno Parroquial de "Cahuasquí"	Cahuasquí	Latitud: 0° 30' 51.79654" N Longitud: 78° 12' 44.6067" O Altura: 2359m	X: 443331.9142 Y: 1316723.8411

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.36 se expone las Coordenadas Geográficas y UTM de las diferentes Unidades de Salud del Cantón Urcuquí. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.36: Coordenadas Geográficas Unidades de Salud

<b>UNIDADES DE SALUD CANTÓN URQUQUÍ</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>ENTIDADES PARA COBERTURA</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>
1	Subcentro de Salud Urcuquí	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 7.0465" N Longitud: 78° 11' 37.4524" O Altura: 2297m	X: 441058.1864 Y: 1318709.2207
2	Unidad de Salud de San Blas	San Blas	Latitud: 0° 24' 44.09417" N Longitud: 78° 12' 40.4968" O Altura: 2386m	X: 440999.0828 Y: 1316750.2051
3	Unidad de Salud de Tumbabiro	Tumbabiro	Latitud: 0° 27' 41.504" N Longitud: 78° 11' 27.250" O Altura: 2112m	X: 442023.5487 Y: 1319068.0638
4	Unidad de Salud de Pablo Arenas	Pablo Arenas	Latitud: 0° 29' 52.222" N Longitud: 78° 11' 40.986" O Altura: 2387m	X: 442870.5615 Y: 1318678.3211
5	Unidad de Salud de Cahuasquí	Cahuasquí	Latitud: 0° 30' 40.810" N Longitud: 78° 12' 45.008" O Altura: 2401m	X: 443262.9064 Y: 1316708.4546

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.37 se expone las Coordenadas Geográficas y UTM de las diferentes Unidades de Policía Comunitaria del Cantón Urcuquí, La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.37: Coordenadas Geográficas UPCs

<b>UNIDADES DE POLICÍA COMUNITARIA</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>ENTIDADES PARA COBERTURA</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	<b>COORDENAS UTM</b>
1	UPC Urcuquí	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 17.44914" N Longitud: 78° 11' 36.51605" O Altura: 2298m	X: 441122.8473 Y: 1318741.1294
2	UPC Tumbabiro	Tumbabiro	Latitud: 0° 27' 41.1786" N Longitud: 78° 11' 31.4749" O Altura: 2093m	X: 442027.1643 Y: 1318937.1177

3	UPC Pablo Arenas	Pablo Arenas	Latitud: 0° 30' 5.1138" N Longitud: 78° 11' 38.74366" O Altura: 2398m	X: 442949.3103 Y: 1318751.2672
4	UPC Cahuasquí	Cahuasquí	Latitud: 0° 30' 47.740" N Longitud: 78° 12' 45.682" O Altura: 2410m	X: 443307.6553 Y: 1316689.4436

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.38 se expone las Coordenadas Geográficas y UTM de las diferentes Entidades Públicas Externas al GAD Municipal de Urcuquí. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

Tabla 3.38: Coordenadas Geográficas Entidades Públicas

<b>ENTIDADES PÚBLICAS DEL CANTÓN URQUQUÍ</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>ENTIDADES PARA COBERTURA</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	<b>COORDENAS UTM</b>
1	Junta Cantonal de Protección de Derechos	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 3.7973" N Longitud: 78° 11' 37.7784" O Altura: 2279m	X: 441038.0364 Y: 1318698.2148
2	Patronato Municipal de Amparo Social de Urcuquí	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 3.1531" N Longitud: 78° 11' 43.7487" O Altura: 2285m	X:441042.1166 Y:1318513.1241
3	Unidad de Desarrollo Social "Eugenio Espejo"	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 3.1531" N Longitud: 78° 11' 43.7487" O Altura: 2285m	X:441042.1166 Y:1318513.1241
4	Proyecto Adulto Mayor	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 3.1531" N Longitud: 78° 11' 43.7487" O Altura: 2285m	X:441042.1166 Y:1318513.1241
5	Biblioteca Municipal	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 1.60788" N Longitud: 78° 11' 46.47487" O Altura: 2293m	X: 441036.0517 Y: 1318428.2575
6	Unidad de Mantenimiento	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 9.63692" N Longitud: 78° 11' 37.2973" O Altura: 2282m	X: 441074.3943 Y: 1318714.7489
7	Tenencia Política Tumbabiro	Tumbabiro	Latitud: 0° 27' 41.1786" N Longitud: 78° 11' 31.4749" O Altura: 2093m	X: 442027.1643 Y: 1318937.1177
8	Tenencia Política Cahuasquí	Cahuasquí	Latitud: 0° 30' 47.740" N Longitud: 78° 12' 45.682" O Altura: 2410m	X: 443307.6553 Y: 1316689.4436

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.39 se expone las Coordenadas Geográficas y UTM de los diferentes Sitios Públicos del Urcuquí. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

*Tabla 3.39: Sitios Públicos Cantón Urcuquí*

<b>SITIOS PÚBLICOS CANTÓN URQUQUÍ</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>SITIOS PARA COBERTURA</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	<b>COORDENAS UTM</b>
<b>1</b>	Parque Central "Urcuquí"	Urcuquí	Latitud: 00° 25' 2.802611" N Longitud: 78° 11' 39.77405" O Altura: 2283m	X: 441034.4603 Y: 1318636.1278
<b>2</b>	Parque "San Blas"	San Blas	Latitud: 0° 24' 43.872" N Longitud: 78° 12' 21.5244" O Altura: 2346m	X: 440971.6849 Y: 1317337.7493
<b>3</b>	Parque "Tumbabiro"	Tumbabiro	Latitud: 0° 30' 46.5286" N Longitud: 78° 12' 43.53317" O Altura: 2349m	X: 443297.1582 Y: 1316755.6752
<b>4</b>	Parque "Cahuasquí"	Cahuasquí	Latitud: 0° 30' 46.5286" N Longitud: 78° 12' 43.53317" O Altura: 2349m	X: 443297.1582 Y: 1316755.6752
<b>5</b>	Plaza del Buen Vivir	Urcuquí	Latitud: 0° 25' 2.330" N Longitud: 78° 11' 47.770" O Altura: 2296m	X: 443258.2813 Y: 1316760.2329
<b>6</b>	Plaza San Blas	San Blas	Latitud: 0° 24' 44.09417" N Longitud: 78° 12' 40.4968" O Altura: 2296m	X: 440999.0828 Y: 1316750.2051
<b>7</b>	Plaza "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	Latitud: 0° 30' 11.28408" N Longitud: 78° 11' 38.47088" O Altura: 2346m	X: 442988.0623 Y: 1318761.3862
<b>8</b>	Plaza Nueva Cahuasquí	Cahuasquí	Latitud: 0° 30' 40.428" N Longitud: 78° 12' 43.333" O Altura: 2402m	X: 443258.2813 Y: 1316760.2329

Fuente: Elaborado por el Autor.

### **3.5.3 Coordenadas Geográficas de los Nodos de la Red Troncal**

Para el diseño de la red inalámbrica es necesario definir los puntos que nos servirán como nodos de la red troncal, de los cuales debemos conocer de igual manera la posición geográfica; para lo cual se realizó el "Site Survey" o inspección los lugares previamente definidos como puntos para nodos de la red troncal, el mismo que nos permitió recabar información relevante para el diseño. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO D.

En la Tabla 3.40 se presenta las coordenadas geográficas de los nodos para el enlace troncal para el diseño.

Tabla 3.40: Coordenadas Geográficas Nodos Enlace Troncal

EMPLAZAMIENTOS PARA ENLACES TRONCALES				
CÓDIGO	EMPLAZAMIENTOS RED TRONCAL	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM
1	GAD Urcuquí	Urcuquí	Latitud: 00° 25.05' N Longitud: 78° 11.616' O Altura: 2291,5 m	17 N 812400 46202 X: 812400 Y: 46202
2	Loma San Eloy	Urcuquí	Latitud: 00° 25'3.1921" N Longitud: 78° 11'5.7284" O Altura: 2341 m	17 N 813304 46208 X: 430399.6201 Y: 8660152.3438
3	Cerro Pablo Arenas	Pablo Arenas	Latitud: 00° 29'56.73156" N Longitud: 78° 11'53.33474" O Altura: 2482,8 m	17 N 811889 55231 X: 811889 Y: 55231

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.5.4 Información de los Beneficiarios para el Dimensionamiento de la Red de Telecomunicaciones

Para el dimensionamiento de la red de telecomunicaciones es necesario conocer el equipamiento tecnológico que se entregará a las entidades beneficiarias, esto en base a parámetros que se tomaran de proyectos que maneja el gobierno. Así, para el cálculo de del número de computadores por escuela se tomará como base los estándares del Ministerio de Educación a través el proyecto Sistema Integral de Tecnologías para la Escuela y la Comunidad (S.I.T.E.C.) en el cual se determina un computador por cada 20 estudiantes, con un número mínimo de 5 computadoras por institución educativa, La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO B.

Tabla 3.41: Instituciones educativas beneficiarias del proyecto

Nro.	INSTITUCIONES EDUCATIVAS	PARROQUIA	Nro. DE ESTUDIANTES	Nro. DE PROFESORES	PCs Actual	PCs a Entregar	Total PCs
1	Unidad Educativa Urcuquí	Urcuquí	1364	70	120	5	125
2	Escuela Fiscal Mixta "Abdón Calderón"	Urcuquí	671	24	25	5	30

<b>3</b>	Circuito Educativo Urcuquí (Ex Colegio Luis Felipe Borja)	Urcuquí	0	0	0	5	5
<b>4</b>	Centro de Educación Básica "Eloy Alfaro"	San Blas	528	21	29	5	34
<b>5</b>	Escuela de Educación Básica "Vicente Rocafuerte"	Tumbabiro	180	10	20	5	25
<b>6</b>	Centro de Educación Inicial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	11	1	0	5	5
<b>7</b>	Centro de Educación Básica "Cinco de Junio"	Pablo Arenas	210	14	13	5	18
<b>8</b>	Unidad Educativa "Cahuasquí"	Cahuasquí	390	20	30	5	35
<b>TOTAL</b>			3354	160	237	40	277

Fuente: Elaborado por el Autor

En la Tabla 3.42 se muestra los Gobiernos Parroquiales, la parroquia a que pertenece, con su Número de Habitantes, Número de Familias, Ordenadores Actuales y Ordenadores a Entregar. La información sintetizada de la Inspección de los lugares para la propuesta, se recoge en el ANEXO B.

Tabla 3.42: GADs beneficiarios del proyecto

<b>Nro.</b>	<b>GOBIERNOS PARROQUIALES</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>Nro. de Habitantes</b>	<b>Nro. De Familias</b>	<b>PCs Actuales</b>	<b>PCs a Entregar</b>	<b>Total PCs</b>
<b>1</b>	Gobierno Parroquial "San Blas"	San Blas	3015	773,08	10,00	5	15,00
<b>2</b>	Gobierno Parroquial "Tumbabiro"	Tumbabiro	1627	417,18	8,00	5	13,00
<b>3</b>	Gobierno Parroquial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	2118	543,08	8,00	5	13,00
<b>4</b>	Gobierno Parroquial "Cahuasquí"	Cahuasquí	1813	464,87	9,00	5	14,00
<b>5</b>	Gobierno Parroquial "La Merced de Buenos Aires"	La Merced de Buenos Aires	1893	485,38	-	-	0,00
<b>6</b>	-	Urcuquí	5205	1334,62	-	-	0,00
<b>TOTAL</b>			15.671	4.018	35	20	55,00

**Nota: El tamaño promedio de un hogar ecuatoriano 3,9**

Fuente: Elaborado por el Autor

### 3.5.5 Requerimientos de Ancho de Banda para la Red

Para determinar el ancho de banda del sistema debemos hacer un estudio de las aplicaciones que va a soportar la red, establecer el volumen del número de usuarios como también el servicio que se va a proporcionar tiene que estar basado de acuerdo al marco regulatorio de las telecomunicaciones de servicios de valor agregado.

#### 3.5.5.1 Estimación del Ancho de Banda en Aplicaciones de Internet

Es importante conocer el ancho de banda que utiliza cada aplicación de internet para poder proyectar el caudal que va a necesitar cada usuario, véase la Tabla 3.43.

*Tabla 3.43: Ancho de Banda de Aplicaciones de Internet*

<b>APLICACIÓN</b>	<b>ANCHO DE BANDA (kbps)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Correo electrónico</b>	100	El correo electrónico es asíncrono e intermitente, por lo tanto va a tolerar la latencia.
<b>Navegadores Web</b>	100	Los navegadores web sólo utilizan la red cuando se solicitan datos. La comunicación es asíncrona, por lo que se puede tolerar una buena cantidad de demora.
<b>Flujo de audio (steaming)</b>	160	Cada usuario de un servicio de flujo de audio va a utilizar una cantidad constante de un ancho de banda relativamente grande durante el tiempo que esté activo.
<b>Flujo de video (streaming)</b>	200	El flujo de video requiere de alto rendimiento y baja latencia para trabajar correctamente.
<b>Total Ancho de Banda</b>	<b>560</b>	

Fuente: WNDW (2008) *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. (3 ed.). Copenhagen: WNDW.

#### 3.5.5.2 Parámetros de Calidad de Banda Ancha

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) establece dentro de sus indicadores sobre las Tics (Tecnologías de la Información y Comunicación) que “el ancho de banda mínimo requerido para considerar banda ancha es una velocidad mínima de 256 kbps, sea éste de subida o bajada”.

La Norma de Calidad del Servicio de Valor Agregado de Internet aprobada por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones mediante la resolución 534-22-CONATEL-2006, define la Banda Ancha como la “velocidad de transmisión de bajada (proveedor

hacia usuario) mínima efectiva igual o superior a 256 kbps y una velocidad de transmisión de subida (usuario hacia proveedor) mínima efectiva igual o superior a 128 kbps para cualquier aplicación.” (CONATEL, 2006).

También en la resolución 534-22-CONATEL-2006, el Ancho de Banda se define como la Velocidad de Transmisión de información la cual consiste en la “Cantidad de información que puede ser transmitida en la unidad de tiempo a través de un canal de comunicación, expresada en bits por segundo o en sus múltiplos.”

De acuerdo a lo expuesto el ancho de banda que se toma para el proyecto la velocidad calculada en la Tabla 4.16 donde se obtuvo una velocidad de transmisión *560 Kbps* por usuario.

### **3.5.5.3 Relación de Compartición –Factor de Simultaneidad**

El factor de simultaneidad y la relación de compartición son parámetros importantes a la hora de dimensionar la red, ya que cada usuario generará un volumen de datos que se tiene que considerar para determinar un rendimiento de la red adecuada.

Para determinar el factor de simultaneidad para el proyecto nos valemos del indicador para buenas prácticas en el despliegue de redes inalámbricas que determina un “porcentaje de uso simultaneo de la red entre un 10% y un 20% (Arcotel, 20015).

Hay que tener en cuenta también que el número de usuarios simultáneos depende de la capacidad del equipo a utilizarse y su tecnología.

Para la relación de compartición se entiende al número de usuarios asignados a un determinado canal y se representa como  $n: 1$ , donde  $n$  es el número de usuarios simultáneos. En la Tabla 3.44 se muestra los parámetros para el cálculo de la simultaneidad de la red.

Tabla 3.44: Parámetros para la Simultaneidad de la Red

<b>Simultaneidad</b>	<b>Densidad de Usuarios</b>	<b>Capacidad de Equipo/Usuarios Teórico</b>	<b>Capacidad de Equipo/Usuarios Real</b>
<b>10%</b>	100	100	40
<b>20%</b>	100	100	40
<b>30%</b>	100	100	40
<b>40%</b>	100	100	40
<b>X%</b>	X	X	X

Fuente: Elaborado por el Autor

Se puede tomar un factor de simultaneidad de 10%,20%,30%, 40% y así respectivamente, este factor depende de la densidad de usuarios, de la capacidad de equipo a nivel teórico y real.

Por Ejemplo: Un Radio Rocket M5 Capacidad Teórica: 120 Clientes

Capacidad Real: 40 Clientes

Entonces con los criterios anteriores se toma un factor de simultaneidad del 40% cada 100 Usuarios.

Para el cálculo del Índice de Simultaneidad de Ancho de Banda se determina entre 10-20%, véase el Anexo I.

#### **3.5.5.4 Horarios de Operación de la Red**

Para determinar el uso de la red de las instituciones educativas no ceñimos a los horarios establecidos por parte del Ministerio de Educación siendo la jornada de trabajo desde las 7:00 y finaliza a las 12:45. Y desde las 12:45 hasta las 15:00, que es el horario de atención a padres.

Asimismo, para determinar el uso de la red para las diferentes entidades públicas se limita al horario de trabajo del personal, los mismos que deben cumplir “las ocho horas de jornada ordinaria, con un descanso diario para el almuerzo que no estará incluido en dicho lapso”, siendo la jornada de trabajo desde las 8:00 y finaliza a las 12:00. Y desde las 13:00 hasta las 17:00. (Código de Trabajo, 2018)

Para los espacios públicos del proyecto nos acogemos a la “Norma que Regula el Uso de Redes Inalámbricas para Acceso a Internet en Espacios Públicos”, en su artículo cuatro dispone las siguientes condiciones:

1. El Servicio de Internet estará disponible las 24 horas, los 365 días del año, en los espacios públicos habilitados para tal fin.
2. La provisión del servicio de Internet debe ser de acceso libre y gratuito para los usuarios, sin claves de acceso y disponibles para cualquier persona a través de un dispositivo electrónico.
3. El servicio deberá garantizar la calidad y velocidad de conexión fluida, constante y sin intermitencias, debiendo cumplir con el ordenamiento jurídico aplicable.
4. Se deberán implementar controles de contenidos basados en Políticas de Acceso que incluyan el Acceso denegado a páginas web con contenidos para adultos y/o restringidos por su naturaleza fraudulenta.
5. Se deberán implementar los mecanismos necesarios que permitan precautelar la seguridad en las redes inalámbricas para acceso a Internet en espacios públicos.
6. Los usuarios están prohibidos de usar el acceso a Internet contra la seguridad del Estado, el orden público, la moral y las buenas costumbres. Así mismo no podrán utilizar el acceso a Internet para fines dolosos, criminales o de afectación a personas naturales o jurídicas, incluyendo la malintencionada, falsa o dolosa utilización del servicio provisto.
7. El servicio no deberá ser usado para solicitar, almacenar o usar información personal de los usuarios como números de identificación, nombres u otra información personal que ponga en evidencia la identidad del usuario.
8. Se deberán implementar Condiciones Generales de uso del servicio, de modo que los usuarios tengan conocimiento y acepten las mismas, previo a la utilización del mismo.
9. No se podrán realizar cobros de ningún tipo a los usuarios. (CONATEL, 2015)

### 3.5.5.5 Dimensionamiento del Ancho de Banda de la Red

Para el dimensionamiento del sistema se toma en cuenta, la estimación de capacidad requerida, la estimación del equipamiento necesario y la estimación del caudal acceso y troncal, esto para garantizar una calidad de servicio.

La Red se Acoge a lo antes expuesto en los parámetros de calidad de banda ancha, establecemos un ancho de bando de 560 kbps por computador. Para el diseño en los sitios públicos se toma como referencia el ancho de banda estipulado en los los indicadores de la UIT y la Norma de Calidad de Servicio de Valor Agregado de 300 kpbs, ya que el flujo de video requiere de alto rendimiento y baja latencia para trabajar correctamente. Como se puede observar el ancho de banda de la aplicación de video es inferior del ancho de banda asignado para el dimensionamiento de la red.

En vista de que los usuarios de la red accederán a la misma de manera aleatoria, para en su mayoría realizar para trabajos de investigación, para solucionar un posible problema de saturación de la red, se determina un factor de simultaneidad para la red de 20%, el mismo que se toma del cálculo de Índice de Simultaneidad, véase el Anexo I.

Para el cálculo de la Capacidad Total Máxima por punto de acceso en entidades públicas, tenemos la siguiente ecuación:

$$C_{\max} = \text{Nro. de computador punto de acceso} \times 560\text{kbps}$$

*Ecuación 3.1: Cálculo de la Capacidad Máxima por punto de acceso*

Fuente: Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010

Para el cálculo de la Capacidad Total Máxima por punto de acceso en espacios públicos, tenemos la siguiente ecuación:

$$C_{\max} = \text{Nro. de usuarios punto de acceso} \times 300\text{kbps}$$

*Ecuación 3.2: Cálculo de la Capacidad Máxima por punto de acceso espacios públicos*

Fuente: Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010

Para determinar la estimación de número de usuarios de los puntos de acceso en los espacios públicos, se toma como referencia al número de usuarios soportados por la

tecnología empleada para la red, Wi-Fi 802.11ac. El número de usuarios que soporta los equipos Wi-Fi 802.11ac depende de la gama y del modelo. Así, encontramos soluciones que tienen una capacidad de 100 usuarios teóricos. Para el diseño se toma como referencia 100 usuarios. El factor de simultaneidad es del 20%, véase el Anexo I. Tratándose de espacios públicos (hotspot), donde se maneja una alta densidad de usuarios, y como se necesita dar un servicio de calidad se establece un ancho de banda de 300 kbps de acuerdo a los indicadores de calidad de internet en la actualidad, véase en Anexo J: Indicadores de Calidad de Internet en Ecuador.

#### **3.5.5.6 Escalabilidad de la Red**

Además de especificar el ancho de banda de cada usuario al momento de dimensionar la red se debe hacer una previsión del crecimiento en el futuro. Uno de los parámetros que se utilizó para dimensionar el número de usuarios es basado en la tecnología que utiliza la red. Los equipos Wi-Fi 802.11ac elegidos para el diseño:

##### **Caso 1: Entidades Públicas e Instituciones Educativas**

Para las entidades públicas y las instituciones educativas se requieren de un equipo para el punto de acceso, por la tecnología empleada el equipo soporta 500 Mbps, los cuales nos da una gran escalabilidad respecto al ancho de banda.

##### **Caso 2: Espacios Públicos**

Para los espacios públicos se dimensiona con equipos que soportan 100 usuarios. De acuerdo a los cálculos se dimensiona un Factor de Utilización (Fu) del 40% de la capacidad del equipo, esto debido al factor de simultaneidad de los usuarios, pero los equipos nos permiten mayor capacidad que aquello por lo que da gran escalabilidad a la red, con respecto al incremento del número de usuarios.

### 3.5.5.7 *Proyección de Crecimiento de la Red Ancho de Banda*

Para un diseño adecuado es necesario tener una previsión de futuro en el crecimiento de la red, para esto vamos a tener como punto de referencia el crecimiento poblacional del cantón, para lo cual tomamos los datos del Censo Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

De acuerdo a la proyección realizada por el INEC, véase la Tabla 3.45, el porcentaje de crecimiento de la población en el cantón Urcuquí es de aproximadamente el 1% por año. Para el proyecto se toma una proyección a 5 años, por los que se da un crecimiento del 5%. (INEC, 2010)

*Tabla 3.45: Crecimiento de la Población Cantón Urcuquí*

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>CRECIMIENTO DE POBLACIÓN POR AÑO</b>	<b>CRECIMIENTO EN PORCENTAJE (%)</b>
<b>2017</b>	17,215	-	-
<b>2018</b>	17,328	113	1
<b>2019</b>	17,436	108	1
<b>2020</b>	17,540	104	1
<b>2021</b>	17,691	(151)	(1)
<b>2022</b>	17,813	(122)	(1)
<b>2023</b>	17,935	(122)	(1)
<b>2024</b>	18,058	(122)	(1)

Fuentes: (INEC, 2010).

En las siguientes Tablas se muestra un resumen del equipamiento de la red y del ancho de Banda calculado para cada punto de acceso bajo los parámetros establecidos anteriormente.

Para las Instituciones Educativas se dimensiona un ancho de banda para 7 usuarios: 5 usuarios son de las PCs fijas del Laboratorio de Informática y 2 usuarios conectados al AP del Laboratorio, que resulta del 10% de 20 usuarios proyectados por AP. Este 10% se calcula por el índice de simultaneidad del AP y los 20 usuarios se toma de la capacidad máxima de usuarios por AP como se muestra en la Tabla 3.46.

Tabla 3.46: Velocidad de Transferencia Unidades Educativas

Nro.	INSTITUCIONES EDUCATIVAS	PARROQUIA	PCs Fijos	AP (20 usuarios) 10%	Total de Usuarios Cálculo de AB	ANCHO DE BANDA (kbps)	ANCHO DE BANDA FIJO(Kbps)	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)
1	Unidad Educativa Urcuquí	Urcuquí	5	2	7	560	3920	1204
2	Escuela Fiscal Mixta "Abdón Calderón"	Urcuquí	5	2	7	560	3920	256
3	Circuito Educativo Urcuquí(Ex Colegio Luis Felipe Borja)	Urcuquí	5	2	7	560	3920	256
4	Centro de Educación Básica "Eloy Alfaro"	San Blas	5	2	7	560	3920	256
5	Escuela de Educación Básica "Vicente Rocafuerte"	Tumbabiro	5	2	7	560	3920	256
6	Centro de Educación Inicial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	5	2	7	560	3920	256
7	Centro de Educación Básica "Cinco de Junio"	Pablo Arenas	5	2	7	560	3920	256
8	Unidad Educativa "Cahuasquí"	Cahuasquí	5	2	7	560	3920	256
						<b>Total Ancho de Banda</b>	31360	2996

Fuente: Elaborado por el Autor.

Para los Gobiernos Parroquiales se dimensiona un ancho de banda para 7 usuarios: 5 usuarios estarían en las PCs fijas del Infocentro y 2 usuarios conectados al AP del Infocentro, que serían el 10% de 20 usuarios proyectados por AP. Este 10% se calcula por el índice de simultaneidad del AP y los 20 usuarios resultan de la capacidad máxima de usuarios por AP como se muestra en la Tabla 3.47.

Tabla 3.47: Ancho de Banda Gobiernos Parroquiales

Nro.	GOBIERNOS PARROQUIALES	PARROQUIA	PCs Fijas	AP (20 usuarios) 10%	Total de Usuarios Cálculo de AB	ANCHO DE BANDA (kbps)	ANCHO DE BANDA FIJO(Kbps)	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)
1	Gobierno Parroquial "San Blas"	San Blas	5	2	7	560	3920	256
2	Gobierno Parroquial "Tumbabiro"	Tumbabiro	5	2	7	560	3920	256
3	Gobierno Parroquial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	5	2	7	560	3920	256
4	Gobierno Parroquial "Cahuasquí"	Cahuasquí	5	2	7	560	3920	256
						<b>Total Ancho de Banda</b>	15680	1024

Fuente: Elaborado por el Autor.

Para las Unidades de Salud se dimensiona un ancho de banda para 3 usuarios: El ancho de banda de 1 usuario se destina a las PCs fijas del Área de Administración y el ancho de banda de 2 usuarios se destina al AP del Centro de Salud. Se realiza el cálculo para 2 usuarios debido al índice de simultaneidad del AP, de donde se toma el 10% de la capacidad máxima de usuarios (20 usuarios) proyectados por AP, como se muestra en la Tabla 3.48.

Tabla 3.48: Ancho de Banda Unidades de Salud

Nro.	UNIDADES DE SALUD	PARROQUIA	PCs Fijas	AP (20 usuarios) 10%	Total de Usuarios Cálculo de AB	ANCHO DE BANDA (kbps)	ANCHO DE BANDA FIJO(Kbps)	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)
1	Subcentro de Salud Urcuquí	Urcuquí	1	2	3	560	1680	256
2	Unidad de Salud de San Blas	San Blas	1	2	3	560	1680	256
3	Unidad de Salud de Tumbabiro	Tumbabiro	1	2	3	560	1680	256
4	Unidad de Salud de Pablo Arenas	Pablo Arenas	1	2	3	560	1680	256

<b>5</b>	Unidad de Salud de Cahuasquí	Cahuasquí	1	2	3	560	1680	256
						<b>Total Ancho de Banda</b>	8400	1280

Fuente: Elaborado por el Autor.

Para las UPC se dimensiona un ancho de banda para 3 usuarios: El ancho de banda de 1 usuario se destina a las PCs fijas del Área de Administración y el ancho de banda de 2 usuarios se destina al AP del UPC. Se realiza el cálculo para 2 usuarios debido al índice de simultaneidad del AP, de donde se toma el 10% de la capacidad máxima de usuarios (20 usuarios) proyectados por AP, como se muestra en la Tabla 3.49.

Tabla 3.49: Ancho de Banda Unidad de Policía Comunitaria

Nro.	UNIDAD DE POLICÍA COMUNITARIA	PARROQUIA	PCs Fijas	AP (20 usuarios) 10%	Total de Usuarios Cálculo de AB	ANCHO DE BANDA (kbps)	ANCHO DE BANDA FIJO(Kbps)	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)
1	UPC Urcuquí	Urcuquí	1	2	3	560	1680	0
2	UPC Tumbabiro	Tumbabiro	1	2	3	560	1680	0
3	UPC Pablo Arenas	Pablo Arenas	1	2	3	560	1680	0
4	UPC Cahuasquí	Cahuasquí	1	2	3	560	1680	0
						<b>Total Ancho de Banda</b>	6720	0

Fuente: Elaborado por el Autor.

Para las Entidades Públicas Externas al GADMU se dimensiona un ancho de banda para 3 usuarios: El ancho de banda de 1 usuario se destina a las PCs fijas del Área de Administración y el ancho de banda de 2 usuarios se destina al AP de las Entidades. Se realiza el cálculo para 2 usuarios debido al índice de simultaneidad del AP, de donde se toma el 10% de la capacidad máxima de usuarios (20 usuarios) proyectados por AP, como se muestra en la Tabla 3.50.

Tabla 3.50: Ancho de Banda Entidades Públicas

CÓDIGO	ENTIDADES PÚBLICAS	PARROQUIA	PCs Fijas	AP (20 usuarios) 10%	Total de Usuarios Cálculo de AB	ANCHO DE BANDA (kbps)	ANCHO DE BANDA FIJO(Kbps)	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)
1	Junta Cantonal de Protección de Derechos	Urcuquí	1	2	3	560	1680	0
2	Patronato Municipal de Amparo Social de Urcuquí	Urcuquí	1	2	3	560	1680	0
3	Unidad de Desarrollo Social "Eugenio Espejo"	Urcuquí	1	2	3	560	1680	0
4	Proyecto Adulto Mayor	Urcuquí	1	2	3	560	1680	0
5	Biblioteca Municipal	Urcuquí	1	2	3	560	1680	0
6	Unidad de Mantenimiento	Urcuquí	1	2	3	560	1680	0
7	Tenencia Política Tumbabiro	Tumbabiro	1	2	3	560	1680	0
8	Tenencia Política Cahuasquí	Cahuasquí	1	2	3	560	1680	0
						<b>Total Ancho de Banda</b>	13440	0

Fuente: Elaborado por el Autor.

Para los Espacios Públicos se dimensiona un ancho de banda para 40 usuarios: Se realiza el cálculo para 40 usuarios debido al índice de simultaneidad del Radio, de donde se toma un Factor de Utilización (Fu) del 40% de la capacidad máxima de usuarios (100 usuarios) proyectados por Radio debido a la simultaneidad, como se muestra en la Tabla 3.51.

Tabla 3.51: Ancho de Banda Espacios Públicos

Nro.	SITIOS DE RECREACIÓN	PARROQUIA	Total de Usuarios Cálculo de AB	ANCHO DE BANDA (kbps)	ANCHO DE BANDA FIJO(Kbps)	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)
1	Parque Central "Urcuquí"	Urcuquí	40	300	12000	256

5	Plaza del Buen Vivir	Urcuquí	40	300	12000	0
2	Parque "San Blas"	San Blas	40	300	12000	0
6	Plaza San Blas	San Blas	40	300	12000	0
3	Parque "Tumbabiro"	Tumbabiro	40	300	12000	0
4	Parque "Cahuasquí"	Cahuasquí	40	300	12000	0
8	Plaza Nueva Cahuasquí	Cahuasquí	40	300	12000	0
7	Plaza "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	40	300	12000	0
<b>Total Ancho de Banda</b>					96000	256

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.52 se muestra el cálculo del Ancho de Banda Total para la Propuesta y el Ancho de Banda Total Actual.

*Tabla 3.52: Requerimientos de Ancho de Banda para el proyecto*

Nro.	ENTIDADES PARA COBERTURA	ANCHO DE BANDA (kbps)	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)
1	INSTITUCIONES EDUCATIVAS	31360	2996
2	GOBIERNOS PARROQUIALES	15680	1024
3	UNIDADES DE SALUD	8400	1280
4	UNIDAD DE POLICÍA COMUNITARIA	6720	0
5	ENTIDADES PÚBLICAS	13440	0
6	SITIOS DE RECREACIÓN	96000	256
<b>ANCHO DE BANDA TOTAL</b>		<b>171600</b>	<b>5556</b>
<b>Crecimiento de la Población (5%)</b>		<b>8580</b>	
<b>ANCHO DE BANDA TOTAL PROYECTADA A 5 AÑOS</b>		<b>180180</b>	

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Tabla 3.52 se puede analizar que para la propuesta se tiene un Ancho de Banda 171.6 Mbps y el Ancho Banda Actual tan solo tiene un 5.56 Mbps.

Para el cálculo de la Capacidad Total Máxima del Sistema se suma la capacidad estimada de cada punto de acceso dándose un valor de 171.6 Mbps. Esto asumiendo de una forma teórica que todos los usuarios acceden a la red de manera concurrente.

Dado que el porcentaje de uso simultáneo de la red está determinado en un 20%, véase el Anexo I: Índice de Simultaneidad, se procede a calcular el ancho de banda consumido en un 20%:

$$C_{salida} = C_{arg a\_total} \times Factor\_Simultaneidad$$

*Ecuación 3.3: Estimación de AB de Red Simultaneidad*  
Fuente: Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010

$$C_{salida} = 171.6Mbps \times 20\% = 34.32Mbps$$

El dato obtenido del cálculo de ancho de banda cuando la red se utiliza de manera simultánea es 34.32 Mbps el cual se permite determinar que la red no se satura cuando exista un uso simultáneo de la red.

Por el crecimiento de la población, para el diseño se determinó que el ancho de banda de la red se incrementaría en un 5% en cinco años. Por lo cual, después de realizar el cálculo pertinente se tiene que el ancho de banda debe incrementarse en 8.58 Mbps. Para que la red siga operando de manera adecuada.

### **3.6 Diseño de la Red Inalámbrica de la Propuesta**

En esta sección se desarrollará el diseño de la Red Inalámbrica en base a la Arquitectura que se compone de un Centro de Procesos de Datos, una Red Troncal y una Red de Acceso.

#### **3.6.1 Arquitectura de Red Inalámbrica Propuesta**

La Arquitectura de Red que se toma para el proyecto está compuesta de tres elementos el Nodo de Gestión, Red Troncal y Red de Acceso.

### Nodo de Gestión:

El Centro de Operaciones de Red se ubicará en el GAD Municipal de Urcuquí.

### Red Troncal (RT):

La Red Troncal estará formada por los siguientes nodos:

- Nodo Troncal ubicado en el GAD Municipal de Urcuquí
- Nodo Troncal ubicado en la loma de San Eloy de la Parroquia Urcuquí.
- Nodo Troncal ubicado en el Cerro de Pablo Arenas en la Parroquia Pablo Arenas.

### Red de Acceso (RA):

La Red de Acceso está formada por las diferentes entidades y espacios públicos determinados en la sección 3.5.1.3 a la sección 3.5.1.8 A continuación se muestra el esquema de la arquitectura de la red con todos sus elementos:

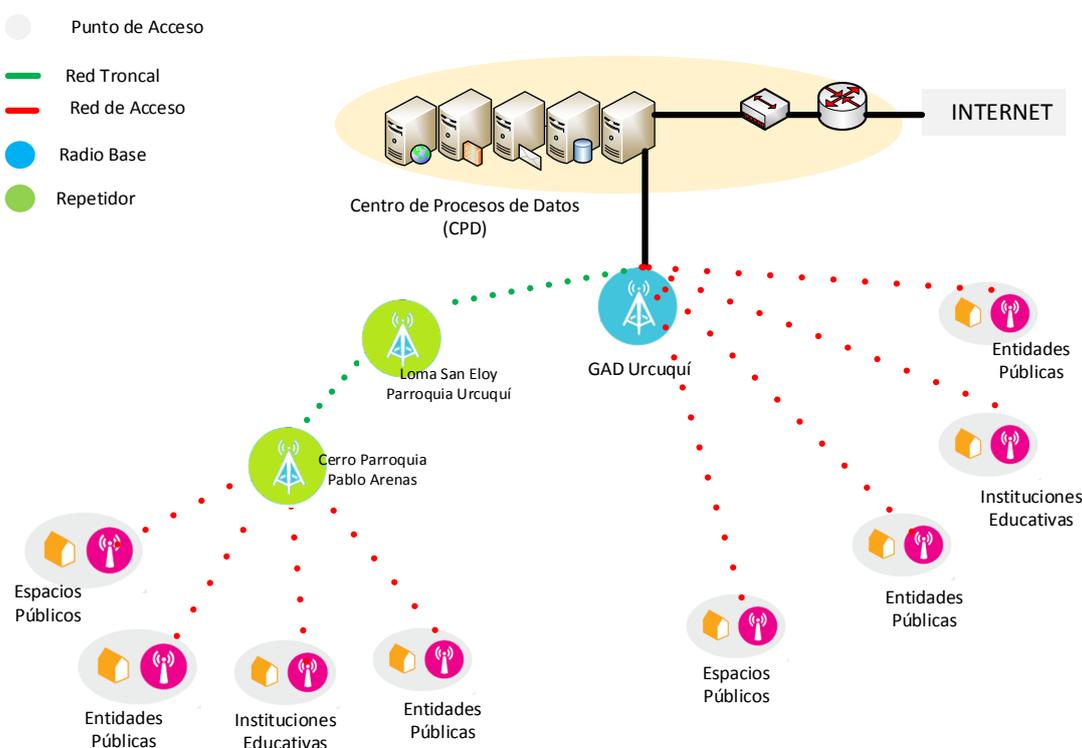


Figura 3.21: Esquema Arquitectura de Red Inalámbrica  
Fuente: Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010

### **3.6.2 Características de la Tecnología Wi-Fi IEEE 802.11ac**

La tecnología seleccionada para la propuesta es Wi-Fi basada en el estándar IEEE 802.11ac-2014.

#### **Estándar IEEE 802.11ac-2014:**

El Estándar IEEE 802.11ac una versión mejorada de IEEE 802.11n-2009, el cual se mejora en la tasa de velocidad, frecuencia y la cobertura. Los equipos de la propuesta están diseñados cumpliendo los lineamientos que dispone este estándar.

#### **Velocidad de Transmisión:**

El estándar nos permite una velocidad máxima teórica de 1.3 Gbps. La cual es una mejora notable con respecto a las versiones anteriores.

#### **Banda de Frecuencia:**

El estándar IEEE 802.11ac trabaja en la banda de frecuencia de 5 GHz, estas bandas de frecuencia no requieren licencia, pero tienen que respetar las regulaciones que limitan los niveles de potencia transmitida.

Para el proyecto se utilizará la banda de 5 GHz. La banda de 5 GHz se utilizará en los puntos de acceso de los espacios públicos debido a que los dispositivos que utilizan los usuarios trabajan en esta frecuencia. La banda de 5 GHz se utiliza para el resto de la red debido a que esta frecuencia esta menos saturada, por lo que se la utilizará en los enlaces troncales y los demás puntos de acceso.

Según la *Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha* emitida en la resolución 417-15-CONATEL-2010, las frecuencias 2.4 y 5 GHz son denominadas como frecuencias de bandas libres.

**Ancho de Canal:**

El estándar de IEEE 802.11ac posee dos canales de 80 y 160 MHz. Los cuales actúan de una manera directa en la velocidad de transmisión dependiendo de la configuración del equipo a utilizarse.

**Tecnología MU MIMO:**

El estándar implementa Multi-user MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) que es una tecnología que utiliza múltiples antenas transmisoras y receptoras la misma que están dispuestas para trabajar con señales multirruta y así hacer más eficiente el sistema.

**3.6.3 Esquema de conectividad**

Por la Arquitectura de Red empleado para la propuesta tenemos esquemas de conectividad punto a punto y punto multipunto. El esquema de conectividad punto a punto se realizará en la red troncal para interconectar las diferentes torres de comunicación. Asimismo, el esquema de conectividad punto multipunto se va a realizar en la red de acceso, el cual nos permitirá dar un uso más adecuado por la distribución geográfica de los dispositivos terminales.

**3.6.4 Características y Selección de los Equipos para el Proyecto**

Las características de los equipos son importantes para el cálculo de los radioenlaces y para la simulación de los mismos, para lo cual ya se necesita un equipo seleccionado. Es necesario realizar la simulación de los radioenlaces para asegurar la viabilidad de la red el mismo que se realizará con un software de simulación.

En consecuencia, de acuerdo a la arquitectura de la red se elige clasificar los equipos en tres tipos para su respectiva selección:

- Equipos Estación Base
- Equipos de Acceso de los Clientes
- Equipos para Enlaces Backhaul.

### 3.6.4.1 *Requerimientos y selección de Equipos Estación Base*

Para la selección de los equipos se ubica marcas comerciales existentes en el mercado. Para lo cual, se ha elegido las marcas Ubiquiti Networks, Mikrotik y Albentia System, de las mismas que se determinaran las características técnicas que cumplan con el requerimiento del proyecto.

#### 3.6.4.1.1 *Parámetros Técnicos del Radio:*

- Estándar de Trabajo: IEEE 802.11ac
- Banda de Trabajo: 5,150 – 5,875 GHz
- Potencia de radiación menor o igual 1W
- Ancho de Canal: 10-80 MHz
- Técnica de Duplexación: TDD, FDD
- Modulación: 256 QAM
- Escalabilidad en el número de usuarios
- Velocidad de transferencia: 171 Mbps
- Compatibilidad de Marcas
- Adaptador de Antena Sectorial

*Tabla 3.53: Selección de Equipo Estación Base*

<b>Requerimiento Técnico</b>	<b>Ubiquiti ( Rocket 5ac)</b>	<b>Mikrotik (mANTBox 19s)</b>	<b>Albentia (ARBA Pro)</b>
Estándar de Trabajo: IEEE 802.11ac	SI	SI	NO
Frecuencia de Trabajo: 5,725 – 5,850 GHz	SI	SI	SI
Potencia de radiación menor o igual 1W	SI	SI	NO
Ancho de Banda del Canal: 10 - 80 MHz	SI	SI	SI
Duplexación: TDD, FDD	SI	SI	SI
Modulación: 256 QAM.	SI	SI	SI
Escalabilidad en el número de usuarios	SI	SI	SI
Adaptador de Antena Sectorial	SI	NO	NO
Velocidad de transferencia: 171 Mbps	SI	SI	SI
Compatibilidad de Marcas	SI	SI	NO
Costo de Equipo	Bajo	Bajo	Muy Alto

Fuente: Elaborado por el Autor.

De acuerdo a la Tabla 3.53 la marca que cumple con los parámetros técnicos solicitados para el diseño es Ubiquiti y para la simulación se utilizará el modelo Rocket 5ac.

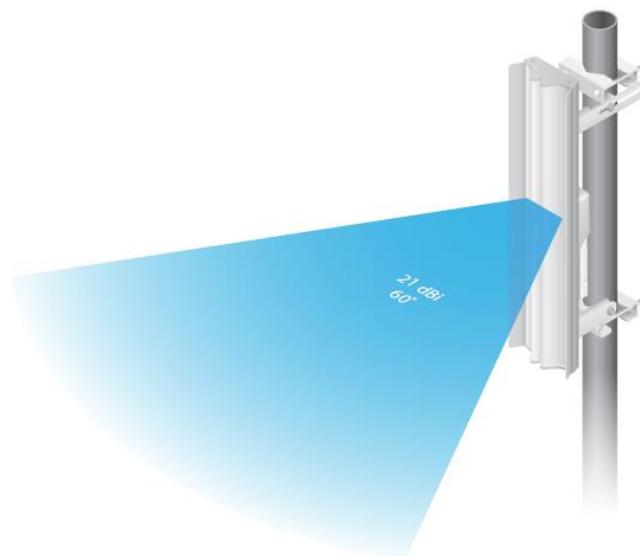
Para la cobertura de la red se utilizará 5 equipos; 1 ubicado en el nodo GADMU, 2 ubicados en el nodo Loma San Eloy y los otros 2 en el nodo Pablo Arenas. Se elige trabajar con equipos del mismo fabricante ya que ayuda a la administración y el mantenimiento de los mismos.

#### ***3.6.4.2 Características Técnicas de la Antena Sectorial***

En los nodos de las estaciones base, por ser de carácter de distribución se utilizan antenas sectoriales las mismas que funcionan en sistemas Punto a Multipunto.

#### **Especificaciones Antena Sectorial 120 grados:**

- **Modelo:** Antena AirMax Sector AM-5G19-120
- **Banda de Trabajo:** 5.15 - 5.85 GHz
- **Ganancia:** 18.6-19.1 dBi
- **Apertura del Haz horizontal:** 123
- **Apertura del Haz vertical:** 123
- **Polarización:** Dual
- **Entradas MIMO:** 2x2



*Figura 3.22: Antena Sectorial 120 Ubiquiti AirMAX AM-5G19-120*  
Fuente: (Ubiquiti Networks, 2018)

### **3.6.4.3 Requerimientos y selección de Equipos de Acceso Clientes**

Para la selección de los equipos se ubica marcas comerciales existentes en el mercado. Para lo cual, se ha elegido las marcas Ubiquiti Networks, Mikrotik y Albentia System, de las mismas que se determinaran las características técnicas que cumplan con el requerimiento del proyecto.

#### **3.6.4.4 Parámetros Técnicos del Radio**

- Estándar de Trabajo: IEEE 802.11ac
- Banda de Trabajo: 5,725 – 5,850 GHz
- Potencia de radiación menor o igual 1W
- Ancho de Canal: 10-80 MHz
- Técnica de Duplexación: TDD, FDD
- Modulación: 256 QAM
- Escalabilidad en el número de usuarios
- Velocidad de transferencia: 5 Mbps
- Compatibilidad de Marcas

Tabla 3.54: Selección de Equipos Clientes

Requerimiento Técnico	Ubiquiti (AIRGRID M5-HP – 23 dBi)	Mikrotik (RB SXT5HPND)	Albentia (ARBA Pro)
Estándar de Trabajo: IEEE 802.11ac	SI	SI	NO
Frecuencia de Trabajo: 5,725 – 5,850 GHz	SI	SI	SI
Potencia de radiación menor o igual 1W	SI	SI	NO
Ancho de Banda del Canal: 10 – 80 MHz	SI	SI	SI
Duplexación: TDD, FDD	SI	SI	SI
Modulación: 256 QAM	SI	SI	SI
Escalabilidad en el número de usuarios	SI	SI	SI
Adaptador de Antena	SI	NO	NO
Velocidad de transferencia: 5 Mbps	SI	SI	SI
Compatibilidad de Marcas	SI	SI	NO
Precio	Bajo	Bajo	Muy Alto

Fuente: Elaborado por el Autor.

De acuerdo a la Tabla 3.54 la marca que cumple con los parámetros técnicos solicitados para el diseño es Ubiquiti y para la simulación se utilizará el modelo AirMAX Ubiquiti AirGRID M5-HP-23di

#### 3.6.4.5 Características Técnicas de la Antena Directiva

- **Modelo:** AG-HP-5G23
- **Frecuencia de Operación:** 5725 – 5850 MHz
- **Ganancia:** 23 dBi



Figura 3.23: Antena Grilla airMAX® Wireless Broadband CPE  
Fuente: (airGrid M HP, 2018)

### 3.6.4.6 *Requerimientos y selección de Equipos para Enlaces Backhaul*

Para la selección de los equipos se ubica marcas comerciales existentes en el mercado. Para lo cual, se ha elegido las marcas Ubiquiti Networks, Mikrotik y Albentia System, de las mismas que se determinaran las características técnicas que cumplan con el requerimiento del proyecto.

### 3.6.4.7 *Parámetros Técnicos del Radio*

- Estándar de Trabajo: IEEE 802.11ac
- Banda de Trabajo: 5,100 – 5,800 GHz
- Potencia de radiación menor o igual 1W
- Ancho de Canal: 10-80 MHz
- Técnica de Duplexación: TDD, FDD
- Modulación: 256 QAM
- Escalabilidad en el número de usuarios
- Velocidad de transferencia: 171 Mbps
- Compatibilidad de Marcas
- Adaptador de Antena Sectorial

*Tabla 3.55: Selección de Equipo Backhaul*

Requerimiento Técnico	Ubiquiti ( AirMax RD-5G31-AC)	Mikrotik (SXT 5)	Albentia (ARBA Pro)
Estándar de Trabajo: IEEE 802.11ac	SI	SI	NO
Frecuencia de Trabajo: 5,725 – 5,850 GHz	SI	SI	SI
Potencia de radiación menor o igual 1W	SI	SI	NO
Ancho de Banda del Canal: 40 - 80 MHz	SI	SI	SI
Duplexación: TDD, FDD	SI	SI	SI
Modulación: 256 QAM.	SI	SI	SI
Escalabilidad en el número de usuarios	SI	SI	SI
Adaptador de Antena	SI	NO	NO
Velocidad de transferencia: 171 Mbps	SI	SI	SI
Compatibilidad de Marcas	SI	SI	NO
Costo de Equipo	Bajo	Bajo	Muy Alto

Fuente: Elaborado por el Autor.

De acuerdo a la Tabla 3.55 la marca que cumple con los parámetros técnicos solicitados para el diseño es Ubiquiti y para la simulación se utilizará el modelo ROCKETDISH RD-5G31-AC.

#### 3.6.4.8 Características Técnicas de la Antena

- **Modelo:** RD-5G30
- **Frecuencia de Operación:** 4.9 - 5.8 GHz
- **Ganancia:** 5 - 5.9 GHz: 30 dBi
- **Apertura del Haz horizontal:** 5° (3 dB)
- **Apertura del Haz vertical:** 5° (3 dB)
- **Polarización:** Dual.



Figura 3.24: Antena Directiva Dish Airmax RD-5G31-AC  
Fuente: (Ubiquiti Networks, 2018)

#### 3.6.4.9 Requerimientos y selección de Equipos para Espacios Públicos

Para la selección de los equipos se ubica marcas comerciales existentes en el mercado. Para lo cual, se ha elegido las marcas Ubiquiti Networks, Mikrotik y Albentia System, de las mismas que se determinaran las características técnicas que cumplan con el requerimiento del proyecto.

### 3.6.4.9.1 Parámetros Técnicos del Radio

- Estándar de Trabajo: IEEE 802.11ac
- Banda de Trabajo: 5,725 – 5,850 GHz
- Potencia de radiación menor o igual 1W
- Ancho de Canal: 10 - 80 MHz
- Técnica de Duplexación: TDD, FDD
- Modulación: 256 QAM
- Escalabilidad en el número de usuarios
- Velocidad de transferencia: 5 Mbps
- Compatibilidad de Marcas
- Adaptador de Antena

Tabla 3.56: Selección de Equipo Espacios Públicos

Requerimiento Técnico	Ubiquiti (RocketM5ac)	Mikrotik (Metal 2)	Albentia (ARBA Pro)
Estándar de Trabajo: IEEE 802.11ac	SI	SI	NO
Frecuencia de Trabajo: 5,725 – 5,850 GHz	SI	SI	SI
Potencia de radiación menor o igual 1W	SI	SI	NO
Ancho de Banda del Canal: 10 - 80 MHz	SI	SI	SI
Duplexación: TDD, FDD	SI	SI	SI
Modulación 256 QAM	SI	SI	SI
Escalabilidad en el número de usuarios	SI	SI	SI
Adaptador de Antena	SI	NO	NO
Velocidad de transferencia: 171 Mbps	SI	SI	SI
Compatibilidad de Marcas	SI	SI	NO
Costo de Equipo	Bajo	Bajo	Muy Alto

Fuente: Elaborado por el Autor.

De acuerdo a la Tabla 3.56 la marca que cumple con los parámetros técnicos solicitados para el diseño es Ubiquiti y para la simulación se utilizará el modelo Rocket 5ac y AMO-2G10.

### 3.6.4.10 Características Técnicas de la Antena

- **Modelo:** AMO-2G10
- **Frecuencia de Operación:** 2.35 - 2.55 GHz
- **Ganancia:** 10 dBi
- **Elevación Ancho de Haz:** 5o
- **Polarización:** dual

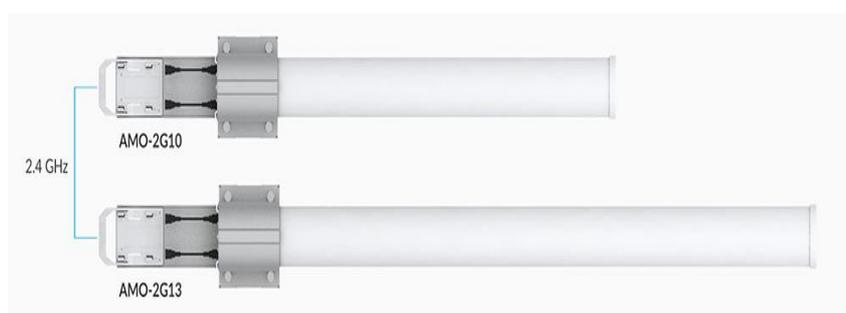


Figura 3.25: Antena Omnidireccional AMO-2G13  
Fuente: (Ubiquiti Networks, 2018)

## 3.7 Planificación de los Radio Enlaces

La planificación radioeléctrica permitirá ver la viabilidad de los radioenlaces y la cobertura de los nodos troncales, para lo cual se hace uso del software Radio Mobile el mismo que es de libre distribución y es una herramienta para planificar enlaces. Este software utiliza información de perfiles geográficos y de los equipos a utilizarse para la simulación. Los resultados mostrados de las simulaciones reflejan de forma fiel los equipos reales.

### 3.7.1 Disposición de la Red Inalámbrica y Emplazamientos

Se muestra en la Tabla 3.57 la forma como están dispuestos los diferentes emplazamientos con su respectivo nodo de distribución.

Tabla 3.57: Disposición de Emplazamientos en la Red Troncal

<b>Nro.</b>	<b>RED DISTRIBUCIÓN</b>	<b>RED DE ACCESO</b>	<b>PARROQUIA</b>
1	NODO GAD URCUQUÍ	Parque Central "Urcuquí"	Urcuquí
2		Junta Cantonal de Protección de Derechos	Urcuquí
3		Subcentro de Salud Urcuquí	Urcuquí
4		Unidad Educativa Urcuquí	Urcuquí
1	NODO LOMA SAN ELOY	Escuela Fiscal Mixta "Abdón Calderón"	Urcuquí
2		Circuito Educativo Urcuquí (Ex Colegio Luis Felipe Borja)	Urcuquí
3		Centro de Educación Básica "Eloy Alfaro"	San Blas
4		Gobierno Parroquial de "San Blas"	San Blas
5		Unidad de Salud de San Blas	San Blas
6		Parque "San Blas"	San Blas
7		UPC Urcuquí	Urcuquí
8		Patronato Municipal de Amparo Social de Urcuquí	Urcuquí
9		Unidad de Desarrollo Social "Eugenio Espejo"	Urcuquí
10		Proyecto Adulto Mayor	Urcuquí
11		Biblioteca Municipal	Urcuquí
12		Unidad de Mantenimiento	Urcuquí
13		Plaza del Buen Vivir	Urcuquí
14		Plaza San Blas	San Blas
1	NODO CERRO PABLO ARENAS	Escuela de Educación Básica "Vicente Rocafuerte"	Tumbabiro
2		Centro de Educación Inicial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas
3		Centro de Educación Básica "Cinco de Junio"	Pablo Arenas
4		Unidad Educativa "Cahuasquí"	Cahuasquí
5		Gobierno Parroquial de "Tumbabiro"	Gobierno Parroquial de "Tumbabiro"
6		Gobierno Parroquial de "Pablo Arenas"	Pablo Arenas

<b>7</b>	Gobierno Parroquial de "Cahuasquí"	Cahuasquí
<b>8</b>	Unidad de Salud de Tumbabiro	Tumbabiro
<b>9</b>	Unidad de Salud de Pablo Arenas	Pablo Arenas
<b>10</b>	Unidad de Salud de Cahuasquí	Cahuasquí
<b>11</b>	UPC Tumbabiro	Tumbabiro
<b>12</b>	UPC "Pablo Arenas"	Pablo Arenas
<b>13</b>	UPC "Cahuasquí"	Cahuasquí
<b>14</b>	Tenencia Política "Cahuasquí"	Cahuasquí
<b>15</b>	Tenencia Política "Tumbabiro"	Tumbabiro
<b>16</b>	Parque "Tumbabiro"	Tumbabiro
<b>17</b>	Parque "Cahuasquí"	Cahuasquí
<b>18</b>	Plaza "Pablo Arenas"	Pablo Arenas
<b>19</b>	Plaza Nueva Cahuasquí	Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Figura 3.26 se muestra el Diagrama de la Red Troncal. En la Figura 3.27 se expone la Topología General Red Troncal y de Acceso, la misma muestra la disposición de los emplazamientos con sus respectivos nodos.

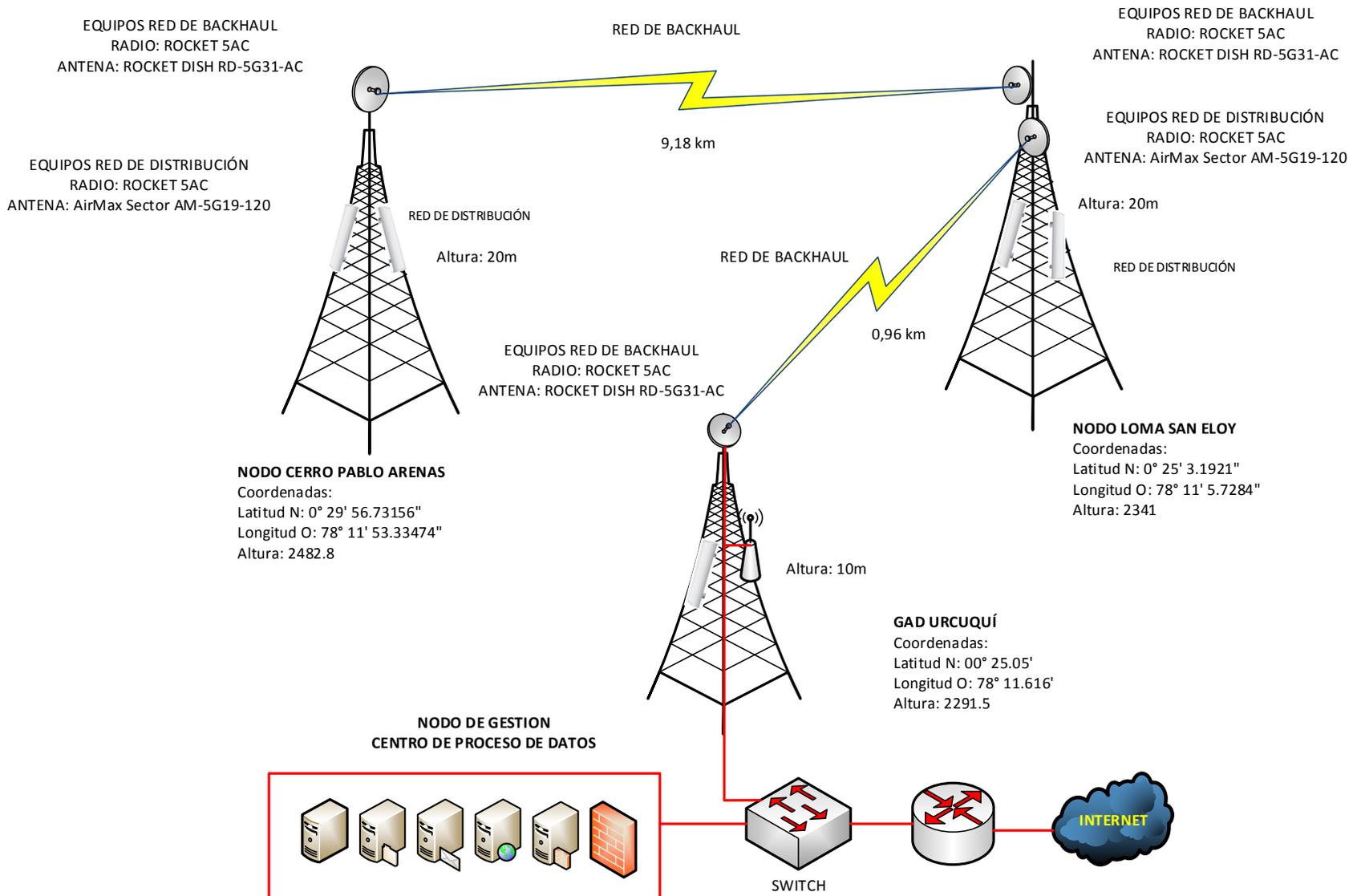


Figura 3.26: Diagrama de Red Troncal  
Fuente: Elaborado por el Autor.



### 3.7.2 Área de Cobertura Nodos Troncales

Para determinar la cobertura que tendrá la red inalámbrica utilizamos la herramienta de Cobertura de Radio Polar del Software de Radio Mobile. Para mostrar la cobertura utilizamos el Nodo GADMU desde el cual se realiza anillos de una manera concéntrica determinando la distancia cada 10 km. Se muestra en color amarillo el icono de los nodos troncales. La cobertura de la red inalámbrica esta alrededor de los 20 km como se indica en la Figura 3.28. Además, en la figura se puede visualizar el volcán Imbabura y Cotacachi los cuales ayudan a ubicarse en el mapa.

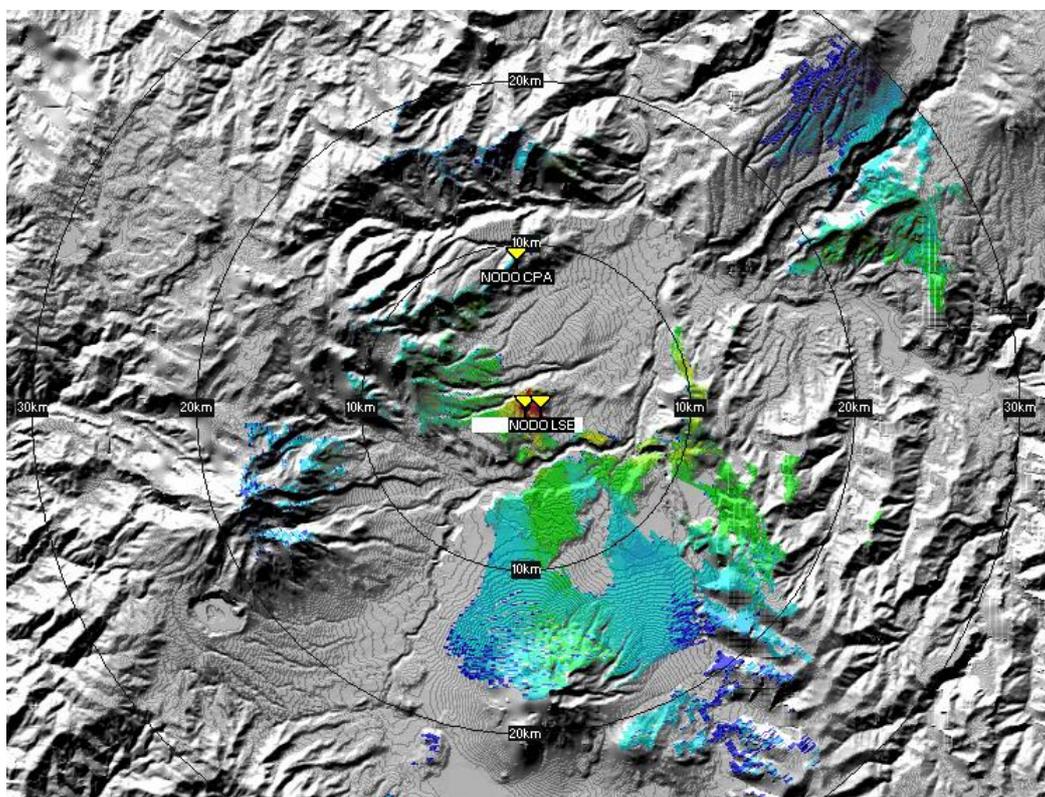


Figura 3.28: Resultado Cobertura Nodo GADMU  
Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Figura 3.29 se muestra los diferentes Puntos de Acceso y los Nodos Troncales. Los anillos concéntricos inician en el Nodo GADMU y se dibujan cada 10 km.

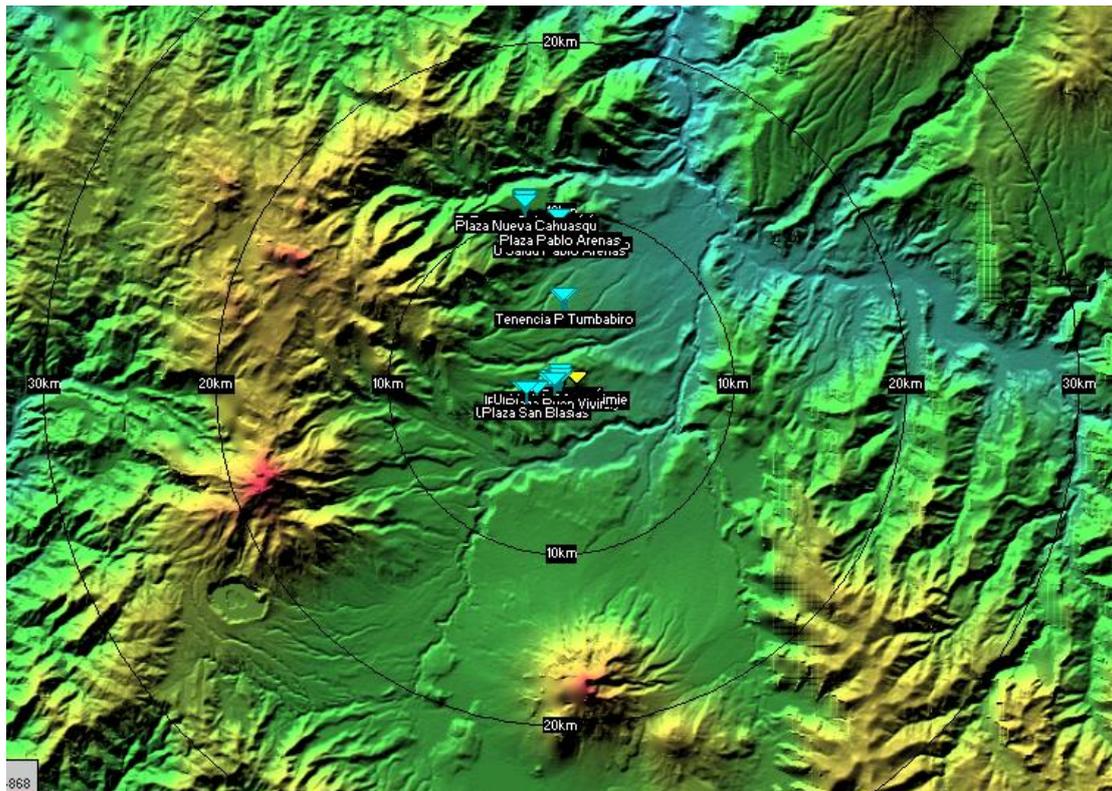


Figura 3.29: Cobertura de la Red Inalámbrica Nodos Troncales y Clientes  
Fuente: Elaborado por el Autor.

En la Figura 3.29 se identifica diferentes colores de la cobertura del nodo, los mismos que indican la potencia que tiene ese sector, esto de acuerdo como se establece en la Figura 3.30



Figura 3.30: Nivel de la Señal (dBm) y Colores

Fuente: Escala Nivel de la Señal. Simulación de la Cobertura Radio Polar. Recuperado de Simulación Herramienta de Radio Mobile.

### 3.7.3 Cálculo del Presupuesto del Enlace

Para determinar si un enlace es viable se debe realizar un cálculo de presupuesto de potencia, el cual permitirá cuantificar las características del enlace.

Ejemplo:

- **Cálculo del presupuesto del enlace Nodo GADMU – Nodo LSE**

Tabla 3.58: Datos Elementos del Enlace Nodo GADMU - Nodo LSE

DATOS	ELEMENTOS	VALORES	
Distancia: 0,96 km Frecuencia: 5 GHz	Potencia del Transmisor	PTx(dBm)	27
	Pérdida Cables y Conectores TX	LTx(dBm)	2
	Ganancia Antena de Transmisión	GTx(dBi)	30
	Perdidas Espacio Libre	FSL (dB)	107.3
	Ganancia Antena de Recepción	GRx(dBi)	30
	Pérdida Cables y Conectores RX	LRx(dB)	2
	Sensibilidad de Receptor	SRx(dBm)	-96
	Potencia Recibida en el Receptor	PRx(dBm)	83
	Margen del sistema	M(dB)	71.7dB

Fuente: Elaborado por el Autor.



Figura 3.31: Ganancias y Pérdidas del Sistema Enlace Backhaul Nodo GADMU – Nodo LSE

Fuente: (WNDW, 2013)

#### Cálculo Pérdida en el Espacio Libre (FSL):

$$FSL(dB) = 32,45 + 20 \log f [MHz] + 20 \log d [km]$$

$$FSL(dB) = 32,45 + 20 \log(5647,5) + 20 \log(0,96)$$

$$FSL = 107,13dB$$

**Cálculo Potencia Isotrópica Radiada Efectiva:**

$$PIRE(dBm) = PTx[dBm] - LTx[dB] + GTx[dBi]$$

$$PIRE(dBm) = 27dBm - 2dB + 30dBi$$

$$PIRE_{TX} = 55dBm$$

**Cálculo Nivel de señal recibido en el receptor:**

$$PRX[dBm] = PTX[dBm] - LTX[dB] + GTX[dBi] - FSL[dB] + GRX[dBi] - LRX[dB]$$

$$PRX[dBm] = 27dBm - 2dB + 30dBi - 107.3dB + 30dBi - 2dB$$

$$PRX = -24.3dB$$

**Cálculo Margen del Sistema:**

$$M[dB] = PRX[dB] - SRX[dBm]$$

$$M[dB] = -24.3dB - (-96dBm)$$

$$M = 71,7dB$$

Tabla 3.59: Resultados de los Enlaces Red Troncal y Acceso por el Método Matemático

<b>Nro.</b>	<b>ENLACE</b>		<b>DISTANCIA</b>		<b>PÉRDIDA EN EL TRAYECTO FSL</b>		<b>NIVEL DE LA SEÑAL EN RECEPCIÓN</b>		<b>SENSIBILIDAD RX</b>		<b>MARGEN DEL SISTEMA</b>		<b>RESULTADO ENLACE (VIABLE/NO VIABLE)</b>
1	Nodo GADMU	Nodo Loma San Eloy	0,96	km	107,13	dB	-24,13	dBm	-96	dBm	71,87	dBm	Viable/Óptimo
2	Nodo LSE	Nodo Cerro Pablo Arenas	9,18	km	126,74	dB	-43,74	dBm	-96	dBm	52,26	dBm	Viable/Óptimo
3	Nodo LSE	Unidad Educativa Urcuquí	0,90	km	106,57	dB	-23,57	dBm	-96	dBm	54,53	dBm	Viable/Óptimo
4	Nodo LSE	Junta Cantonal de Protección de Derechos	0,99	km	107,40	dB	-24,40	dBm	-96	dBm	53,70	dBm	Viable/Óptimo
5	Nodo LSE	Unidad Salud Urcuquí	0,99	km	107,40	dB	-24,40	dBm	-96	dBm	53,70	dBm	Viable/Óptimo
6	Nodo LSE	Escuela Fiscal Mixta Abdón Calderón	1,45	km	110,71	dB	-27,71	dBm	-96	dBm	50,39	dBm	Viable/Óptimo
7	Nodo LSE	Circuito Educativo Urcuquí	1,60	km	111,57	dB	-28,57	dBm	-96	dBm	49,53	dBm	Viable/Óptimo
8	Nodo LSE	Centro Educativo Básica Eloy Alfaro	3,15	km	117,45	dB	-34,45	dBm	-96	dBm	43,53	dBm	Viable/Óptimo
9	Nodo LSE	Gobierno Parroquial San Blas	2,42	km	115,16	dB	-32,16	dBm	-96	dBm	45,94	dBm	Viable/Óptimo
10	Nodo LSE	Unidad de Salud San Blas	2,98	km	116,97	dB	-33,97	dBm	-96	dBm	44,13	dBm	Viable/Óptimo
11	Nodo LSE	Parque San Blas	2,41	km	115,13	dB	-32,13	dBm	-96	dBm	45,97	dBm	Viable/Óptimo
12	Nodo LSE	UPC Urcuquí	1,05	km	107,91	dB	-24,91	dBm	-96	dBm	53,19	dBm	Viable/Óptimo
13	Nodo LSE	Patronato Municipal de Amparo Social Urcuquí	1,17	km	108,85	dB	-25,85	dBm	-96	dBm	52,25	dBm	Viable/Óptimo
14	Nodo LSE	Unidad de Mantenimiento	0,99	km	107,40	dB	-24,40	dBm	-96	dBm	53,70	dBm	Viable/Óptimo
15	Nodo LSE	Unidad de Desarrollo Social Eugenio Espejo	1,17	km	108,85	dB	-25,85	dBm	-96	dBm	52,25	dBm	Viable/Óptimo
16	Nodo LSE	Biblioteca Municipal	1,26	km	109,49	dB	-26,49	dBm	-96	dBm	51,61	dBm	Viable/Óptimo
17	Nodo LSE	Proyecto Adulto Mayor	1,17	km	108,85	dB	-25,85	dBm	-96	dBm	52,25	dBm	Viable/Óptimo
18	Nodo LSE	Plaza del Buen Vivir	1,3	km	109,77	dB	-26,77	dBm	-96	dBm	51,33	dBm	Viable/Óptimo
19	Nodo LSE	Plaza San Blas	2,98	km	116,97	dB	-33,97	dBm	-96	dBm	44,13	dBm	Viable/Óptimo

<b>20</b>	Nodo CPA	Escuela de Educación Básica Vicente Rocafuerte	4,26	km	120,08	dB	-37,08	dBm	-96	dBm	41,02	dBm	Viable/Óptimo
<b>21</b>	Nodo CPA	Centro de Educación Inicial Pablo Arenas	0,67	km	104,01	dB	-21,01	dBm	-96	dBm	57,09	dBm	Viable/Óptimo
<b>22</b>	Nodo CPA	Centro de Educación Básica Cinco de Junio	0,94	km	106,95	dB	-23,95	dBm	-96	dBm	54,15	dBm	Viable/Óptimo
<b>23</b>	Nodo CPA	Unidad Educativa Cahuasquí	2,03	km	113,64	dB	-30,64	dBm	-96	dBm	47,46	dBm	Viable/Óptimo
<b>24</b>	Nodo CPA	Gobierno Parroquial Tumbabiro	4,24	km	120,03	dB	-37,03	dBm	-96	dBm	41,07	dBm	Viable/Óptimo
<b>25</b>	Nodo CPA	Gobierno Parroquial Pablo Arenas	0,52	km	101,81	dB	-18,81	dBm	-96	dBm	59,29	dBm	Viable/Óptimo
<b>26</b>	Nodo CPA	Gobierno Parroquial Cahuasquí	2,32	km	114,80	dB	-31,80	dBm	-96	dBm	44,30	dBm	Viable/Óptimo
<b>27</b>	Nodo CPA	Unidad de Salud Tumbabiro	4,25	km	120,05	dB	-37,05	dBm	-96	dBm	41,05	dBm	Viable/Óptimo
<b>28</b>	Nodo CPA	Unidad de Salud Pablo Arenas	0,41	km	99,74	dB	-16,74	dBm	-96	dBm	61,36	dBm	Viable/Óptimo
<b>29</b>	Nodo CPA	Unidad de Salud Cahuasquí	2,1	km	113,93	dB	-30,93	dBm	-96	dBm	47,17	dBm	Viable/Óptimo
<b>30</b>	Nodo CPA	UPC Tumbabiro	4,24	km	120,03	dB	-37,03	dBm	-96	dBm	41,07	dBm	Viable/Óptimo
<b>31</b>	Nodo CPA	UPC Pablo Arenas	0,52	km	101,81	dB	-18,81	dBm	-96	dBm	59,29	dBm	Viable/Óptimo
<b>32</b>	Nodo CPA	UPC Cahuasquí	2,26	km	114,57	dB	-31,57	dBm	-96	dBm	46,53	dBm	Viable/Óptimo
<b>33</b>	Nodo CPA	Tenencia Política Tumbabiro	4,24	km	120,03	dB	-37,03	dBm	-96	dBm	41,07	dBm	Viable/Óptimo
<b>34</b>	Nodo CPA	Tenencia Política Cahuasquí	2,26	km	114,57	dB	-31,57	dBm	-96	dBm	46,53	dBm	Viable/Óptimo
<b>35</b>	Nodo CPA	Parque Tumbabiro	2,18	km	114,26	dB	-31,26	dBm	-96	dBm	46,84	dBm	Viable/Óptimo
<b>36</b>	Nodo CPA	Parque Cahuasquí	2,18	km	114,26	dB	-31,26	dBm	-96	dBm	46,84	dBm	Viable/Óptimo
<b>37</b>	Nodo CPA	Plaza Pablo Arenas	2,05	km	113,72	dB	-30,72	dBm	-96	dBm	47,38	dBm	Viable/Óptimo
<b>38</b>	Nodo CPA	Plaza Nueva Cahuasquí	2,05	km	113,72	dB	-30,72	dBm	-96	dBm	47,38	dBm	Viable/Óptimo

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.7.4 Simulación de Radioenlaces

Para determinar la viabilidad de los enlaces con el software de simulación es necesario interpretar los resultados que se presenta de una manera adecuada, para lo cual se debe tener en consideración los siguientes valores:

- Perfil Línea de Vista
- Peor Fresnel
- Nivel Rx

#### 3.7.4.1 Red Troncal

Para el enlace de Backhaul se utiliza el siguiente radio: Estación Base ROCKET 5ac + Rocket Dish RD-5G31-AC, el mismo que será utilizado para todos los enlaces de la red troncal.

- **Parámetros de Radio:**

Frecuencia de Operación: 5470MHz-5825MHz

Potencia de Transmisión: 27dBm

Sensibilidad de Receptor: -96 dBm

Tipo de Antena Integrada: Directiva RD-5G31-AC

Ganancia de la Antena: 31 dBi

Pérdida de Conectores: 2 dB

Altura de la Antena: 10, 20 m

- **Cálculo de Enlace Nodo GADMU – Nodo Loma San Eloy**

*Tabla 3.60: Coordenadas Geográficas Enlace Troncal*

NODO TRONCAL	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
		Latitud	Longitud	Altura
<b>GADMU</b>	Urququí	00° 25.05' N	78° 11.616' O	2291,5 m
<b>Loma San Eloy</b>	Urququí	00° 25'3.1921" N	78° 11'5.7284" O	2341 m

Fuente: Elaborado por el Autor.

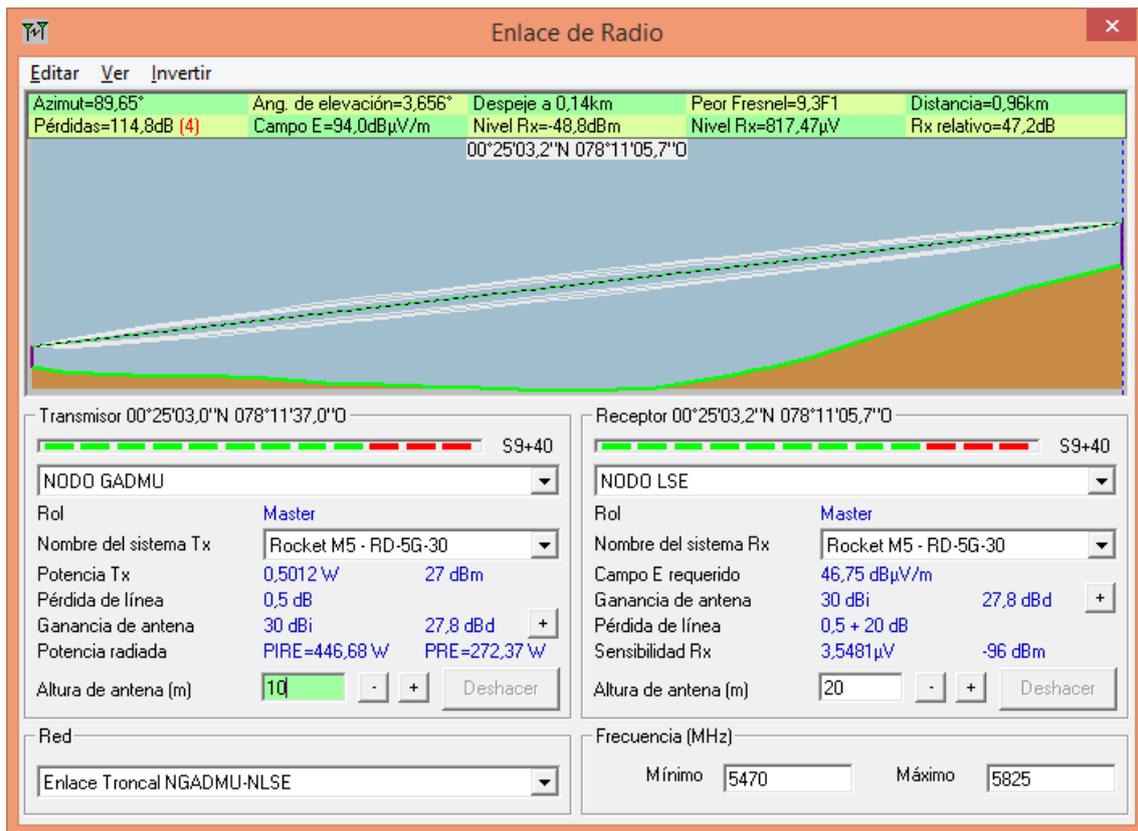


Figura 3.32: Simulación Enlace Troncal Nodo GADMU – Nodo Loma San Eloy

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.32 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,96 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel de 7,5 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -48,8 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB, en este caso es 47,2 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo Loma San Eloy – Nodo Cerro Pablo Arenas**

Tabla 3.61: Coordenadas Geográficas Enlace Troncal

NODO TRONCAL	PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
		Latitud	Longitud	Altura
Loma San Eloy	Urcuquí	00° 25'3.1921" N	78° 11'5.7284" O	2341 m
Cerro Pablo Arenas	Pablo Arenas	00° 29'56.73156" N	78° 11'53.33474" O	2482,8 m

Fuente: Elaborado por el Autor.

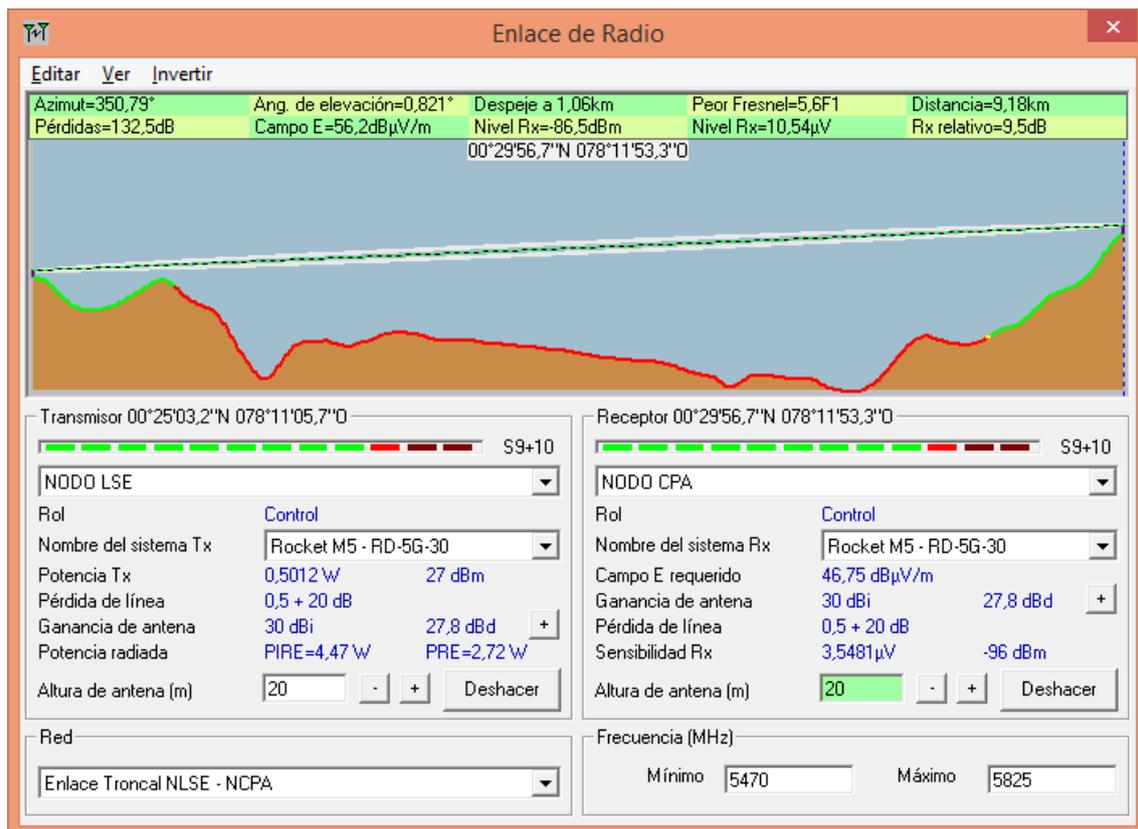


Figura 3.33: Simulación Enlace Troncal Nodo Loma San Eloy – Nodo Cerro Pablo Arenas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.33 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual nos indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 9,18 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación tenemos el Peor Fresnel de 5,6 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -86,5dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB, en este caso es 9,5 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

### 3.7.4.2 Red de Acceso

Para la Red de Acceso se utilizarán los siguientes equipos:

- **Estación Base:** Rocket 5ac + AirMax Sector AM-5AC21-120
- **Cliente:** airGridM5 AG-HP-5G23

### Parámetros de Radio:

Tabla 3.62: Datos Técnicos de Radio Red de Acceso

PARÁMETROS TÉCNICOS	Rocket 5ac + AirMax Sector AM-5AC21-120	airGrid AG-HP-5G23
Frecuencia de Operación (MHz)	5150 - 5825	5725 - 5850
Potencia de Transmisión(dBm)	27	25
Sensibilidad de Receptor(dBm)	-96	-97
Tipo de Antena	Antena Sectorial	Direccional
Ganancia de la Antena(dBi)	21-22	23
Pérdida de Conectores(dB)	2	2
Altura de la Antena(m)	20	6

Fuente: Elaborado por el Autor.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Unidad Educativa Urcuquí**

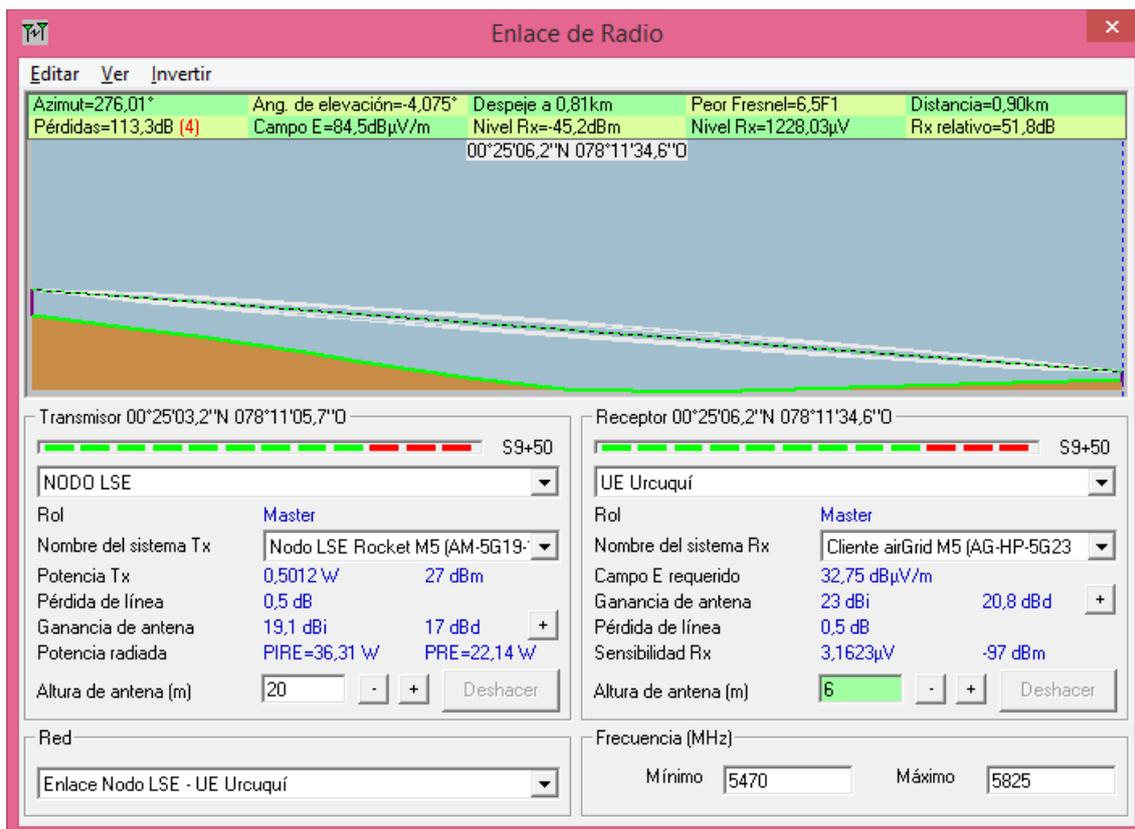


Figura 3.34: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad Educativa Urcuquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### **Análisis del Enlace:**

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.34 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,90 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 6,5 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -45,2dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB, en este caso es 49,8 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Junta Cantonal de Protección de Derechos**

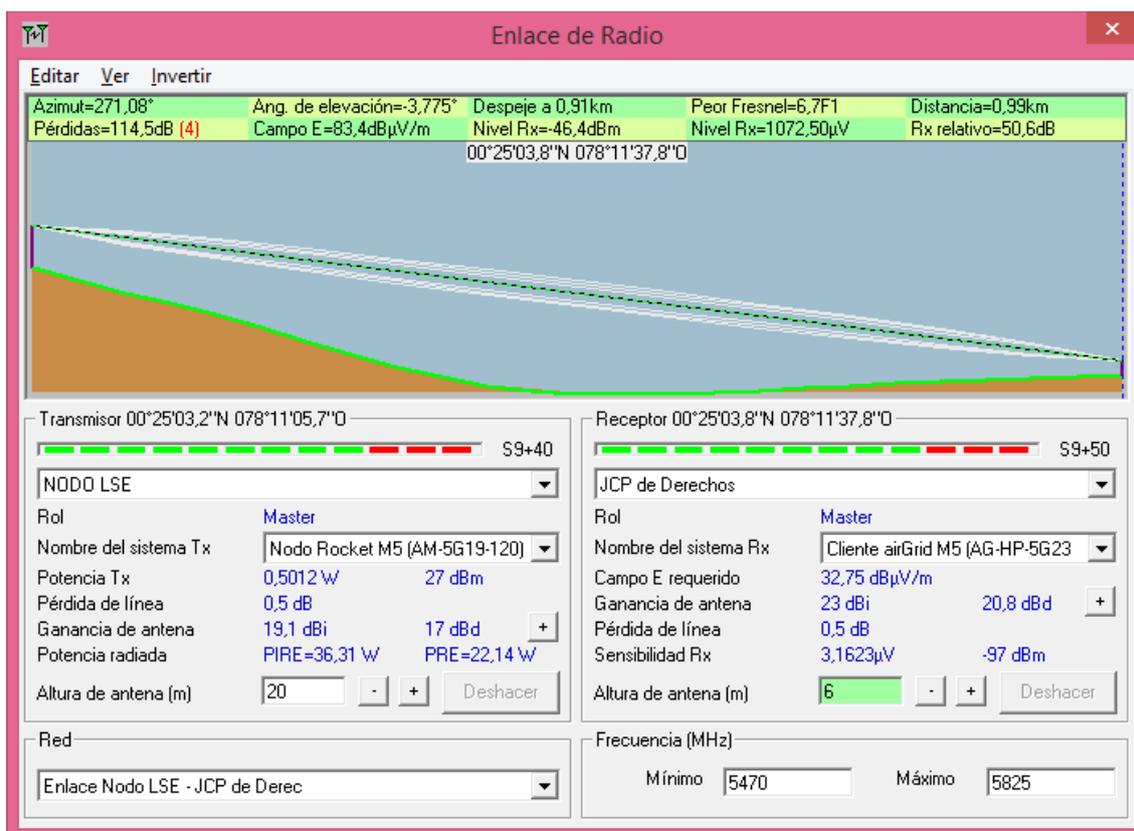


Figura 3.35: Simulación Enlace Nodo LSE - Junta Cantonal de Derechos

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.35 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,99 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 6,7 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -46,4dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB, en este caso es 49,6 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Unidad de Salud Urcuquí**

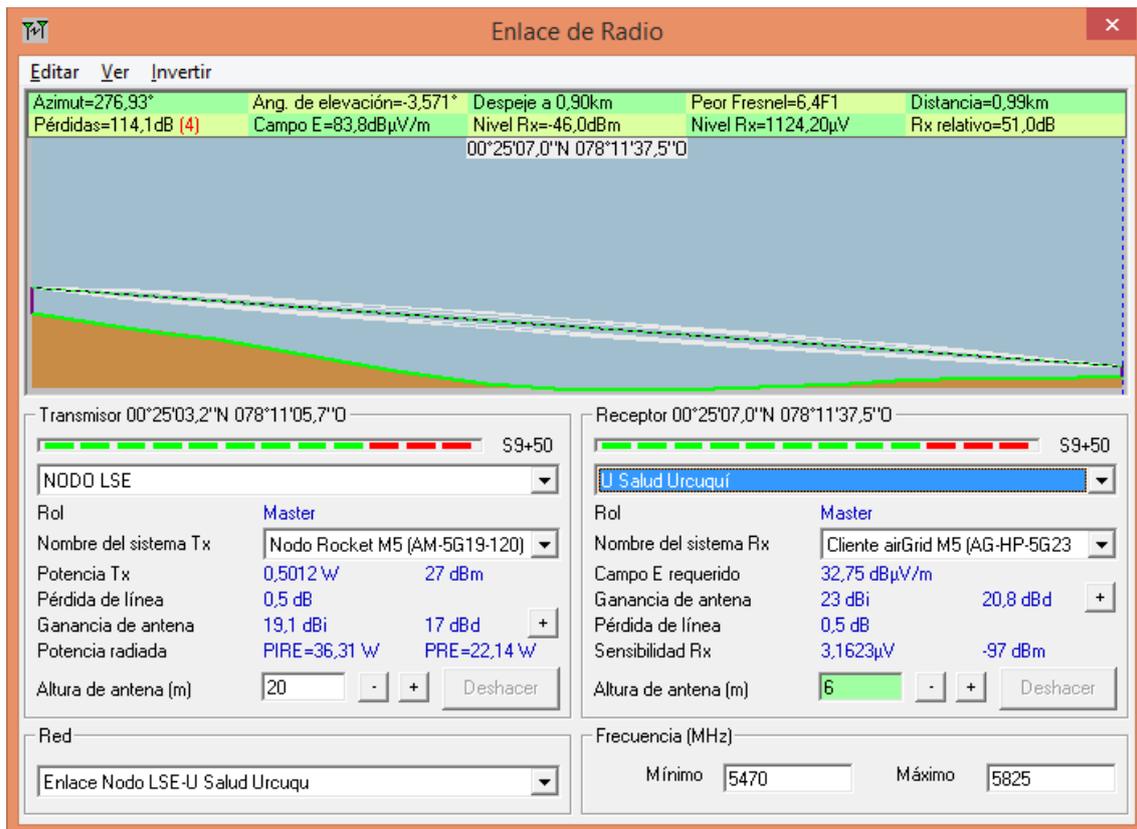


Figura 3.36: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad de Salud Urcuquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.36 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,99 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 6,4 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -46,0dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 50 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Escuela Fiscal Mixta Abdón Calderón**

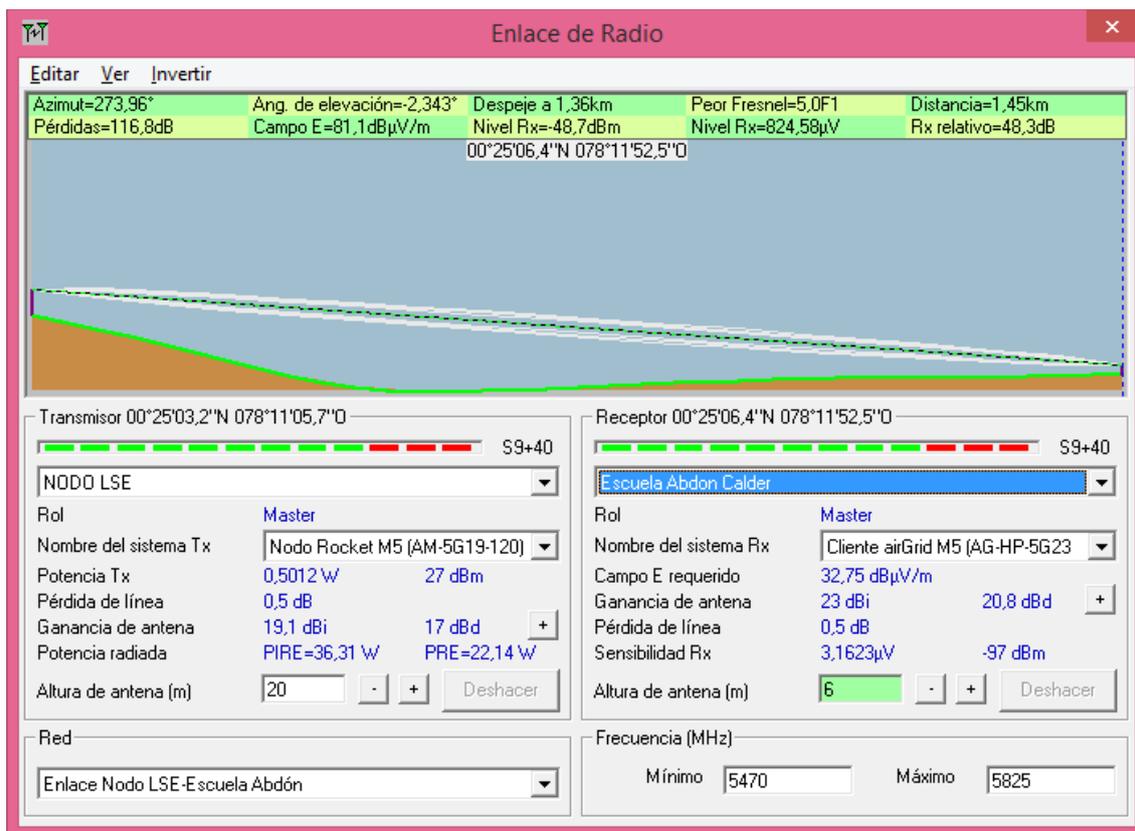


Figura 3.37: Simulación Enlace Nodo LSE - Escuela Fiscal Mixta Abdón Calderón

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.37 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 1,45 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,0 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -48,7dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 47,3 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Circuito Educativo Urcuquí**

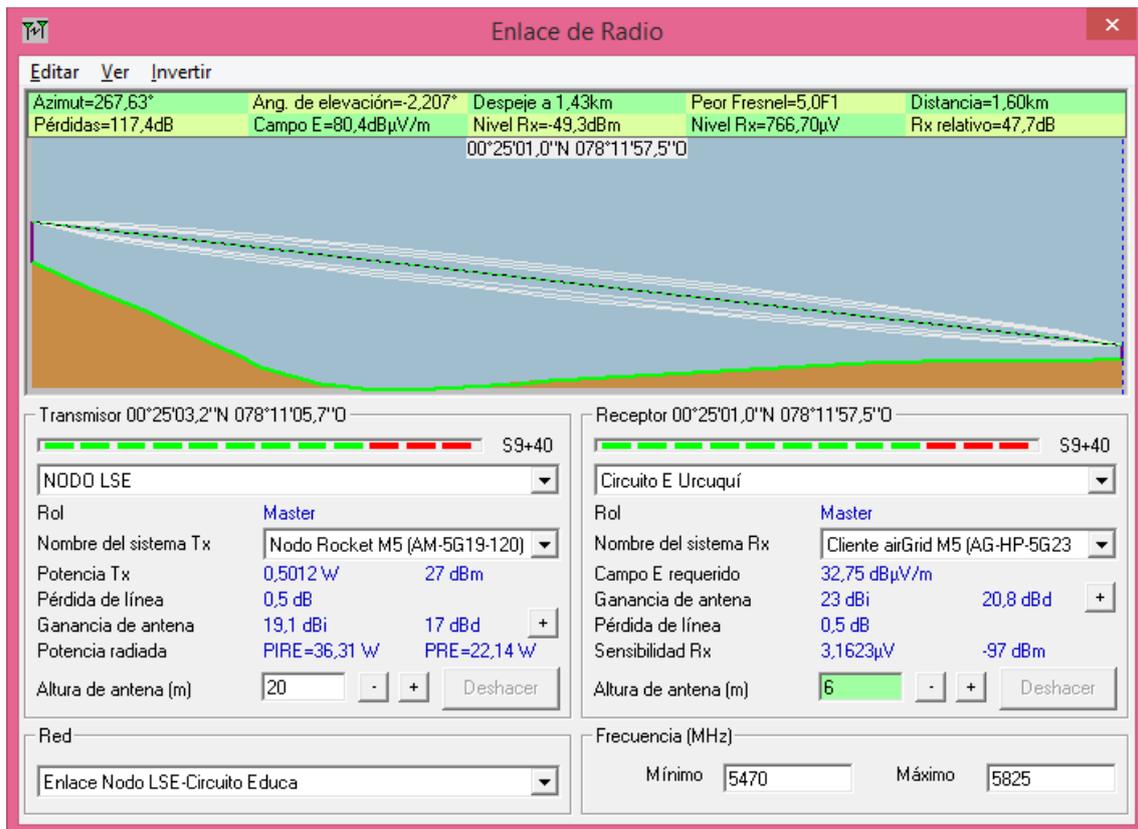


Figura 3.38: Simulación Enlace Nodo LSE - Circuito Educativo Urcuquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.38 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 1,60 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,0 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -49,3dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 46,7 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Centro de Educación Básica Eloy Alfaro**

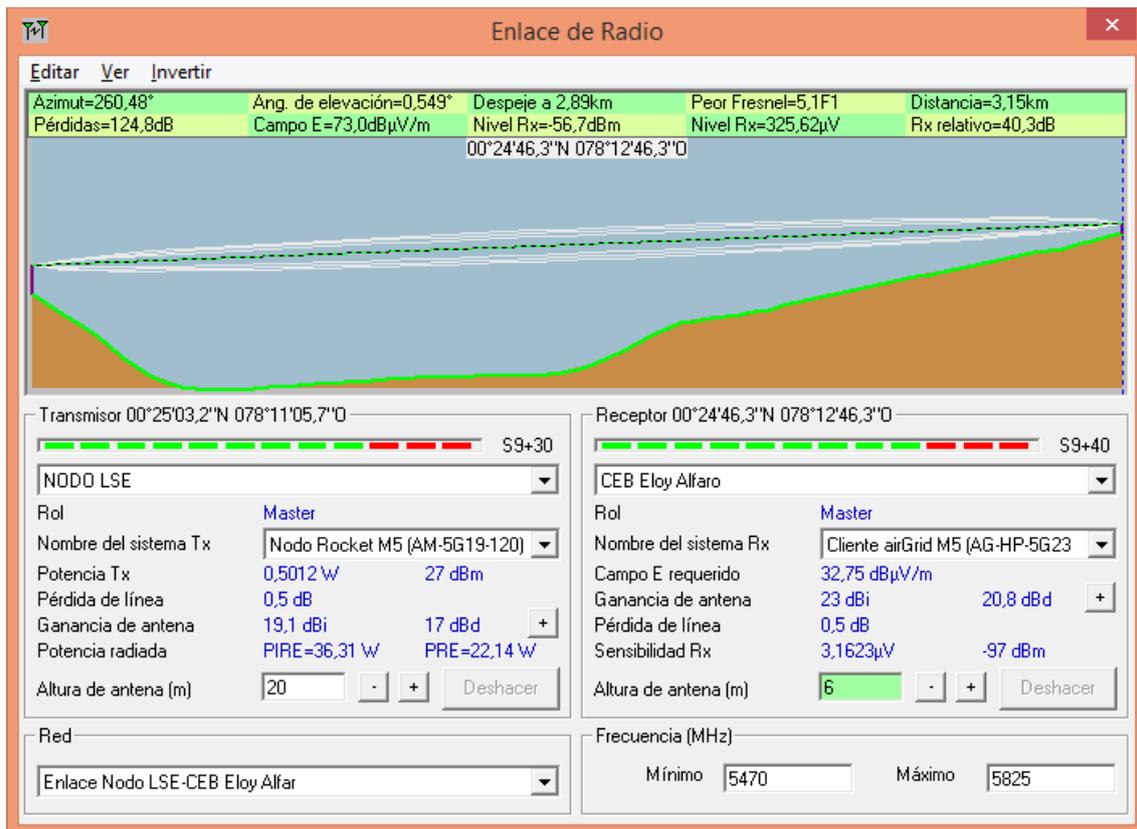


Figura 3.39: Simulación Enlace Nodo LSE - Centro de Educación Básica Eloy Alfaro

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.39 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 3,15 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,1 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -56,7dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 39,3 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Gobierno Parroquial de San Blas**

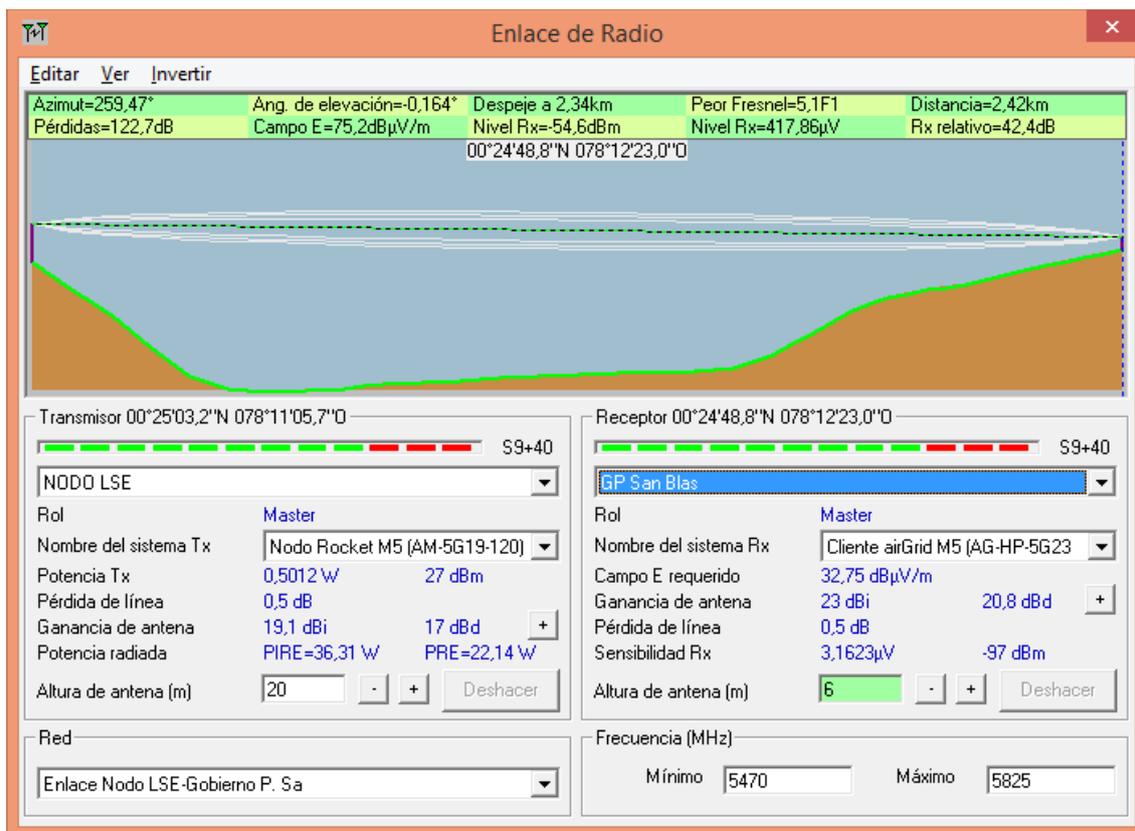


Figura 3.40: Simulación Enlace Nodo LSE - Gobierno Parroquial de San Blas  
Fuente: Elaborado por el Autor.

### **Análisis del Enlace:**

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.40 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,42 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,1 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -54,6 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 41.4 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Unidad de Salud de San Blas**

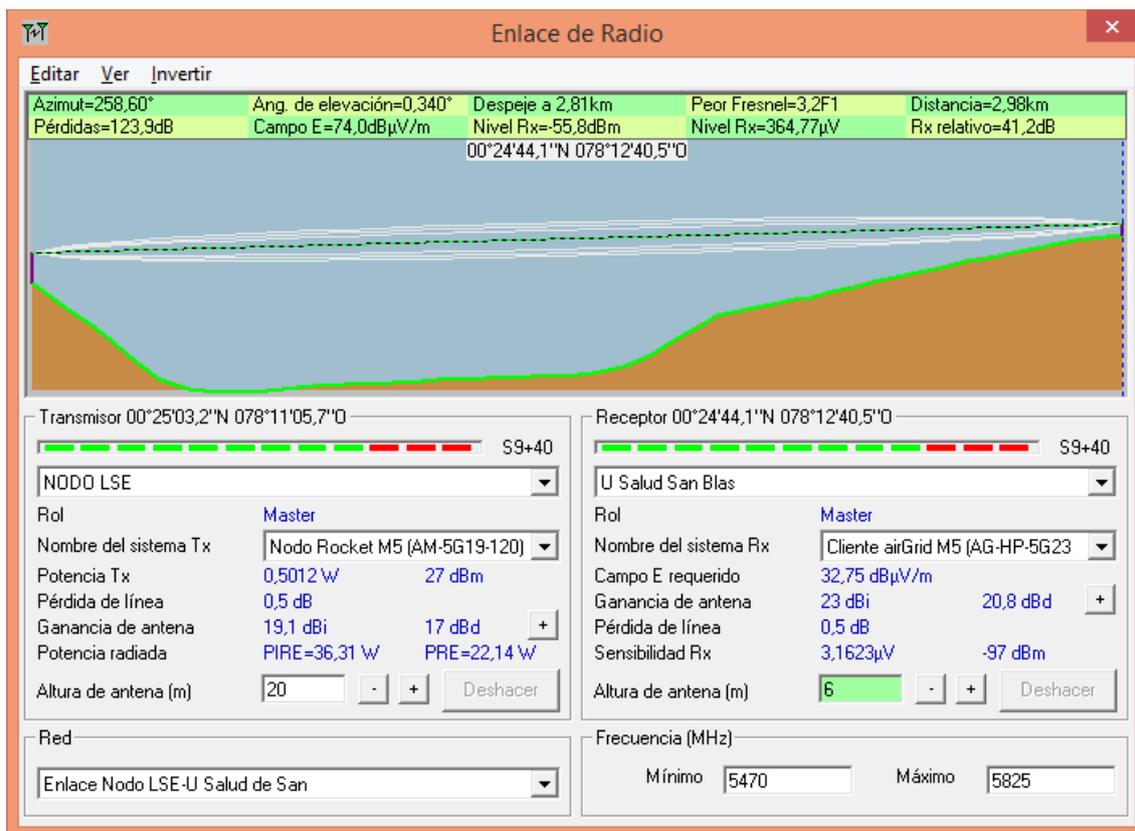


Figura 3.41: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad de Salud de San Blas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.41 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,98 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 3,2 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -55,8 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 40,2 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Parque San Blas**

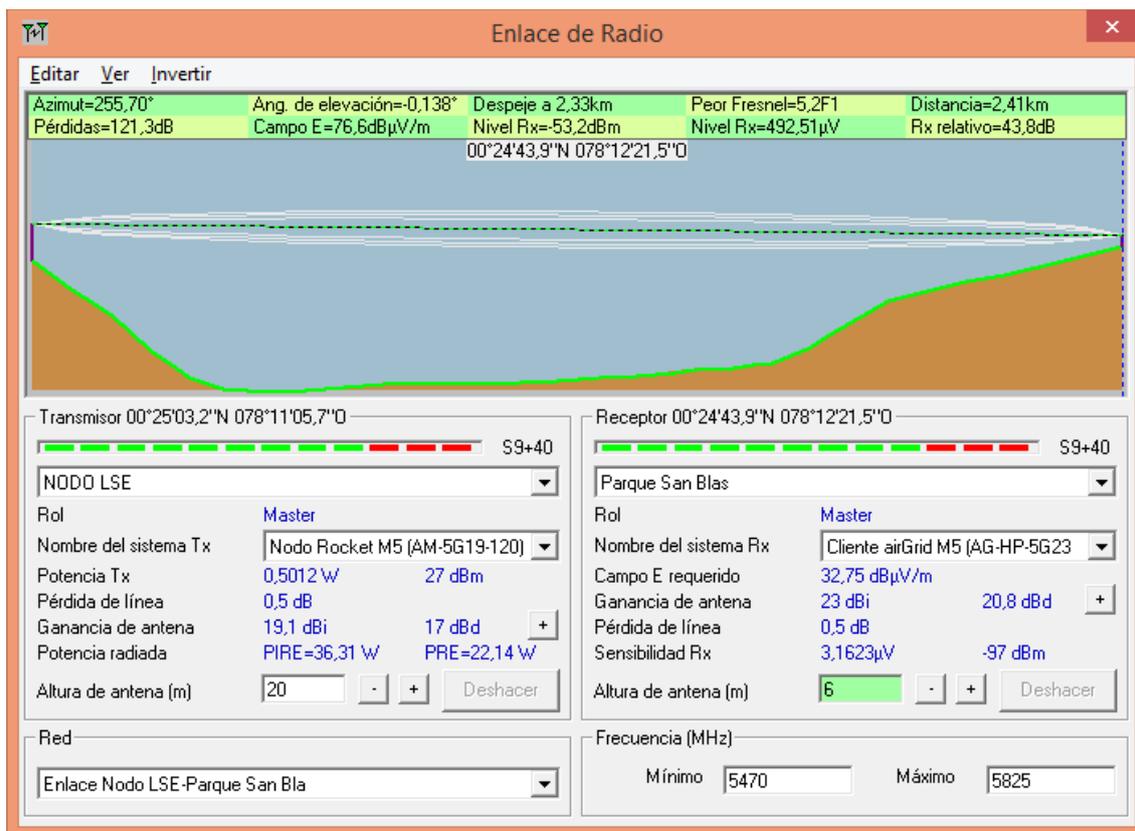


Figura 3.42: Simulación Enlace Nodo LSE - Parque San Blas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.42 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,41 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,2 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -53,2 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 42,8 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – UPC Urcuquí**

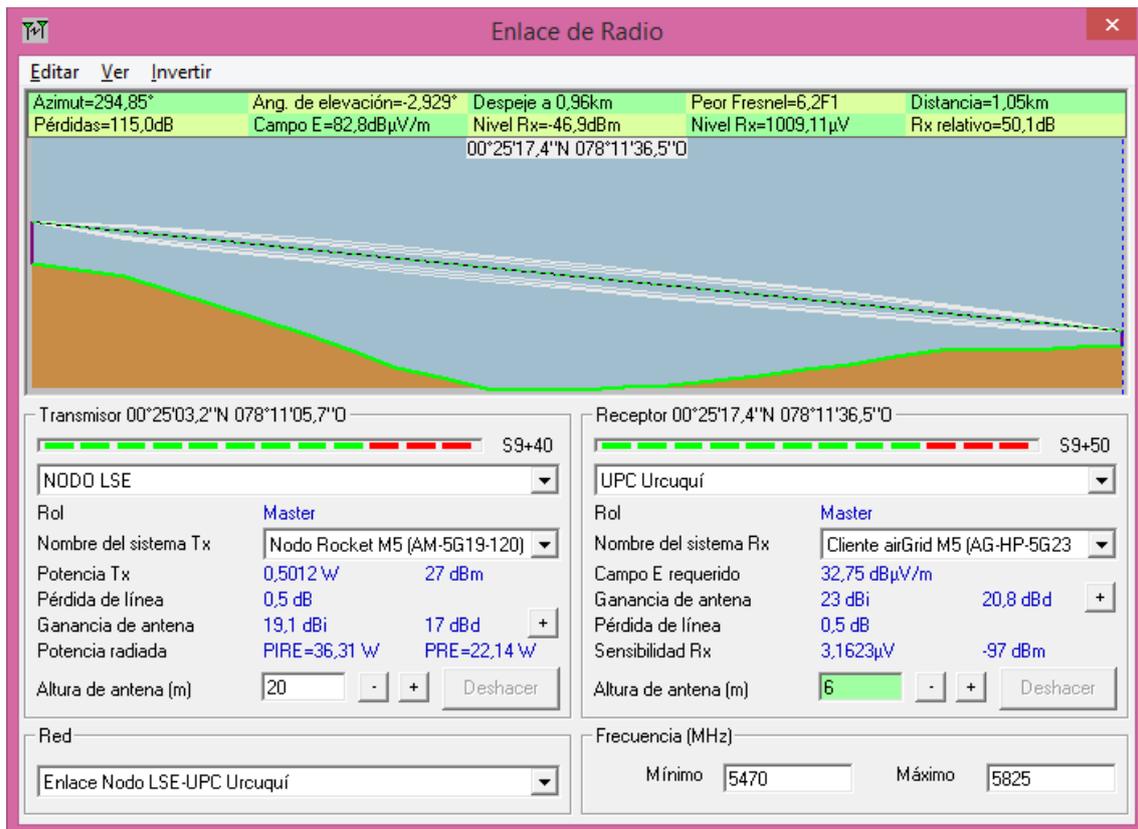


Figura 3.43: Simulación Enlace Nodo LSE - UPC Urcuquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.43 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 1,05 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 6,2 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -46,9 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 49,1 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Patronato Municipal de Amparo Social de Urcuquí**

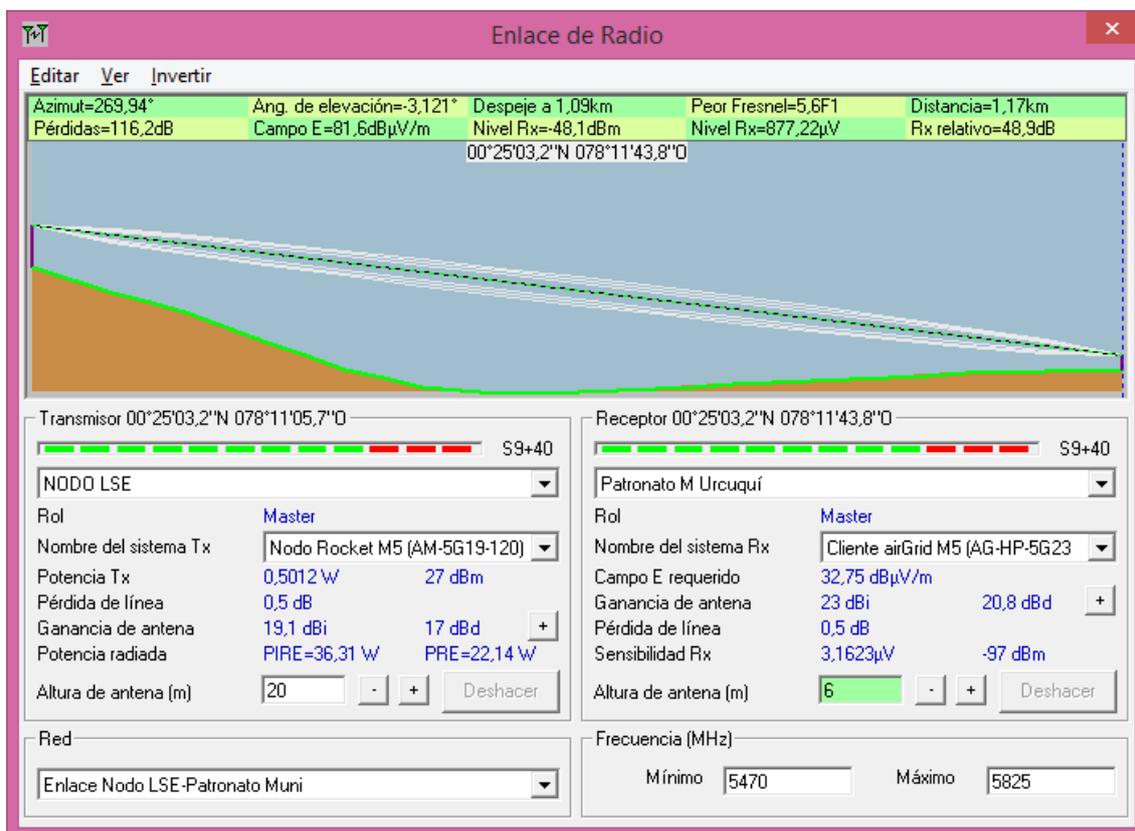


Figura 3.44: Simulación Enlace Nodo LSE - Patronato Municipal de Amparo Social de Urcuquí  
Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.44 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 1,17 km.

La primera Zona de fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,6 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -48,1 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 47,9 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Unidad de Mantenimiento**

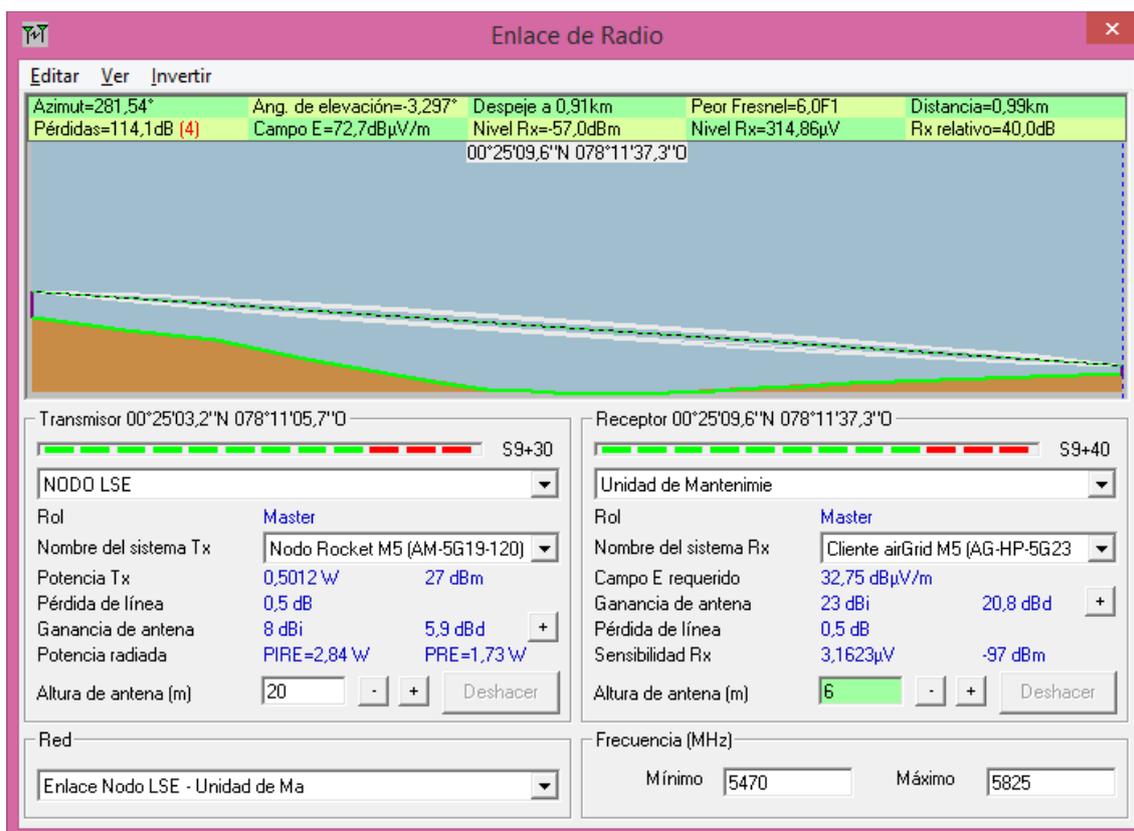


Figura 3.45: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad de Mantenimiento

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.45 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,99 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 6,0 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -57,0 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 39 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Unidad de Desarrollo Social Eugenio Espejo**

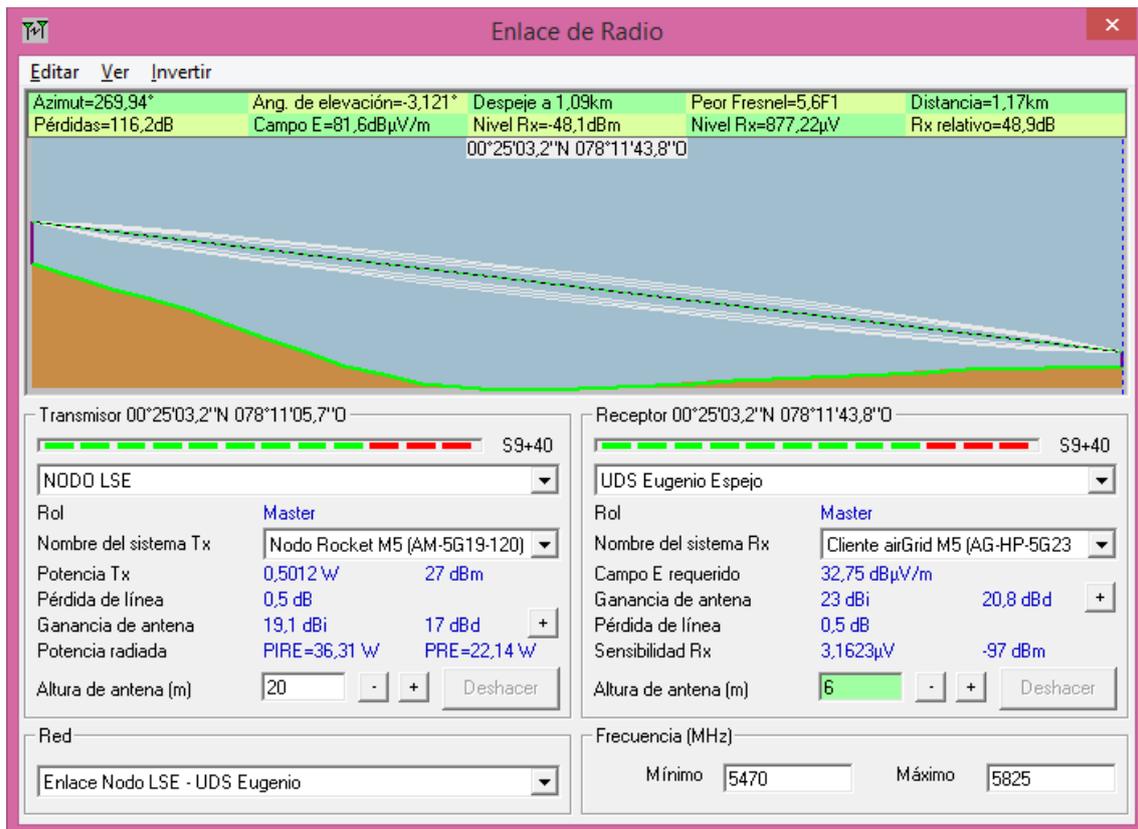


Figura 3.46: Simulación Enlace Nodo LSE - Unidad de Desarrollo Social Eugenio Espejo

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.46 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 1,17 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,6 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -48,1 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 47,9 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Biblioteca Municipal**

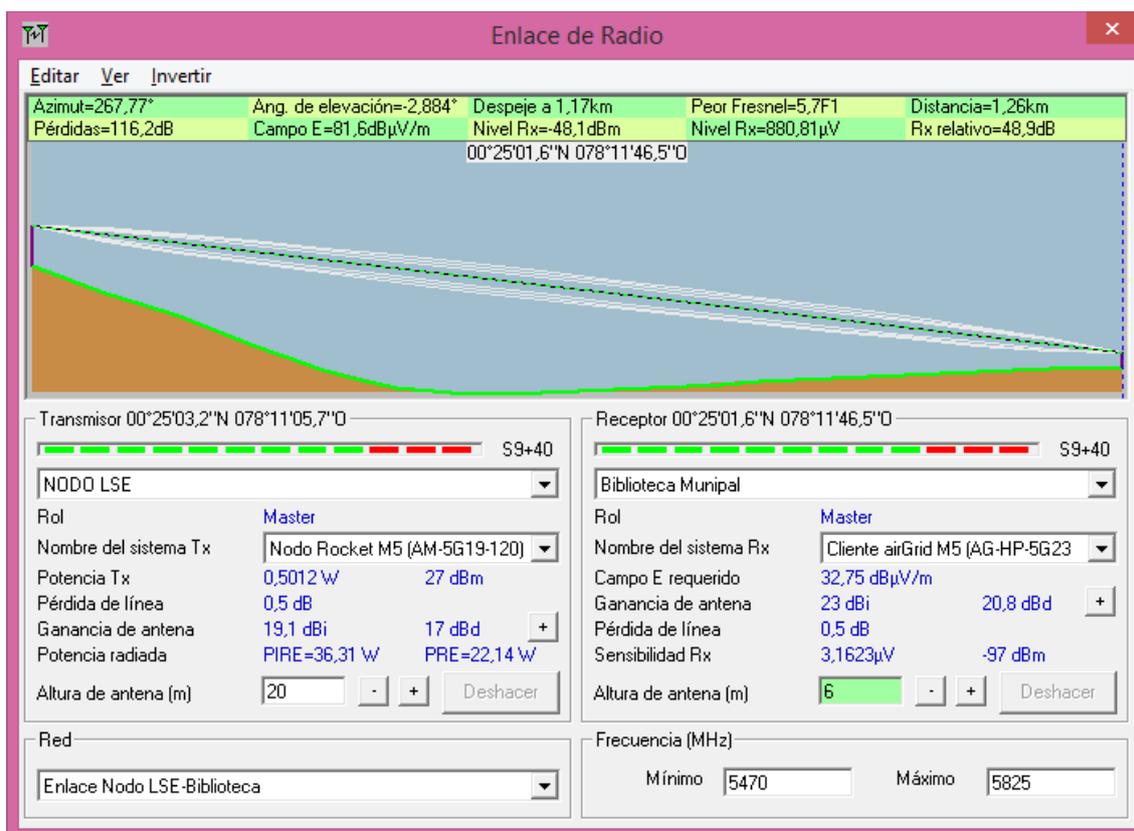


Figura 3.47: Simulación Enlace Nodo LSE - Biblioteca Municipal

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.47 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 1,26 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,7 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -48,1 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 47,9 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Proyecto Adulto Mayor**

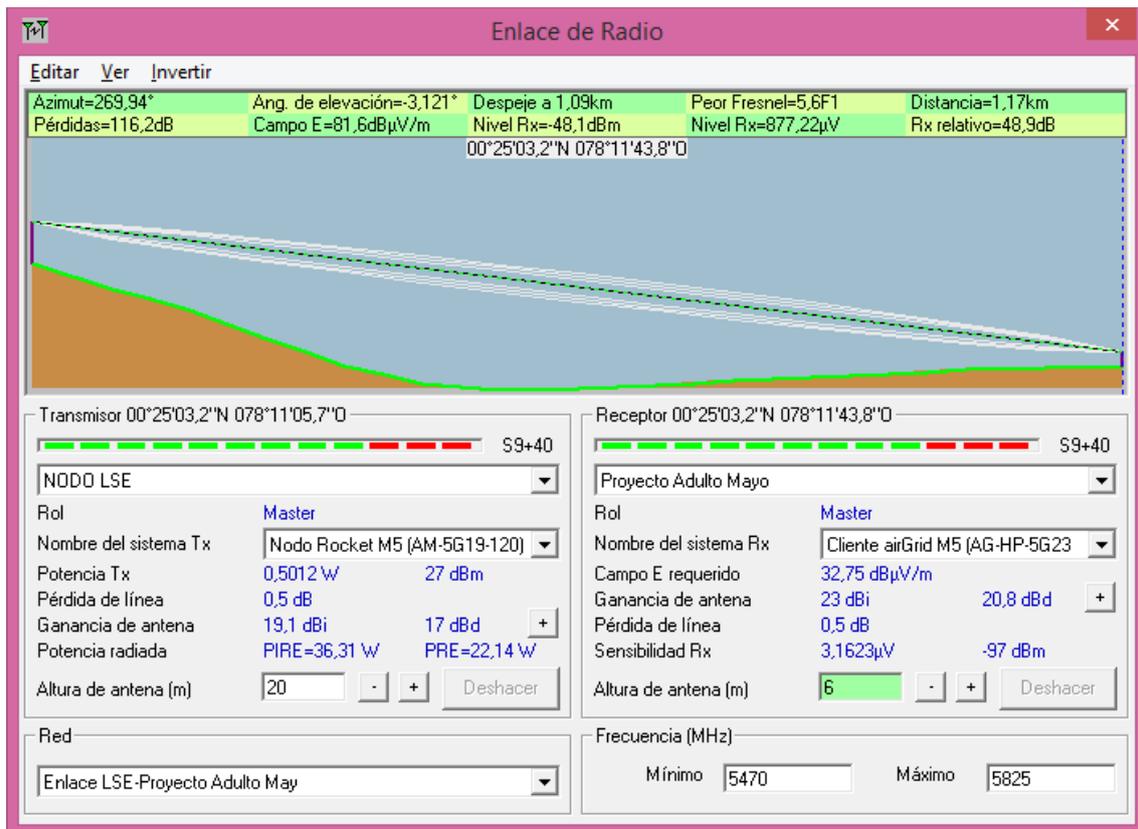


Figura 3.48: Simulación Enlace Nodo LSE - Proyecto Adulto Mayor

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.48 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 1,17 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,6 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -48,1 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 47,9 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Plaza del Buen Vivir**

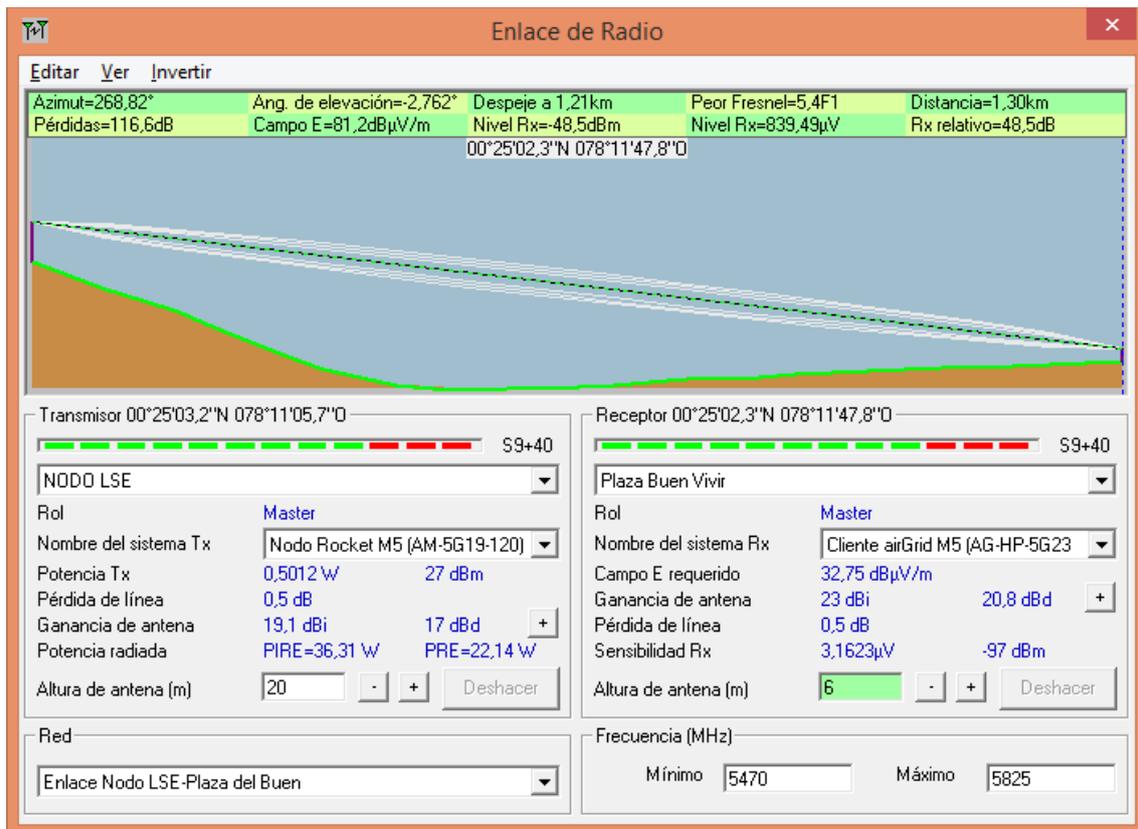


Figura 3.49: Simulación Nodo LSE - Plaza del Buen Vivir  
Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.49 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 1,30 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 5,4 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -48,5 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 47,5 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo LSE – Plaza San Blas**

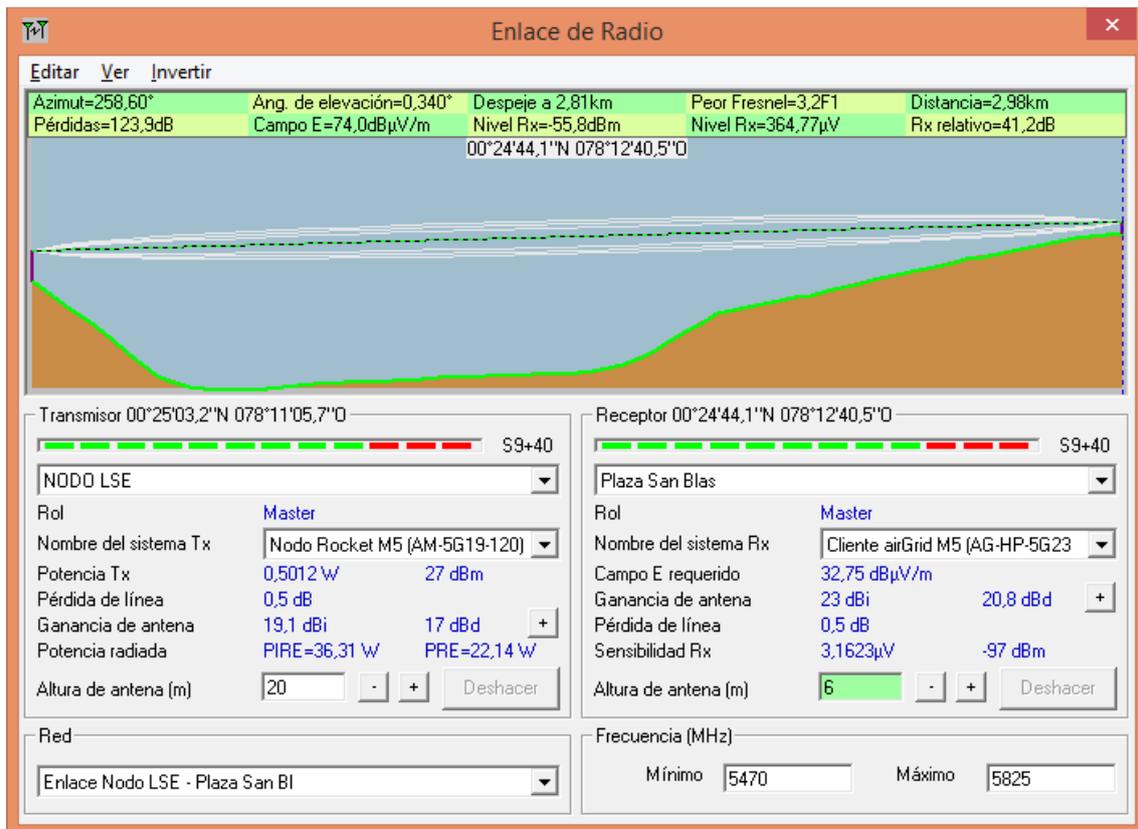


Figura 3.50: Simulación Enlace Nodo LSE - Plaza San Blas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.50 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,98 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 3,2 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -55,8 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 40,2 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Escuela de Educación Básica Vicente Rocafuerte**

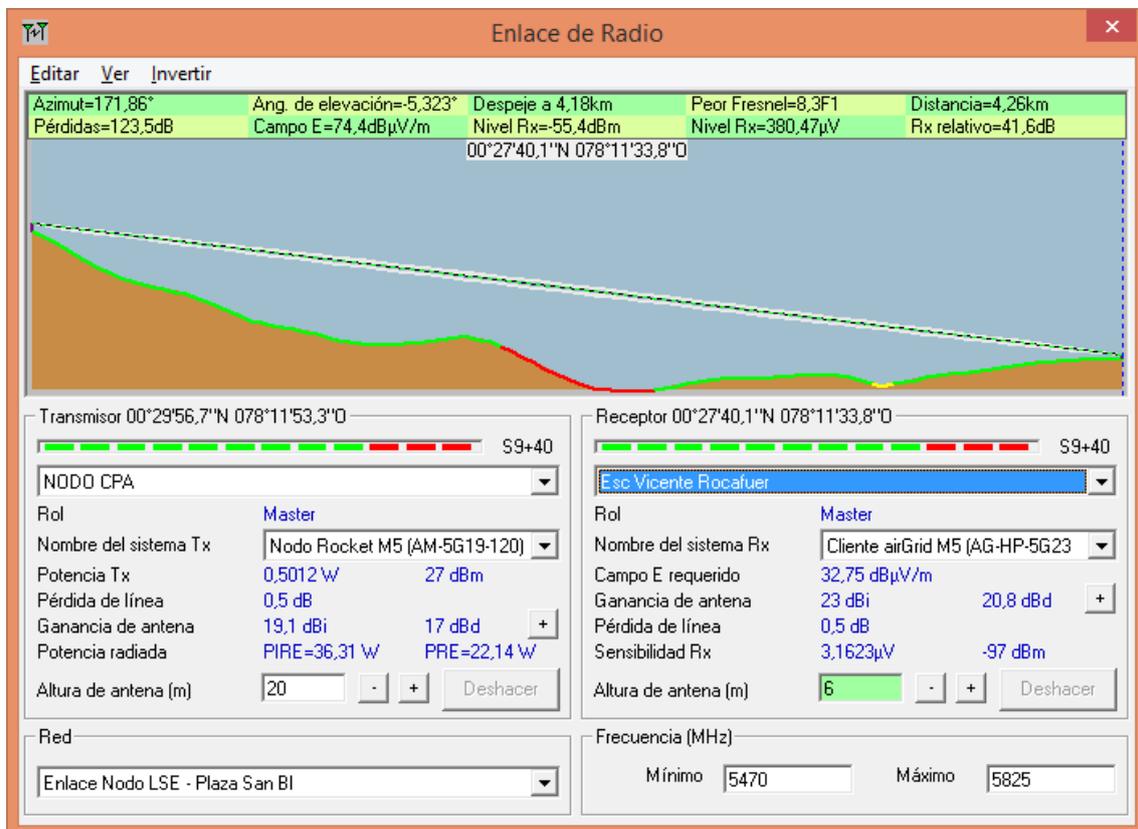


Figura 3.51: Simulación Enlace Nodo CPA - Escuela de Educación Básica Vicente Rocafuerte  
Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.51 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,98 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 3,2 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -55,8 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 40,2 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Centro de Educación Inicial Pablo Arenas**

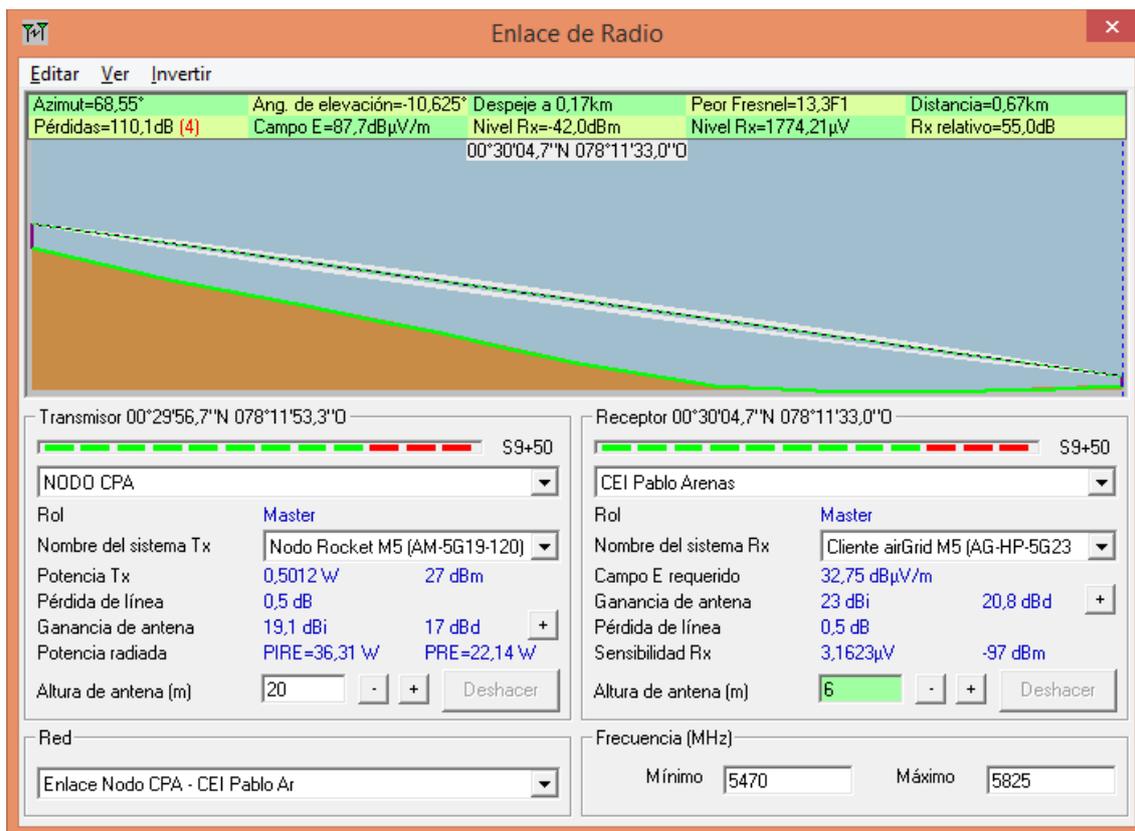


Figura 3.52: Simulación Enlace Nodo CPA - Centro de Educación Inicial Pablo Arenas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.52 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,67 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 13,3 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -42,0 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 54 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Centro de Educación Básica Cinco de Junio**

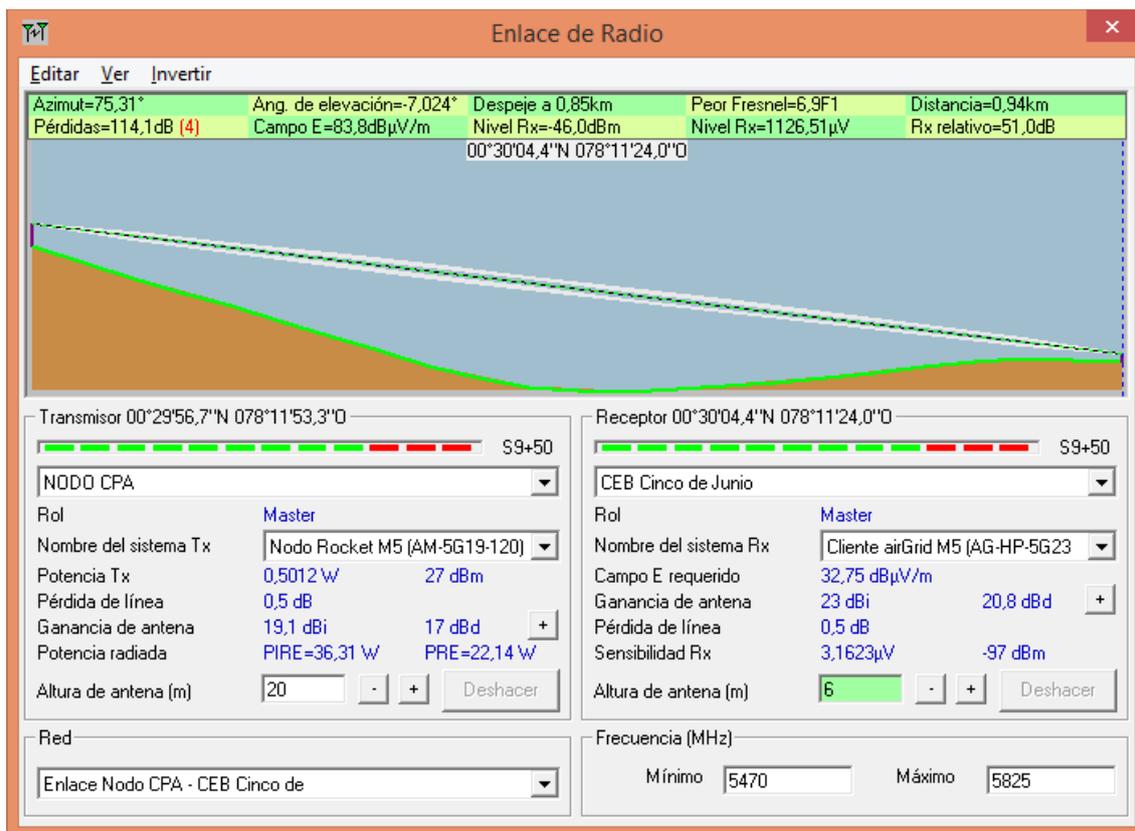


Figura 3.53: Simulación Enlace Nodo CPA - Centro de Educación Básica Cinco de Junio

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.53 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,94 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 6,9 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -46 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 50 dB mostrándonos un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Unidad Educativa Cahuasquí**

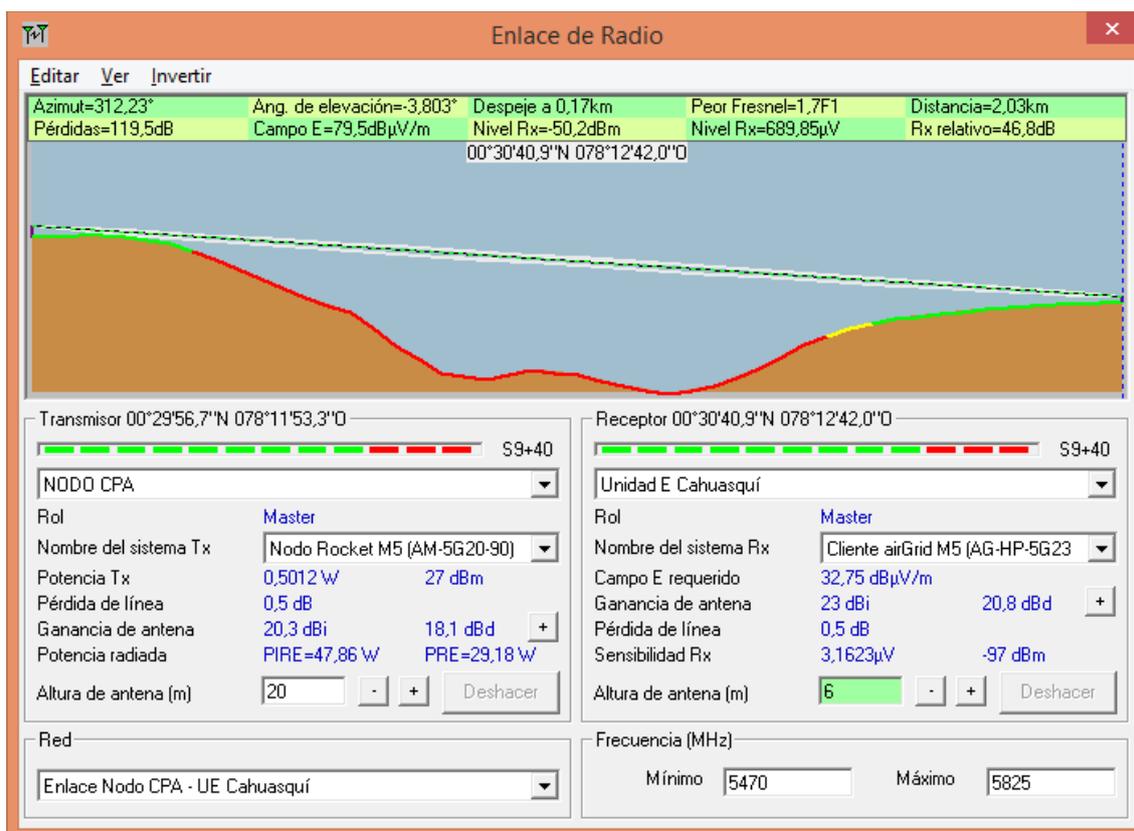


Figura 3.54: Simulación Enlace Nodo Cerro Pablo Arenas - Unidad Educativa Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.54 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,03 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 1,7 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -50,2 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 45,8 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Gobierno Parroquial Tumbabiro**

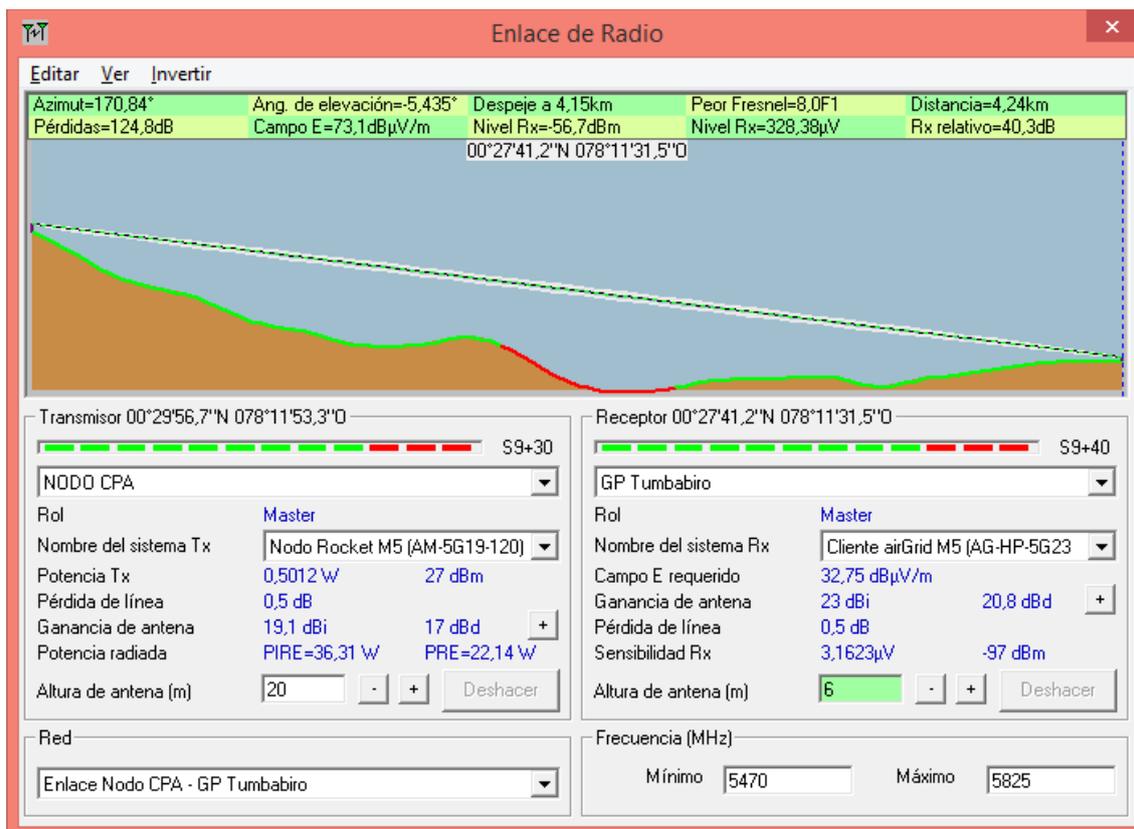


Figura 3.55: Simulación Nodo CPA - Gobierno Parroquial Tumbabiro

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.55 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 4,24 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 8,0 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -56,7 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 39,3 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Gobierno Parroquial Pablo Arenas**

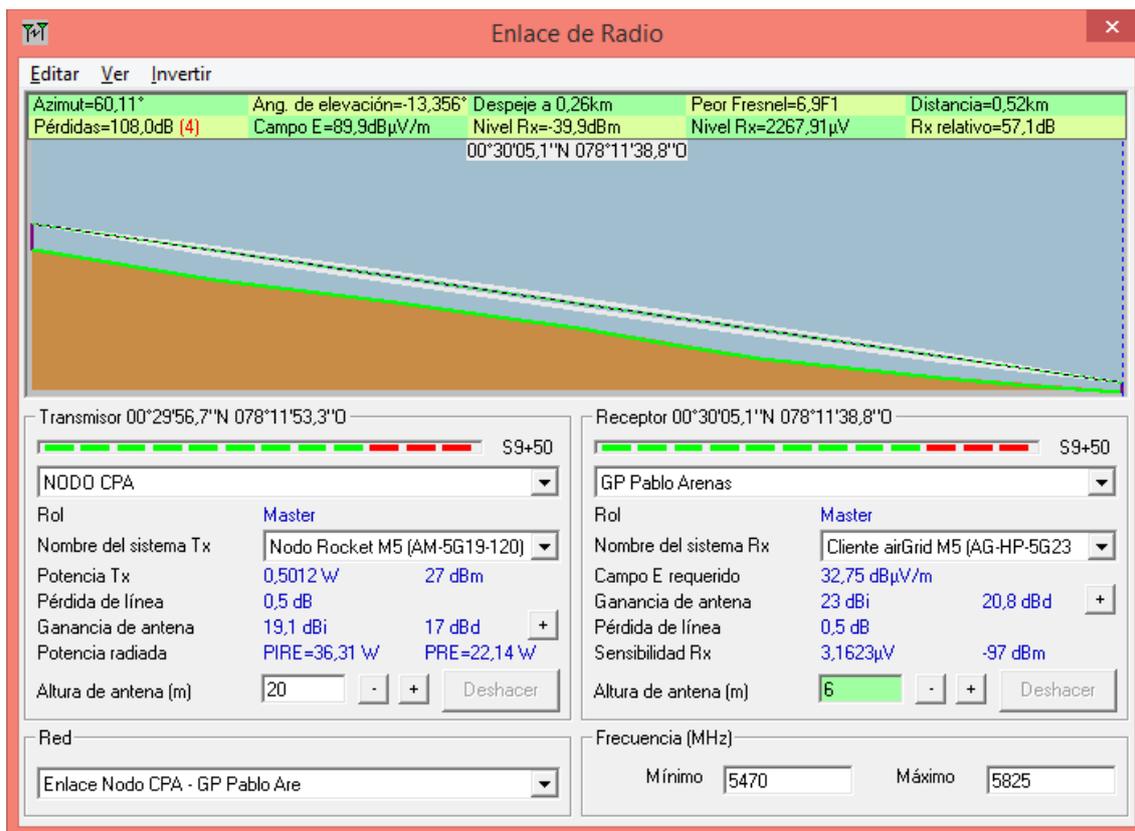


Figura 3.56: Simulación Enlace Nodo CPA - Gobierno Parroquial Pablo Arenas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.56 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,52 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 6,9 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -39,9 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 56,1 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Gobierno Parroquial Cahuasquí**

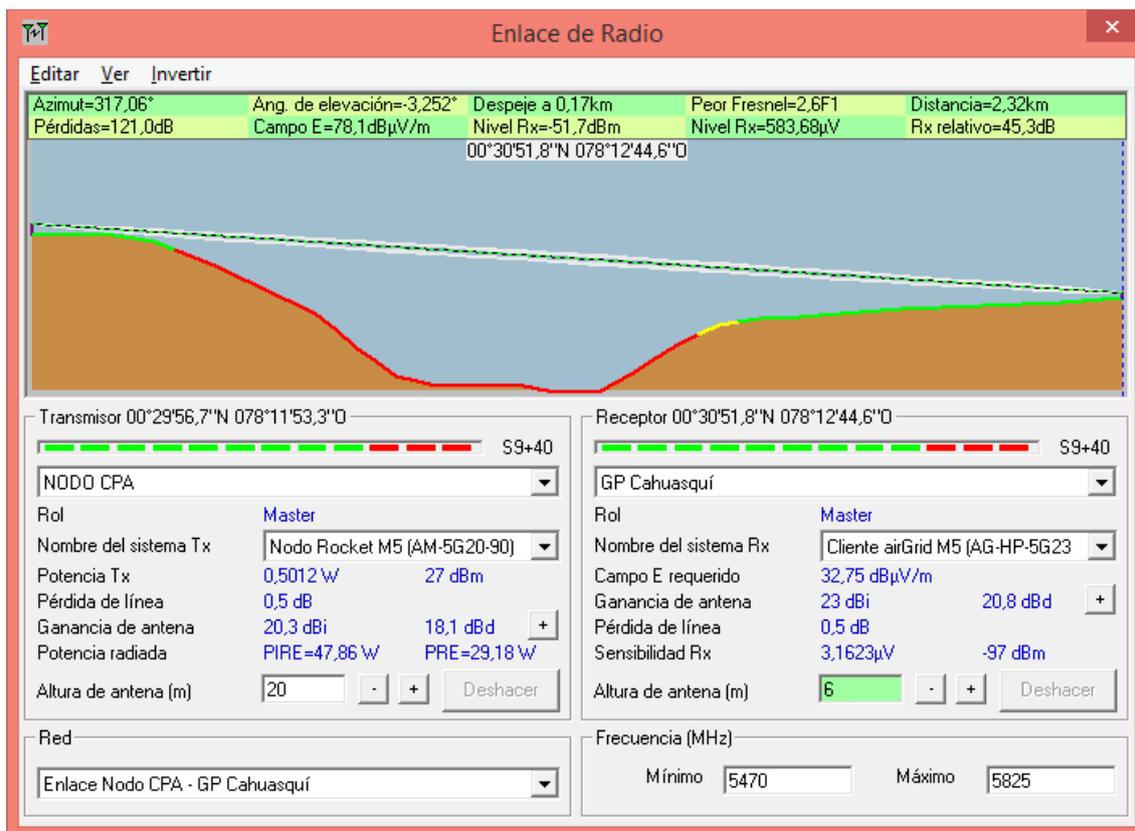


Figura 3.57: Simulación Enlace Nodo CPA - Gobierno Parroquial Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.57 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,32 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 2,6 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -51,7 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 44,3 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Unidad de Salud Tumbabiro**

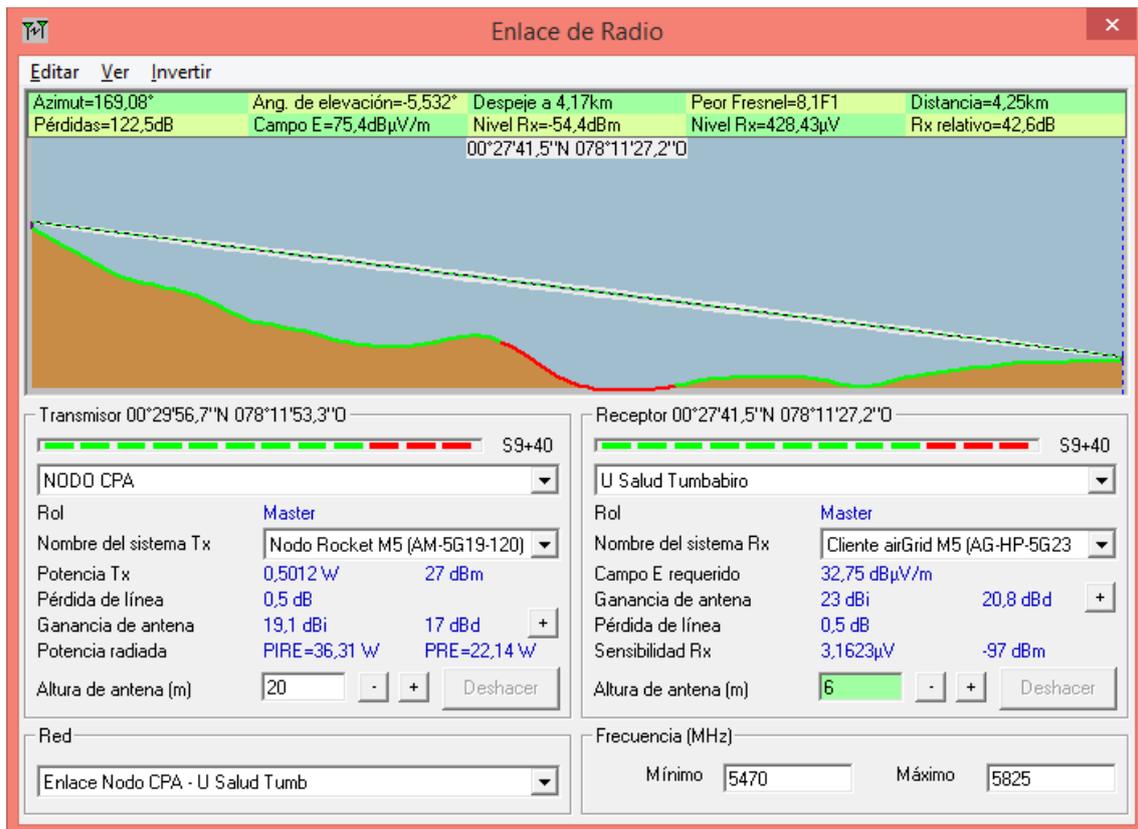


Figura 3.58: Simulación Enlace Nodo CPA - Unidad de Salud Tumbabiro

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.58 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 4,25 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 8,1 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -54,4 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 41,6 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Unidad de Salud Pablo Arenas**

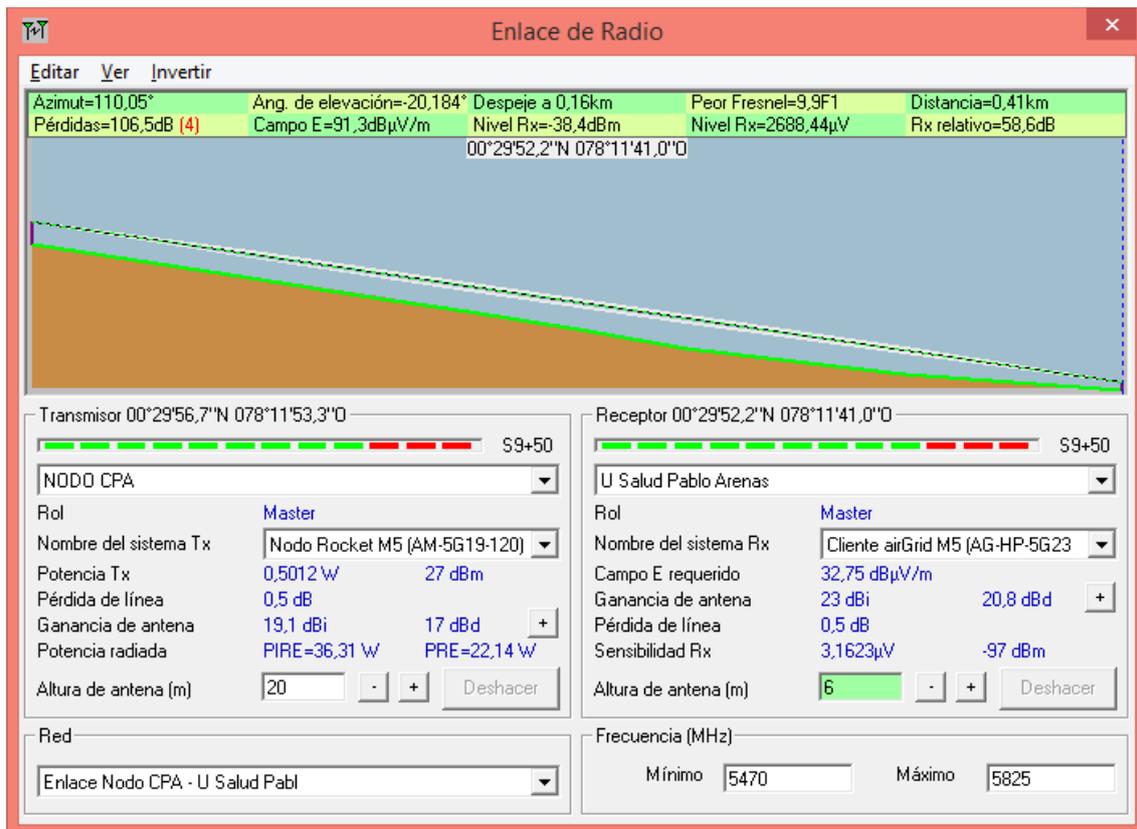


Figura 3.59: Simulación Enlace Nodo CPA - Unidad de Salud Pablo Arenas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.59 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,41 km.

La primera Zona de fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 9,9 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -38,4 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 57,6 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Unidad de Salud Cahuasquí**

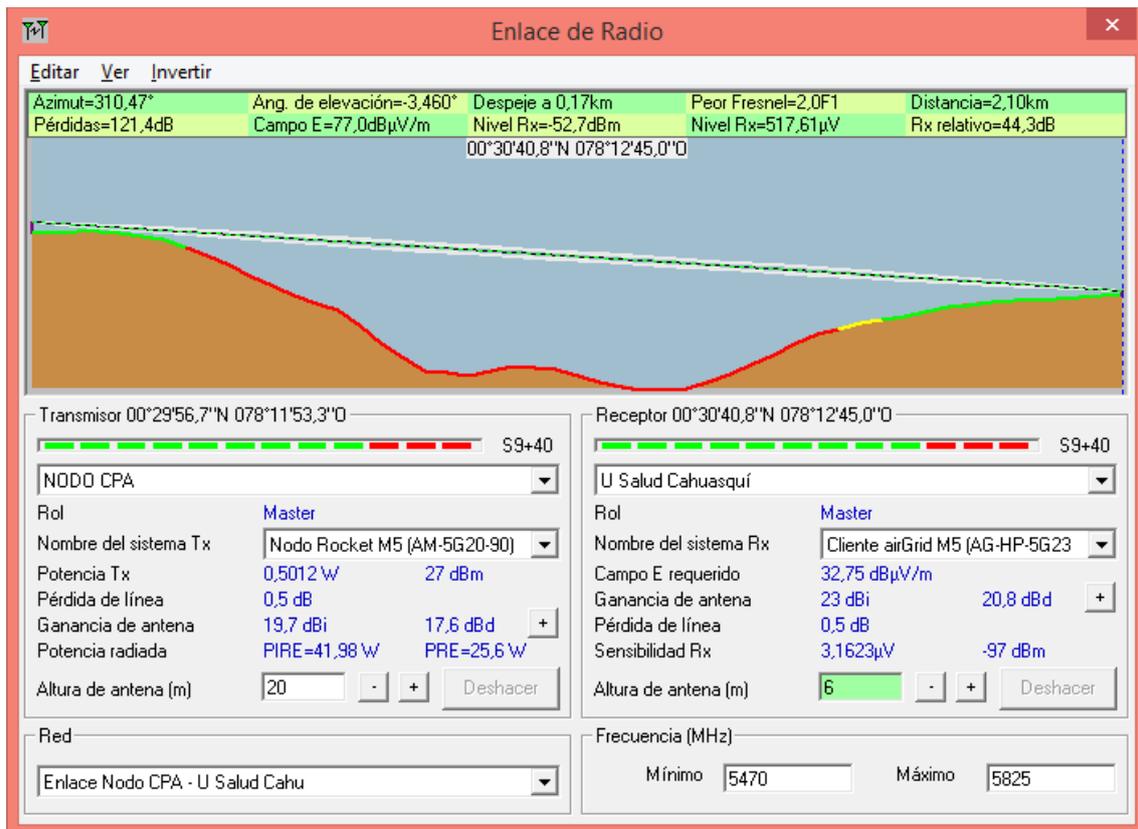


Figura 3.60: Simulación Enlace Nodo CPA - Unidad de Salud Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.60 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,10 km.

La primera Zona de fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 2,0 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -52,7 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 43,3 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – UPC Tumbabiro**

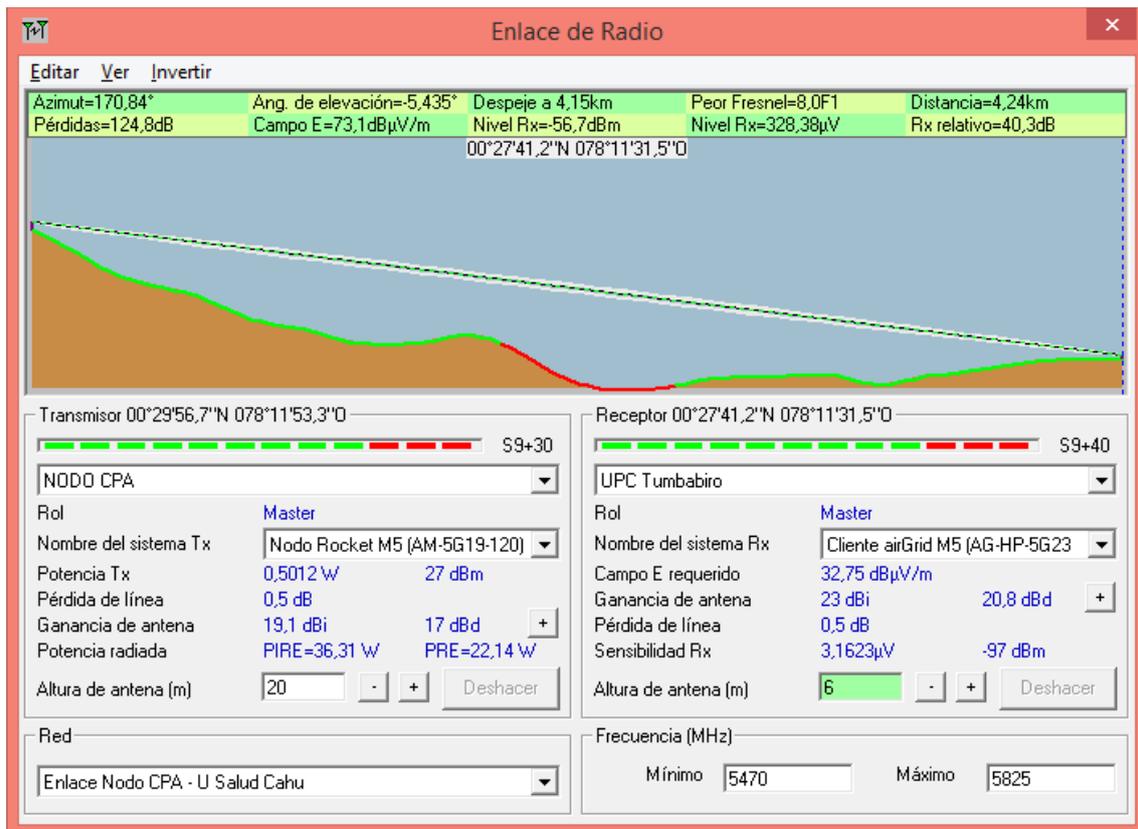


Figura 3.61: Simulación Nodo CPA - UPC Tumbabiro

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.61 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 4,24 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 8,0 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -56,7 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 39,3 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – UPC Pablo Arenas**

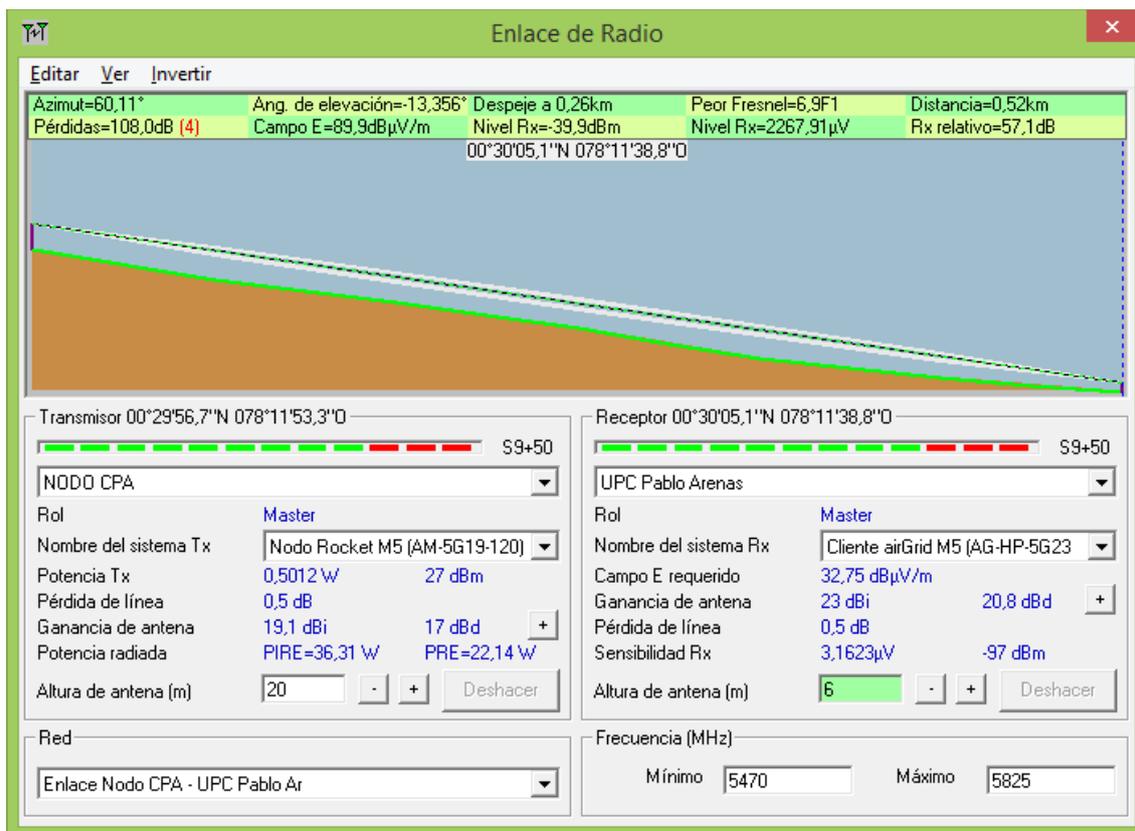


Figura 3.62: Simulación Enlace Nodo CPA - UPC Pablo Arenas

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.62 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 0,52 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 6,9 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -39,9 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 56,1 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – UPC Cahuasquí**

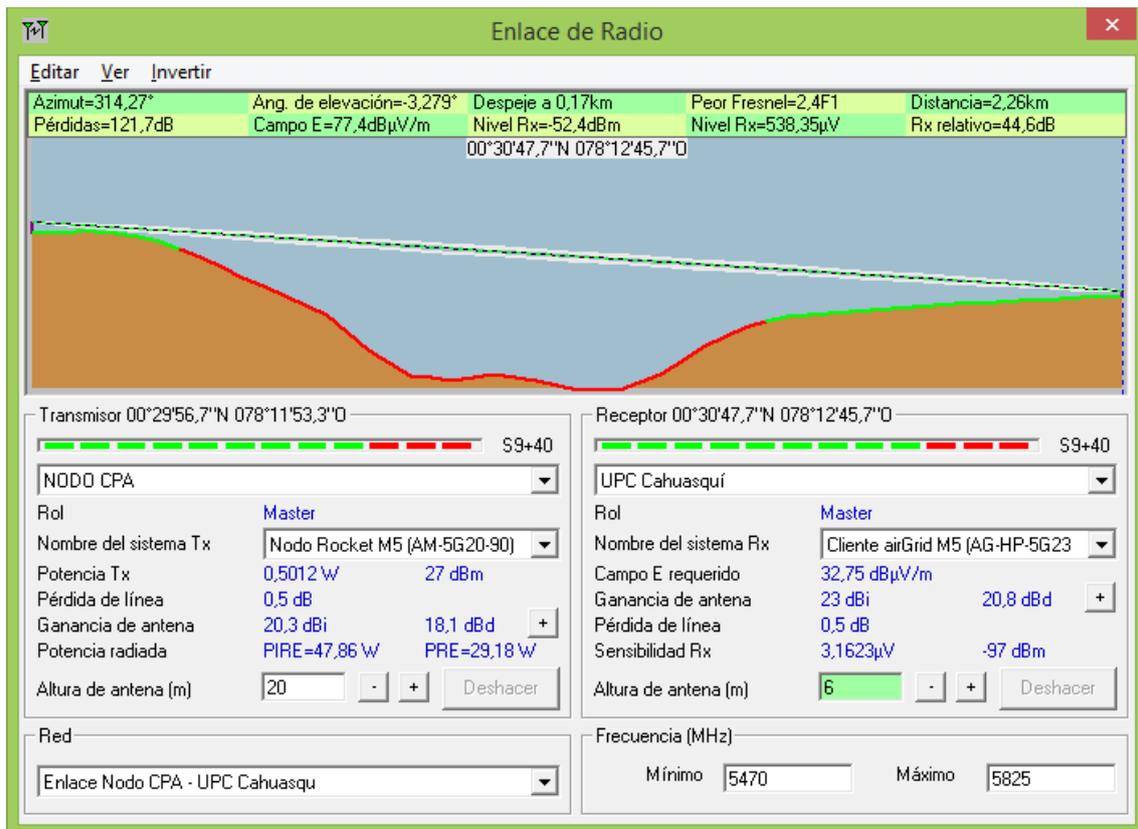


Figura 3.63: Simulación Enlace Nodo CPA - UPC Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.63 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,26 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 2,4 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -52,4 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 43,6 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Tenencia Política Tumbabiro**

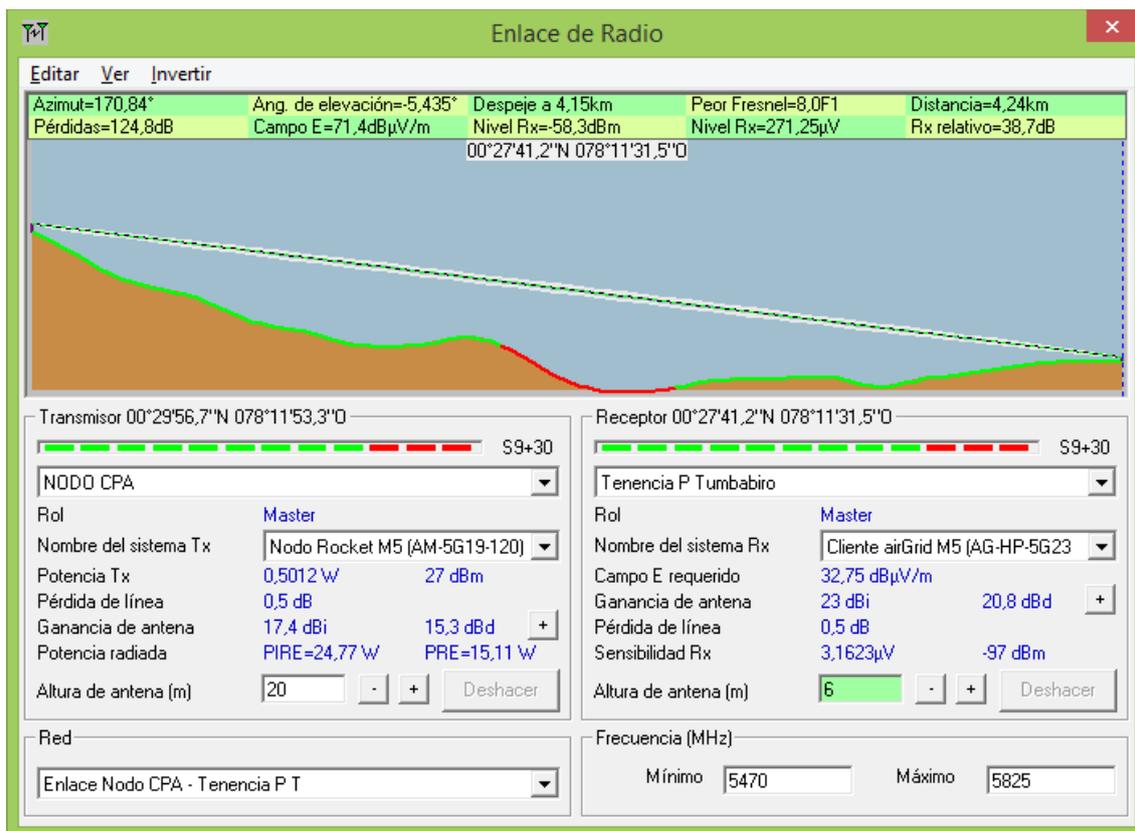


Figura 3.64: Simulación Enlace Nodo CPA - Tenencia Política Tumbabiro

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.64 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 4,24 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 8,0 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -58,3 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 37,7 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Tenencia Política Cahuasquí**

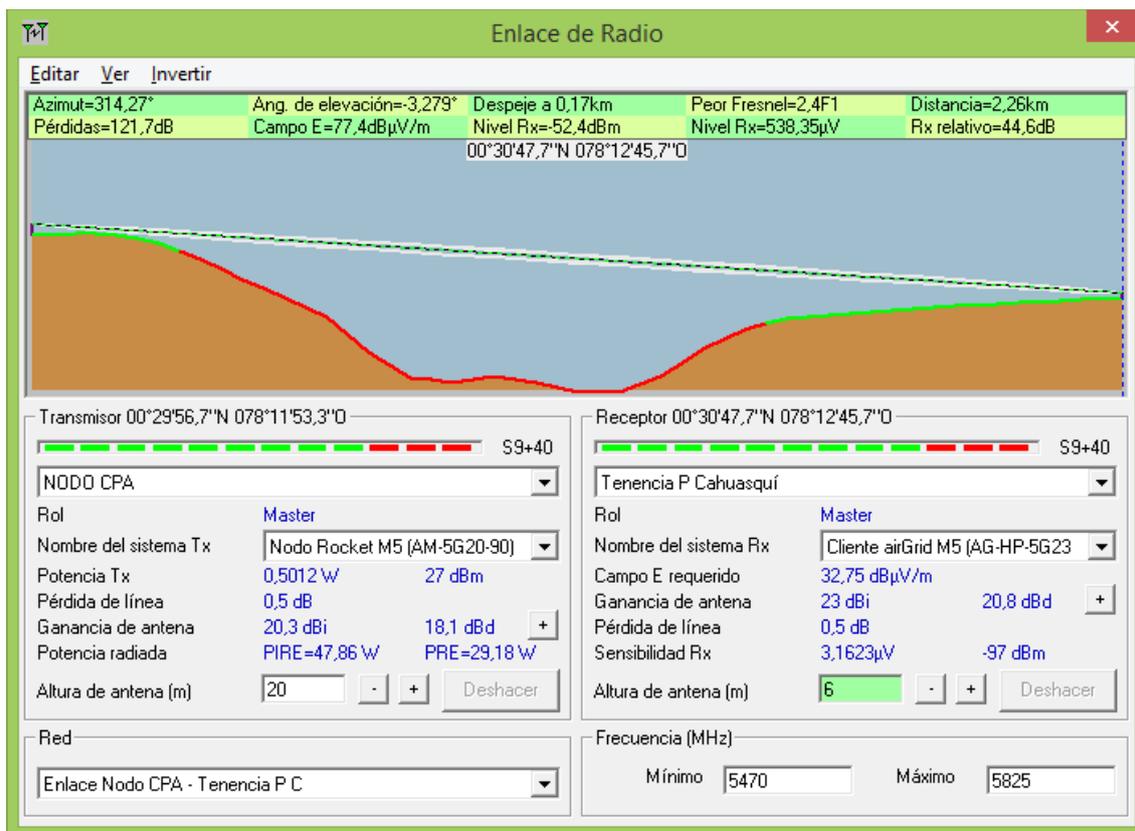


Figura 3.65: Simulación Enlace Nodo CPA - Tenencia Política Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.65 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,26 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 2,4 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -52,4 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 43,6 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Parque Tumbabiro**

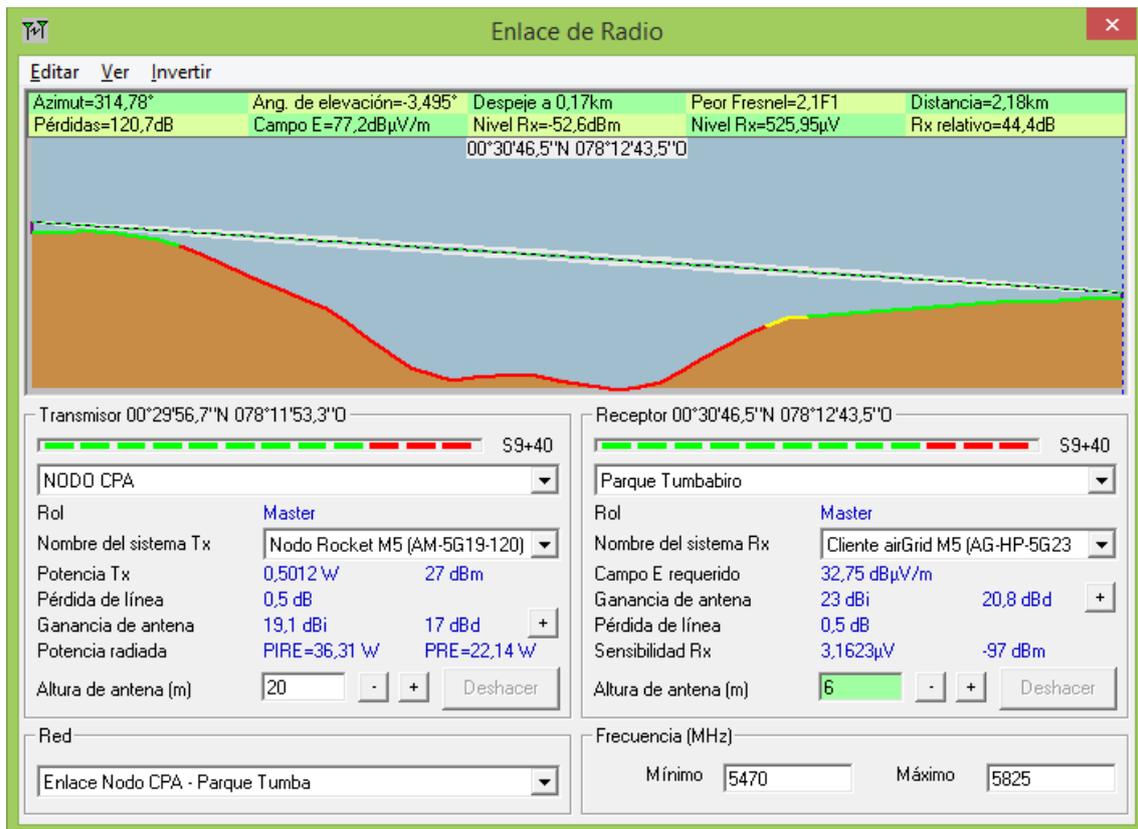


Figura 3.66: Simulación Enlace Nodo CPA - Parque Tumbabiro

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.66 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,18 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 2,1 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -52,6 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 43,4 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Parque Cahuasquí**

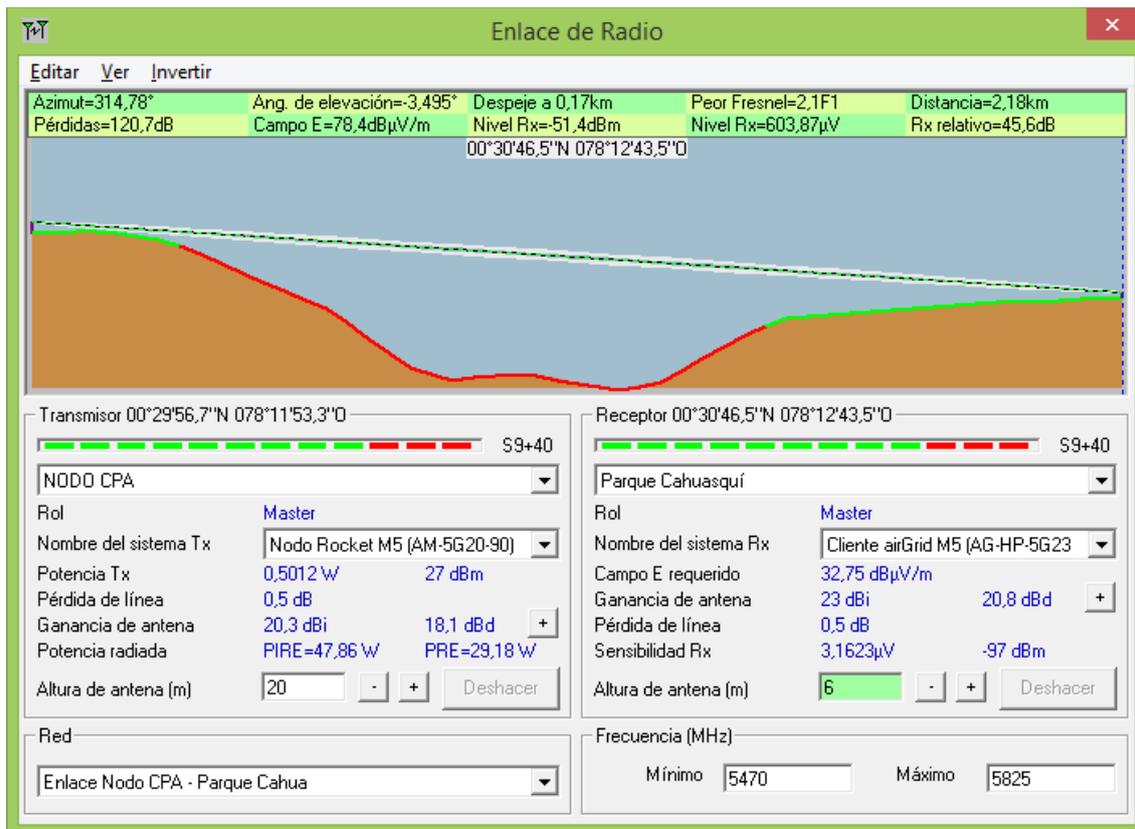


Figura 3.67: Simulación Enlace Nodo CPA - Parque Tumbabiro

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.67 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,18 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 2,1 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -51,4 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 44,6 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Plaza Pablo Arenas**

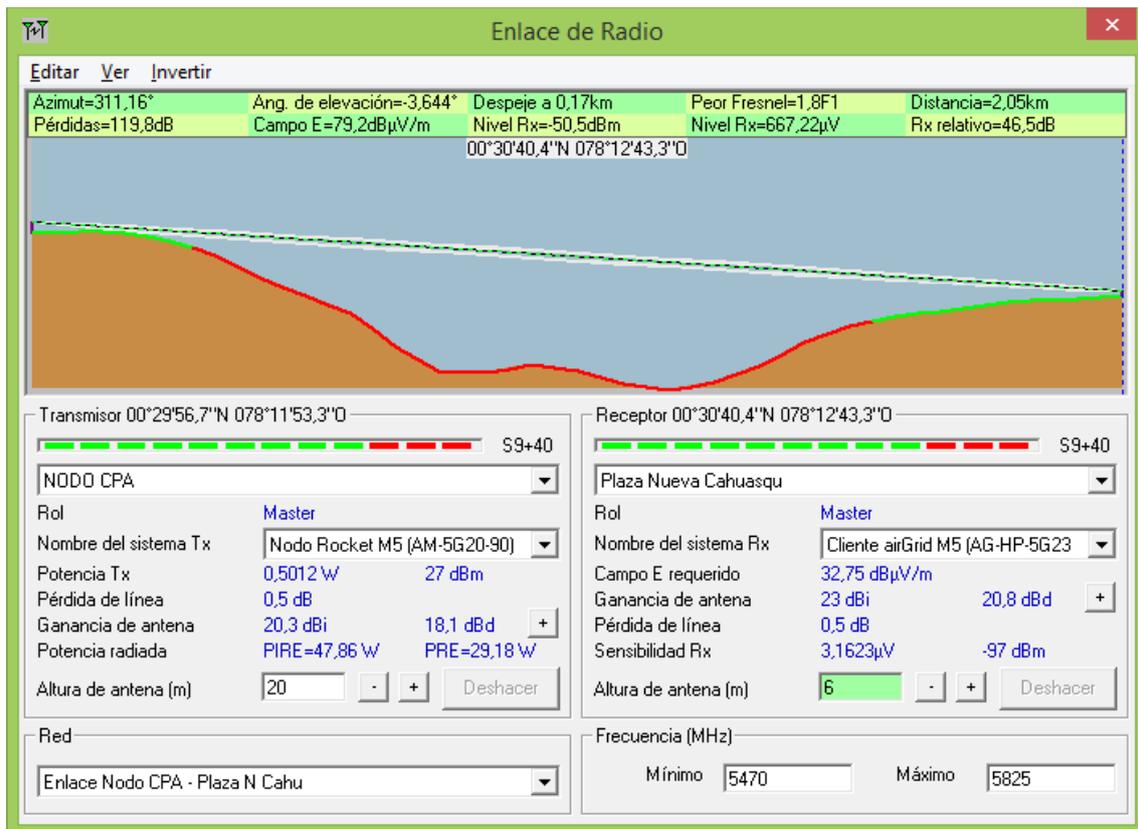


Figura 3.68: Simulación Enlace Nodo CPA - Plaza Nueva Cahuasqui

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.68 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,05 km.

La primera Zona de Fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 1,8 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -50,5 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 45,5 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

- **Cálculo de Enlace Nodo CPA – Plaza Nueva Cahuasquí**

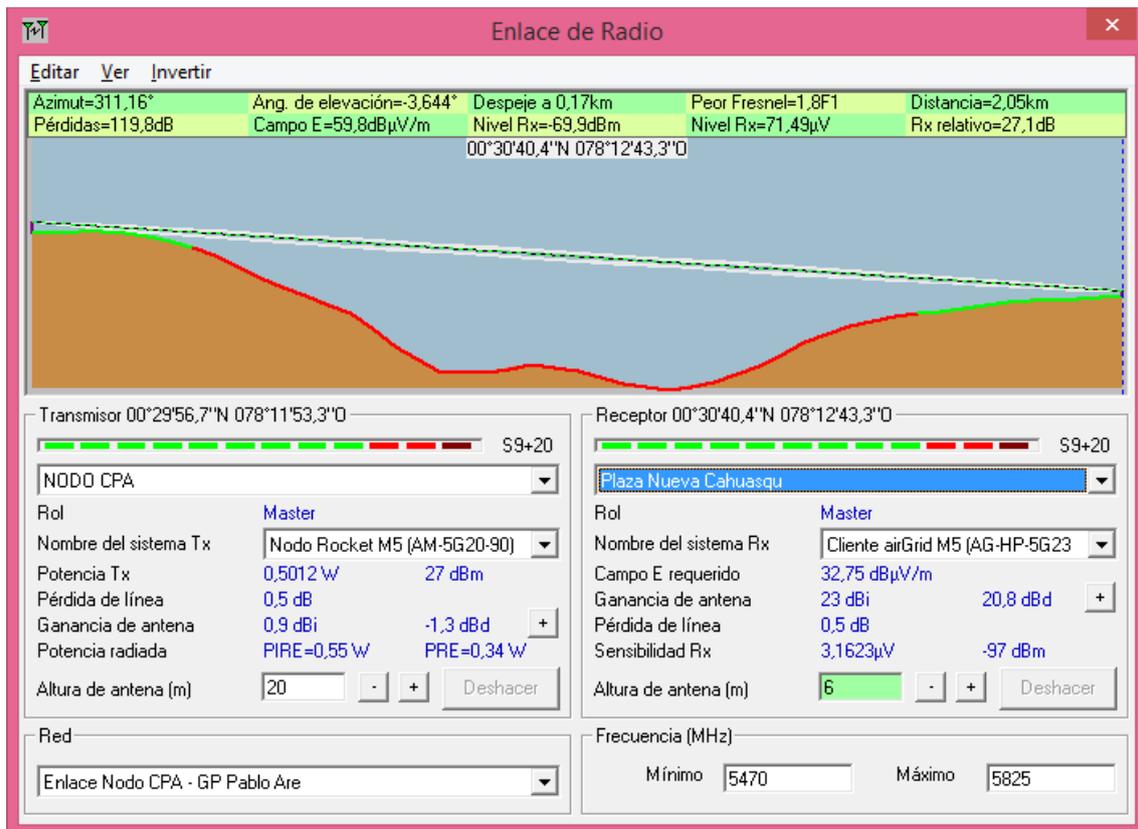


Figura 3.69: Simulación Enlace Nodo CPA - Plaza Nueva Cahuasquí

Fuente: Elaborado por el Autor.

### Análisis del Enlace:

El análisis del perfil topográfico como se muestra en la Figura 3.69 se puede observar una línea vista de color verde, lo cual indica un estado del enlace óptimo. La distancia entre los nodos es de 2,05 km.

La primera Zona de fresnel tiene que tener un mínimo de 0,6 F1 despejado, según los datos de la simulación se tiene el Peor Fresnel es de 1,8 F1, por lo que el enlace es viable.

El nivel de recepción del sistema es de -69,9 dBm y el valor de sensibilidad del receptor es -96 dBm, con estos datos se obtiene un margen del sistema, el cual debe ser mayor a 10 dB para asegurar un enlace estable, en este caso es 26,1 dB mostrándose un estado de enlace correcto y adecuado.

El análisis del enlace da como resultado que el radioenlace es óptimo, y en consecuencia viable.

Tabla 3.63: Resumen de la Simulación del Radio Enlace Red Troncal y Acceso

<b>Nro.</b>	<b>ENLACE</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>PRIMERA ZONA DE FRESNEL</b>	<b>NIVEL DE RECEPCIÓN</b>	<b>SENSIBILIDAD RX (dBm)</b>	<b>MARGEN</b>	<b>RESULTADO ENLACE (VIABLE/NO VIABLE)</b>
1	Nodo GADMU Nodo Loma San Eloy	0,96 km	9,3 F1	-48,8 dBm	-96 dBm	47,2 dB	Viable/Óptimo
2	Nodo LSE Nodo Cerro Pablo Arenas	9,18 km	5,6 F1	-86,5 dBm	-96 dBm	9,5 dB	Viable/Óptimo
3	Nodo LSE Unidad Educativa Urcuquí	0,90 km	6,5 F1	-45,2 dBm	-96 dBm	50,8 dB	Viable/Óptimo
4	Nodo LSE Junta Cantonal de Protección de Derechos	0,99 km	6,7 F1	-46,4 dBm	-96 dBm	49,6 dB	Viable/Óptimo
5	Nodo LSE Unidad Salud Urcuquí	0,99 km	6,4 F1	-46 dBm	-96 dBm	50 dB	Viable/Óptimo
6	Nodo LSE Escuela Fiscal Mixta Abdón Calderón	1,45 km	5,0 F1	-48,7 dBm	-96 dBm	47,3 dB	Viable/Óptimo
7	Nodo LSE Circuito Educativo Urcuquí	1,60 km	5,0 F1	-49,3 dBm	-96 dBm	46,7 dB	Viable/Óptimo
8	Nodo LSE Centro Educativo Básica Eloy Alfaro	3,15 km	5,1 F1	-56,7 dBm	-96 dBm	39,3 dB	Viable/Óptimo
9	Nodo LSE Gobierno Parroquial San Blas	2,42 km	5,1 F1	-54,6 dBm	-96 dBm	41,4 dB	Viable/Óptimo
10	Nodo LSE Unidad de Salud San Blas	2,98 km	3,2 F1	-55,8 dBm	-96 dBm	40,2 dB	Viable/Óptimo
11	Nodo LSE Parque San Blas	2,41 km	5,2 F1	-53,2 dBm	-96 dBm	42,8 dB	Viable/Óptimo
12	Nodo LSE UPC Urcuquí	1,05 km	6,2 F1	-46,9 dBm	-96 dBm	49,1 dB	Viable/Óptimo
13	Nodo LSE Patronato Municipal de Amparo Social Urcuquí	1,17 km	5,6 F1	-48,1 dBm	-96 dBm	47,9 dB	Viable/Óptimo
14	Nodo LSE Unidad de Mantenimiento	0,99 km	6,0 F1	-57 dBm	-96 dBm	39 dB	Viable/Óptimo
15	Nodo LSE Unidad de Desarrollo Social Eugenio Espejo	1,17 km	5,6 F1	-48,1 dBm	-96 dBm	47,9 dB	Viable/Óptimo
16	Nodo LSE Biblioteca Municipal	1,26 km	5,7 F1	-48,1 dBm	-96 dBm	47,9 dB	Viable/Óptimo
17	Nodo LSE Proyecto Adulto Mayor	1,17 km	5,6 F1	-48,1 dBm	-96 dBm	47,9 dB	Viable/Óptimo
18	Nodo LSE Plaza del Buen Vivir	1,30 km	5,4 F1	-48,5 dBm	-96 dBm	47,5 dB	Viable/Óptimo
19	Nodo LSE Plaza San Blas	2,98 km	3,2 F1	-55,8 dBm	-96 dBm	40,2 dB	Viable/Óptimo
20	Nodo CPA Escuela de Educación Básica Vicente Rocafuerte	4,26 km	8,3 F1	-55,4 dBm	-96 dBm	40,6 dB	Viable/Óptimo

<b>21</b>	Nodo CPA	Centro de Educación Inicial Pablo Arenas	0,67 km	13,3 F1	-42	dBm	-96	dBm	54	dB	Viable/Óptimo
<b>22</b>	Nodo CPA	Centro de Educación Básica Cinco de Junio	0,94 km	6,9 F1	-46	dBm	-96	dBm	50	dB	Viable/Óptimo
<b>23</b>	Nodo CPA	Unidad Educativa Cahuasquí	2,03 km	1,7 F1	-50,2	dBm	-96	dBm	45,8	dB	Viable/Óptimo
<b>24</b>	Nodo CPA	Gobierno Parroquial Tumbabiro	4,24 km	8,0 F1	-56,7	dBm	-96	dBm	39,3	dB	Viable/Óptimo
<b>25</b>	Nodo CPA	Gobierno Parroquial Pablo Arenas	0,52 km	6,9 F1	-39,9	dBm	-96	dBm	56,1	dB	Viable/Óptimo
<b>26</b>	Nodo CPA	Gobierno Parroquial Cahuasquí	2,32 km	2,6 F1	-51,7	dBm	-96	dBm	44,3	dB	Viable/Óptimo
<b>27</b>	Nodo CPA	Unidad de Salud Tumbabiro	4,25 km	8,1 F1	-54,4	dBm	-96	dBm	41,6	dB	Viable/Óptimo
<b>28</b>	Nodo CPA	Unidad de Salud Pablo Arenas	0,41 km	9,9 F1	-38,4	dBm	-96	dBm	57,6	dB	Viable/Óptimo
<b>29</b>	Nodo CPA	Unidad de Salud Cahuasquí	2,10 km	2,0 F1	-52,7	dBm	-96	dBm	43,3	dB	Viable/Óptimo
<b>30</b>	Nodo CPA	UPC Tumbabiro	4,24 km	8,0 F1	-56,7	dBm	-96	dBm	39,3	dB	Viable/Óptimo
<b>31</b>	Nodo CPA	UPC Pablo Arenas	0,52 km	6,9 F1	-39,9	dBm	-96	dBm	56,1	dB	Viable/Óptimo
<b>32</b>	Nodo CPA	UPC Cahuasquí	2,26 km	2,4 F1	-52,4	dBm	-96	dBm	43,6	dB	Viable/Óptimo
<b>33</b>	Nodo CPA	Tenencia Política Tumbabiro	4,24 km	8,0 F1	-58,3	dBm	-96	dBm	37,7	dB	Viable/Óptimo
<b>34</b>	Nodo CPA	Tenencia Política Cahuasquí	2,26 km	2,4 F1	-52,4	dBm	-96	dBm	43,6	dB	Viable/Óptimo
<b>35</b>	Nodo CPA	Parque Tumbabiro	2,18 km	2,1 F1	-52,6	dBm	-96	dBm	43,4	dB	Viable/Óptimo
<b>36</b>	Nodo CPA	Parque Cahuasquí	2,18 km	2,1 F1	-51,4	dBm	-96	dBm	44,6	dB	Viable/Óptimo
<b>37</b>	Nodo CPA	Plaza Pablo Arenas	2,05 km	1,8 F1	-50,5	dBm	-96	dBm	45,5	dB	Viable/Óptimo
<b>38</b>	Nodo CPA	Plaza Nueva Cahuasquí	2,05 km	1,8 F1	-69,9	dBm	-96	dBm	26,1	dB	Viable/Óptimo

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.7.5 Direccionamiento Lógico para la Propuesta

El proyecto se diseña para 36 estaciones clientes, los mismos que accederán a la red y los servicios de la misma. En consecuencia, se realiza el siguiente direccionamiento lógico para identificar a los clientes en la estructura de la red.

Para el nodo de gestión se contempla como una subred más para la parte de los equipos donde se realiza la Administración de la Red.

#### Datos de Red:

**Dirección IP:** 172.28.0.0

**Clase:** B (255.255.0.0)

**Mascara Subred:** 255.255.255.0

Se elige un Direccionamiento sin VLSM<sup>4</sup> por el crecimiento de cada subred.

*Tabla 3.64: Redes del Proyecto y Subred Asignada*

Nro.	REDES	PARROQUIA	SUBRED ASIGNADA
1	Administración	Urququí	172.28.100.0 /24
2	Unidad Educativa Urququí	Urququí	172.28.11.0 /24
3	Escuela Fiscal Mixta "Abdón Calderón"	Urququí	172.28.12.0 /24
4	Circuito Educativo Urququí (Ex Colegio Luis Felipe Borja)	Urququí	172.28.13.0 /24
5	Centro de Educación Básica "Eloy Alfaro"	San Blas	172.28.14.0 /24
6	Escuela de Educación Básica "Vicente Rocafuerte"	Tumbabiro	172.28.15.0 /24
7	Centro de Educación Inicial "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	172.28.16.0 /24
8	Centro de Educación Básica "Cinco de Junio"	Pablo Arenas	172.28.17.0 /24
9	Unidad Educativa "Cahuasquí"	Cahuasquí	172.28.18.0 /24
10	Gobierno Parroquial de "San Blas"	San Blas	172.28.19.0 /24
11	Gobierno Parroquial de "Tumbabiro"	Tumbabiro	172.28.20.0 /24
12	Gobierno Parroquial de "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	172.28.21.0 /24
13	Gobierno Parroquial de "Cahuasquí"	Cahuasquí	172.28.21.0 /24
14	Subcentro de Salud Urququí	Urququí	172.28.22.0 /24

<sup>4</sup> VLSM: Variable Length Subnet Mask

15	Unidad de Salud de San Blas	San Blas	172.28.23.0 /24
16	Unidad de Salud de Tumbabiro	Tumbabiro	172.28.24.0 /24
17	Unidad de Salud de Pablo Arenas	Pablo Arenas	172.28.25.0 /24
18	Unidad de Salud de Cahuasquí	Cahuasquí	172.28.26.0 /24
19	UPC Urcuquí	Urcuquí	172.28.27.0 /24
20	UPC Tumbabiro	Tumbabiro	172.28.28.0 /24
21	UPC Pablo Arenas	Pablo Arenas	172.28.29.0 /24
22	UPC Cahuasquí	Cahuasquí	172.28.30.0 /24
23	Junta Cantonal de Protección de Derechos	Urcuquí	172.28.31.0 /24
24	Patronato Municipal de Amparo Social de Urcuquí	Urcuquí	172.28.32.0 /24
25	Unidad de Desarrollo Social "Eugenio Espejo"	Urcuquí	172.28.33.0 /24
26	Proyecto Adulto Mayor	Urcuquí	172.28.33.0 /24
27	Biblioteca Municipal	Urcuquí	172.28.34.0 /24
28	Unidad de Mantenimiento	Urcuquí	172.28.35.0 /24
29	Tenencia Política Tumbabiro	Tumbabiro	172.28.36.0 /24
30	Tenencia Política Cahuasquí	Cahuasquí	172.28.37.0 /24
31	Parque Central "Urcuquí"	Urcuquí	172.28.38.0 /24
32	Parque "San Blas"	San Blas	172.28.39.0 /24
33	Parque "Tumbabiro"	Tumbabiro	172.28.40.0 /24
34	Parque "Cahuasquí"	Cahuasquí	172.28.41.0 /24
35	Plaza del Buen Vivir	Urcuquí	172.28.42.0 /24
36	Plaza San Blas	San Blas	172.28.43.0 /24
37	Plaza "Pablo Arenas"	Pablo Arenas	172.28.44.0 /24
38	Plaza Nueva Cahuasquí	Cahuasquí	172.28.45.0 /24

Fuente: Elaborado por el Autor.

Tabla 3.65: Esquema Direccionamiento IP General

Nro.	DIRECCIÓN DE SUBRED	PRIMER HOST UTILIZABLE	ÚLTIMA HOST UTILIZABLE	BROADCAST	MÁSCARA
1	172.28.100.0	172.28.100.1	172.28.100.254	172.28.100.255	255.255.255.0
2	172.28.11.0	172.28.11.1	172.28.11.254	172.28.11.255	255.255.255.0
3	172.28.12.0	172.28.12.1	172.28.12.254	172.28.12.255	255.255.255.0
4	172.28.13.0	172.28.13.1	172.28.13.254	172.28.13.255	255.255.255.0
5	172.28.14.0	172.28.14.1	172.28.14.254	172.28.14.255	255.255.255.0
6	172.28.15.0	172.28.15.1	172.28.15.254	172.28.15.255	255.255.255.0
7	172.28.16.0	172.28.16.1	172.28.16.254	172.28.16.255	255.255.255.0
8	172.28.17.0	172.28.17.1	172.28.17.254	172.28.17.255	255.255.255.0
7	172.28.18.0	172.28.18.1	172.28.18.254	172.28.18.255	255.255.255.0
10	172.28.19.0	172.28.19.1	172.28.19.254	172.28.19.255	255.255.255.0
11	172.28.20.0	172.28.20.1	172.28.20.254	172.28.20.255	255.255.255.0
12	172.28.21.0	172.28.21.1	172.28.21.254	172.28.21.255	255.255.255.0

<b>13</b>	172.28.21.0	172.28.21.1	172.28.21.254	172.28.21.255	255.255.255.0
<b>14</b>	172.28.22.0	172.28.22.1	172.28.22.254	172.28.22.255	255.255.255.0
<b>15</b>	172.28.23.0	172.28.23.1	172.28.23.254	172.28.23.255	255.255.255.0
<b>16</b>	172.28.24.0	172.28.24.1	172.28.24.254	172.28.24.255	255.255.255.0
<b>17</b>	172.28.25.0	172.28.25.1	172.28.25.254	172.28.25.255	255.255.255.0
<b>18</b>	172.28.26.0	172.28.26.1	172.28.26.254	172.28.26.255	255.255.255.0
<b>17</b>	172.28.27.0	172.28.27.1	172.28.27.254	172.28.27.255	255.255.255.0
<b>20</b>	172.28.28.0	172.28.28.1	172.28.28.254	172.28.28.255	255.255.255.0
<b>21</b>	172.28.29.0	172.28.29.1	172.28.29.254	172.28.29.255	255.255.255.0
<b>22</b>	172.28.30.0	172.28.30.1	172.28.30.254	172.28.30.255	255.255.255.0
<b>23</b>	172.28.31.0	172.28.31.1	172.28.31.254	172.28.31.255	255.255.255.0
<b>24</b>	172.28.32.0	172.28.32.1	172.28.32.254	172.28.32.255	255.255.255.0
<b>25</b>	172.28.33.0	172.28.33.1	172.28.33.254	172.28.33.255	255.255.255.0
<b>26</b>	172.28.33.0	172.28.33.1	172.28.33.254	172.28.33.255	255.255.255.0
<b>27</b>	172.28.34.0	172.28.34.1	172.28.34.254	172.28.34.255	255.255.255.0
<b>28</b>	172.28.35.0	172.28.35.1	172.28.35.254	172.28.35.255	255.255.255.0
<b>27</b>	172.28.36.0	172.28.36.1	172.28.36.254	172.28.36.255	255.255.255.0
<b>30</b>	172.28.37.0	172.28.37.1	172.28.37.254	172.28.37.255	255.255.255.0
<b>31</b>	172.28.38.0	172.28.38.1	172.28.38.254	172.28.38.255	255.255.255.0
<b>32</b>	172.28.39.0	172.28.39.1	172.28.39.254	172.28.39.255	255.255.255.0
<b>33</b>	172.28.40.0	172.28.40.1	172.28.40.254	172.28.40.255	255.255.255.0
<b>34</b>	172.28.41.0	172.28.41.1	172.28.41.254	172.28.41.255	255.255.255.0
<b>35</b>	172.28.42.0	172.28.42.1	172.28.42.254	172.28.42.255	255.255.255.0
<b>36</b>	172.28.43.0	172.28.43.1	172.28.43.254	172.28.43.255	255.255.255.0
<b>37</b>	172.28.44.0	172.28.44.1	172.28.44.254	172.28.44.255	255.255.255.0
<b>38</b>	172.28.45.0	172.28.45.1	172.28.45.254	172.28.45.255	255.255.255.0

Fuente: Elaborado por el Autor.

Para la identificación de los equipos en el diagrama de la topología general se procede a realizar la siguiente nomenclatura de los equipos en los clientes, estación base.

#### **NOMENCLATURA:**

**Nodos:**       Nodo GADMU = NGADMU

                  Nodo Loma San Eloy = NLSE

                  Nodo Cerro Pablo Arenas = NCPA

**Equipos:** Estación Cliente: EC- [#]  
 Estación Base: EB- [#]  
 Interface Ethernet: ETH  
 Interfaz inalámbrica: WLAN – [#]  
 Access Point: AP  
 Switch: SW

Tabla 3.66: Esquema de Direccionamiento IP

NODO	DISPOSITIVO DE RED	INTERFAZ	DIRECCIÓN IP	MÁSCARA DE SUBRED	GATEWAY POR DEFECTO
<b>NGADMU</b>	EB1	WLAN1	172.28.100.2	255.255.255.0	172.28.100.1
	EB2	WLAN1	172.28.100.3	255.255.255.0	172.28.100.1
<b>NLSE</b>	EB1	WLAN1	172.28.100.5	255.255.255.0	172.28.100.1
		WLAN2	172.28.100.6	255.255.255.0	172.28.100.1
	EB2	WLAN1	172.28.100.4	255.255.255.0	172.28.100.1
		WLAN2	172.28.100.7	255.255.255.0	172.28.100.1
<b>NCPA</b>	EB1	WLAN1	172.28.100.7	255.255.255.0	172.28.100.1
		WLAN2	172.28.100.10	255.255.255.0	172.28.100.1
<b>CLIENTE-2</b>	EC	WLAN1	172.28.100.13	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.2.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.2.2	255.255.255.0	172.28.2.1
<b>CLIENTE-3</b>	EC	WLAN1	172.28.100.2	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.3.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.3.2	255.255.255.0	172.28.3.1
<b>CLIENTE-4</b>	EC	WLAN1	172.28.100.17	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.4.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.4.2	255.255.255.0	172.28.4.1
<b>CLIENTE-5</b>	EC	WLAN1	172.28.100.18	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.5.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.5.2	255.255.255.0	172.28.5.1
<b>CLIENTE-6</b>	EC	WLAN1	172.28.100.27	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.6.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.6.2	255.255.255.0	172.28.6.1
<b>CLIENTE-7</b>	EC	WLAN1	172.28.100.30	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.7.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.7.2	255.255.255.0	172.28.7.1
<b>CLIENTE-8</b>	EC	WLAN1	172.28.100.31	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.8.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.8.2	255.255.255.0	172.28.8.1
<b>CLIENTE-7</b>	EC	WLAN1	172.28.100.32	255.255.255.0	172.28.100.1

		ETH1	172.28.7.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.7.2	255.255.255.0	172.28.7.1
<b>CLIENTE-10</b>	EC	WLAN1	172.28.100.17	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.10.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.10.2	255.255.255.0	172.28.10.1
<b>CLIENTE-11</b>	EC	WLAN1	172.28.100.33	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.11.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.11.2	255.255.255.0	172.28.11.1
<b>CLIENTE-12</b>	EC	WLAN1	172.28.100.34	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.12.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.12.2	255.255.255.0	172.28.12.1
<b>CLIENTE-13</b>	EC	WLAN1	172.28.100.35	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.13.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.13.2	255.255.255.0	172.28.13.1
<b>CLIENTE-14</b>	EC	WLAN1	172.28.10.12	255.255.255.0	172.28.10.1
		ETH1	172.28.14.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.14.2	255.255.255.0	172.28.14.1
<b>CLIENTE-15</b>	EC	WLAN1	172.28.100.20	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.15.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.15.2	255.255.255.0	172.28.15.1
<b>CLIENTE-2</b>	EC	WLAN1	172.28.100.37	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.2.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.2.2	255.255.255.0	172.28.2.1
<b>CLIENTE-17</b>	EC	WLAN1	172.28.100.38	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.17.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.17.2	255.255.255.0	172.28.17.1
<b>CLIENTE-18</b>	EC	WLAN1	172.28.100.37	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.18.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.18.2	255.255.255.0	172.28.18.1
<b>CLIENTE-17</b>	EC	WLAN1	172.28.100.22	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.17.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.17.2	255.255.255.0	172.28.17.1
<b>CLIENTE-20</b>	EC	WLAN1	172.28.100.42	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.20.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.20.2	255.255.255.0	172.28.20.1
<b>CLIENTE-21</b>	EC	WLAN1	172.28.100.43	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.21.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.21.2	255.255.255.0	172.28.21.1
<b>CLIENTE-22</b>	EC	WLAN1	172.28.100.41	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.22.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.22.2	255.255.255.0	172.28.22.1
<b>CLIENTE-23</b>	EC	WLAN1	172.28.10.11	255.255.255.0	172.28.10.1
		ETH1	172.28.23.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.23.2	255.255.255.0	172.28.23.1
<b>CLIENTE-24</b>	EC	WLAN1	172.28.100.23	255.255.255.0	172.28.100.1

		ETH1	172.28.24.1	255.255.255.0	N/A	
	SW	ETH1	172.28.24.2	255.255.255.0	172.28.24.1	
<b>CLIENTE-25</b>	EC	WLAN1	172.28.100.24	255.255.255.0	172.28.100.1	
		ETH1	172.28.25.1	255.255.255.0	N/A	
	SW	ETH1	172.28.25.2	255.255.255.0	172.28.25.1	
<b>CLIENTE-26</b>	EC	WLAN1	172.28.100.25	255.255.255.0	172.28.100.1	
		ETH1	172.28.26.1	255.255.255.0	N/A	
	SW	ETH1	172.28.26.2	255.255.255.0	172.28.26.1	
<b>CLIENTE-27</b>	EC	WLAN1	172.28.100.27	255.255.255.0	172.28.100.1	
		ETH1	172.28.27.1	255.255.255.0	N/A	
	SW	ETH1	172.28.27.2	255.255.255.0	172.28.27.1	
<b>CLIENTE-28</b>	EC	WLAN1	172.28.10.14	255.255.255.0	172.28.100.1	
		ETH1	172.28.28.1	255.255.255.0	N/A	
	SW	ETH1	172.28.28.2	255.255.255.0	172.28.28.1	
<b>CLIENTE-27</b>	EC	WLAN1	172.28.100.40	255.255.255.0	172.28.100.1	
		ETH1	172.28.27.1	255.255.255.0	N/A	
	SW	ETH1	172.28.27.2	255.255.255.0	172.28.27.1	
<b>CLIENTE-30</b>	EC	WLAN1	172.28.100.36	255.255.255.0	172.28.100.1	
		ETH1	172.28.30.1	255.255.255.0	N/A	
	SW	ETH1	172.28.30.2	255.255.255.0	172.28.30.1	
<b>CLIENTE-31</b>	EC	WLAN1	172.28.10.15	255.255.255.0	172.28.100.1	
		ETH1	172.28.31.1	255.255.255.0	N/A	
	<b>CLIENTE-32</b>	EC	WLAN1	172.28.100.21	255.255.255.0	172.28.100.1
ETH1			172.28.32.1	255.255.255.0	N/A	
SW		ETH1	172.28.32.2	255.255.255.0	172.28.32.1	
<b>CLIENTE-33</b>	AP	ETH1	172.28.32.3	255.255.255.0	172.28.32.1	
		EC	WLAN1	172.28.100.46	255.255.255.0	172.28.100.1
			ETH1	172.28.33.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.33.2	255.255.255.0	172.28.33.1	
<b>CLIENTE-34</b>	AP	ETH1	172.28.33.3	255.255.255.0	172.28.33.2	
		EC	WLAN1	172.28.100.47	255.255.255.0	172.28.100.1
			ETH1	172.28.34.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.34.2	255.255.255.0	172.28.34.1	
<b>CLIENTE-35</b>	AP	ETH1	172.28.34.3	255.255.255.0	172.28.34.1	
		EC	WLAN1	172.28.100.27	255.255.255.0	172.28.100.1
			ETH1	172.28.35.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.35.2	255.255.255.0	172.28.35.1	
<b>CLIENTE-36</b>	AP	ETH1	172.28.35.3	255.255.255.0	172.28.35.1	
		EC	WLAN1	172.28.100.28	255.255.255.0	172.28.100.1
			ETH1	172.28.36.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.36.2	255.255.255.0	172.28.36.1	
<b>CLIENTE-37</b>	AP	ETH1	172.28.36.3	255.255.255.0	172.28.36.1	
		EC	WLAN1	172.28.100.44	255.255.255.0	172.28.100.1
	SW		ETH1	172.28.37.1	255.255.255.0	N/A
		ETH1	172.28.37.2	255.255.255.0	172.28.37.1	

	AP	ETH1	172.28.37.3	255.255.255.0	172.28.37.1
<b>CLIENTE-38</b>	EC	WLAN1	172.28.100.45	255.255.255.0	172.28.100.1
		ETH1	172.28.38.1	255.255.255.0	N/A
	SW	ETH1	172.28.38.2	255.255.255.0	172.28.38.1
	AP	ETH1	172.28.38.3	255.255.255.0	172.28.38.1

Fuente: Elaborado por el Autor.

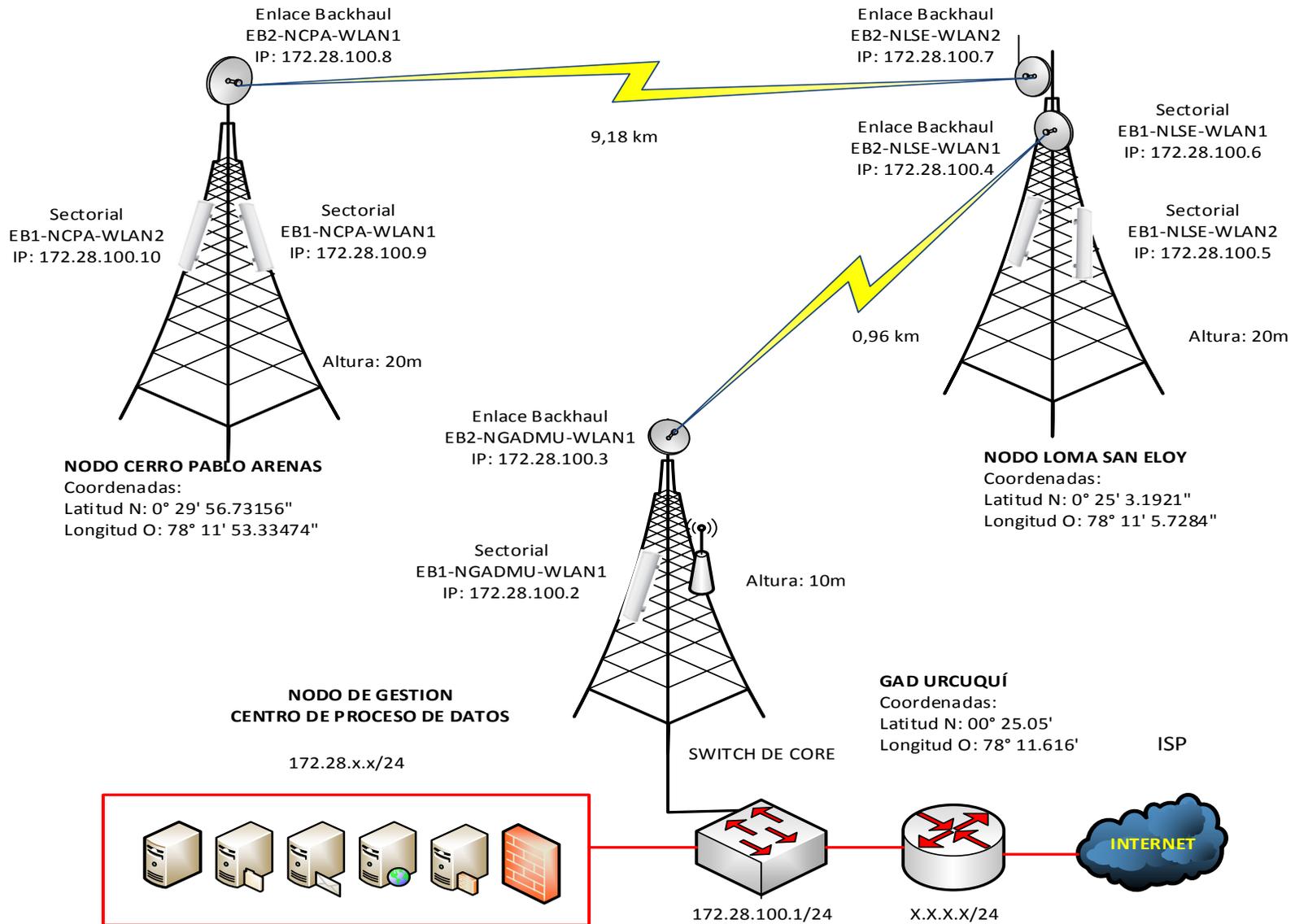


Figura 3.70: Direccionamiento Lógico - Red de Troncal  
Fuente: Elaborado por el Autor.

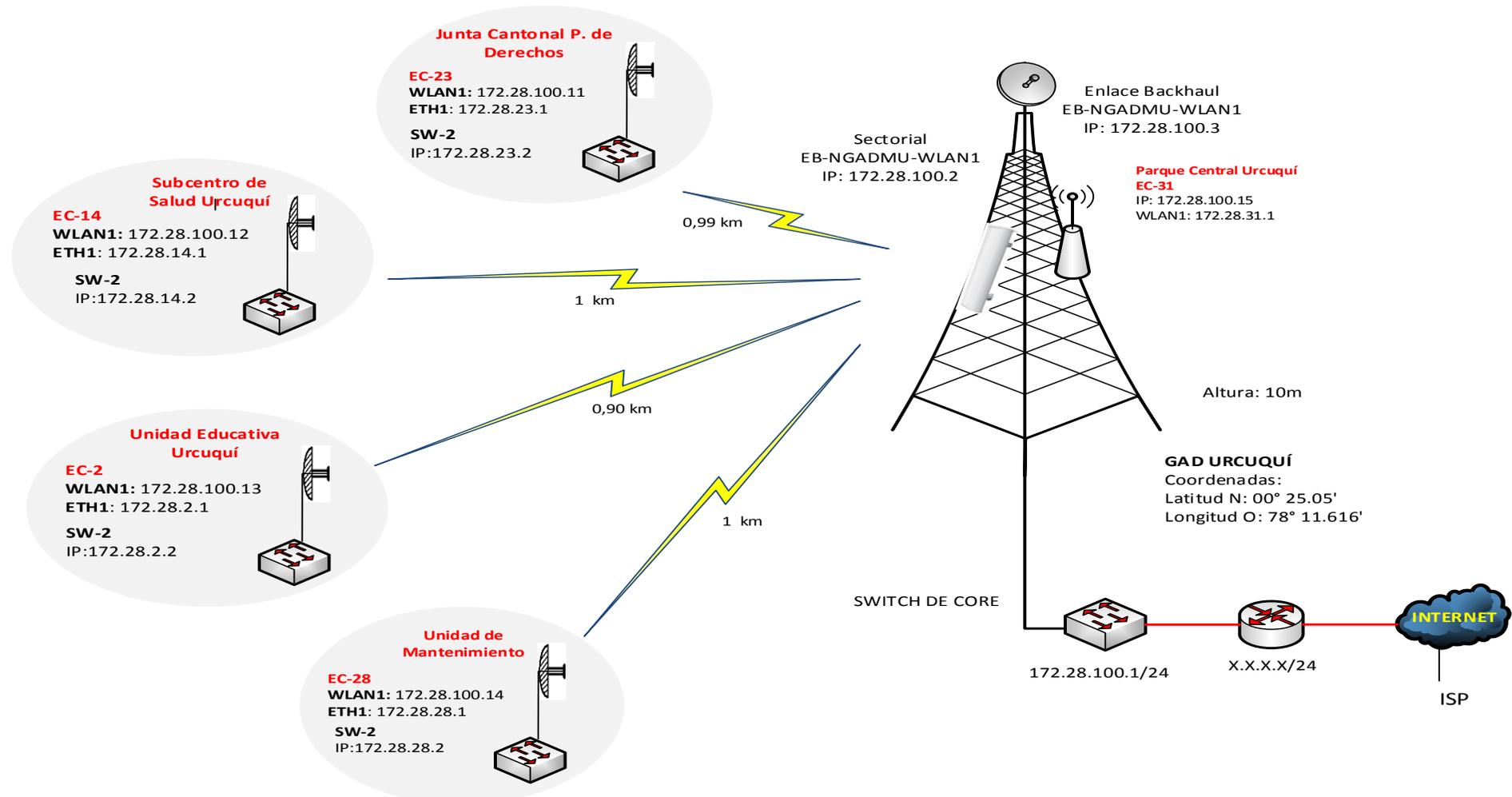


Figura 3.71: Diagrama de Topología Nodo GADMU y Direccionamiento Lógico  
Fuente: Elaborado por el Autor.

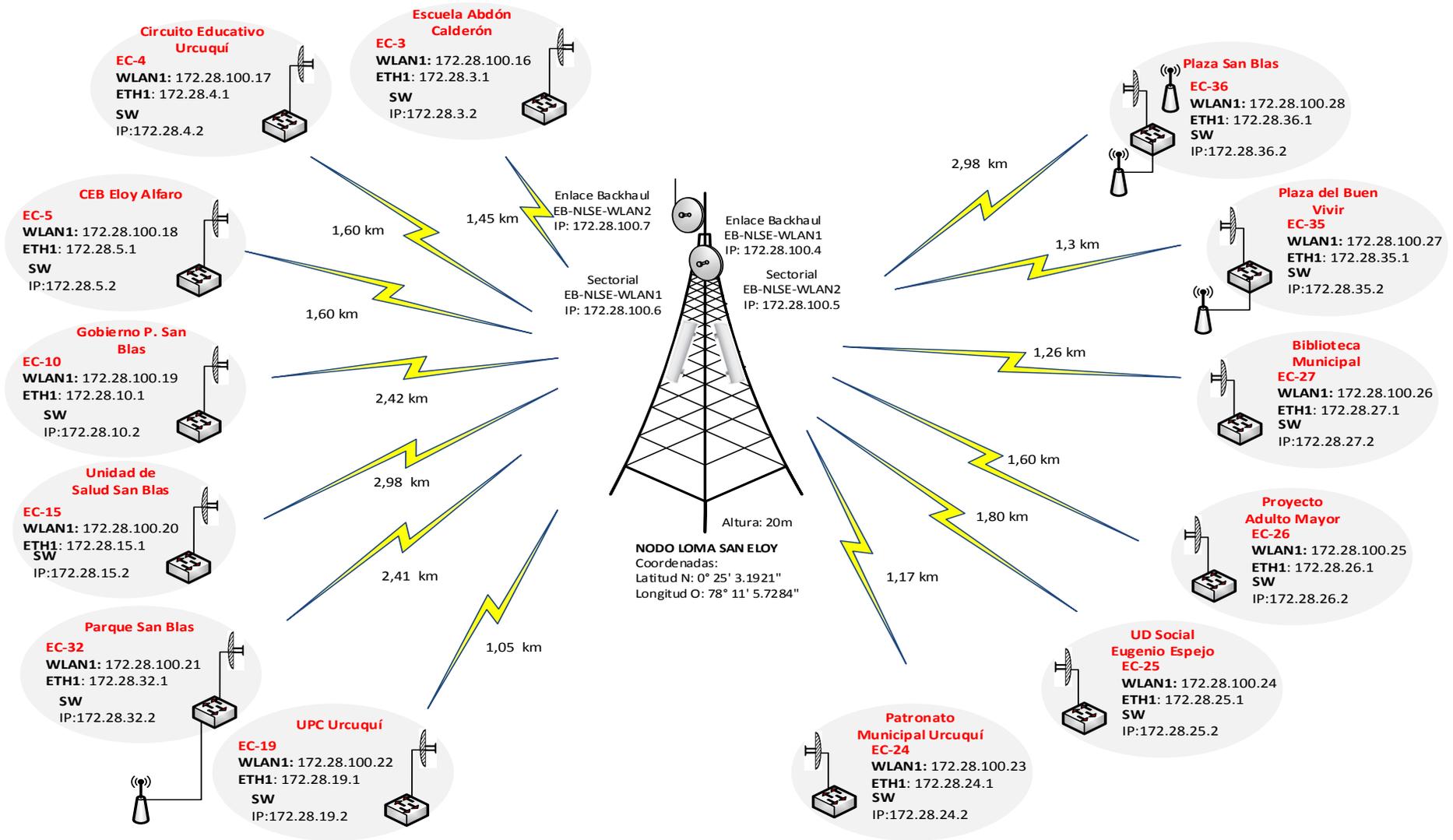


Figura 3.72: Diagrama de Topología Nodo Loma San Eloy y Direccionamiento IP  
 Fuente: Elaborado por el Autor.

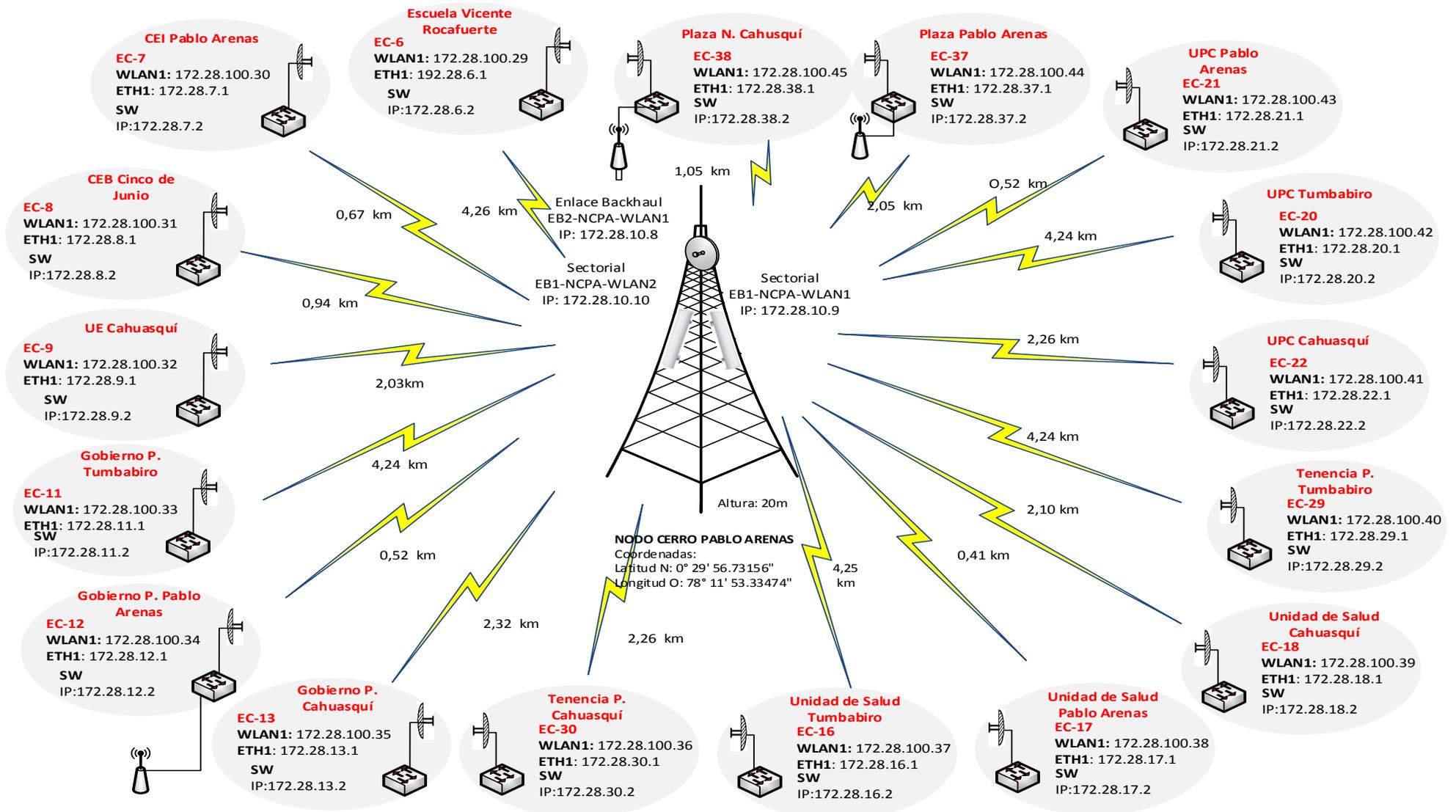


Figura 3.73: Diagrama de Topología Nodo Cerro Pablo Arenas y Direccinamiento IP  
Fuente: Elaborado por el Autor.

### **3.8 Administración y Gestión de la red**

La Administración y Gestión de lo realizará el Departamento de Tecnologías del GADMU, el cual será responsable del funcionamiento, mantenimiento y seguridad de la red, por lo cual se establecen políticas a nivel de administración, gestión y seguridad que sirvan como directrices para un funcionamiento adecuado de la red inalámbrica

#### **3.8.1 Políticas de Administración de la Red**

- La Administración de la Red estará al frente de una persona calificada, la cual deberá gestionar en el Centro de Procesos de Datos (GADMU) y la Red Inalámbrica y asegurar la conectividad hasta los usuarios.
- El Proveedor del Servicio de Internet asegura la conectividad, mantenimiento y reparación hasta el Nodo de Gestión.
- Se debe llevar una documentación de claves de acceso de las diferentes redes de los espacios públicos.
- El Administrador deberá tener un registro de cada estación cliente y de su documentación en lo que a su configuración técnica del enlace se refiere.

#### **3.8.2 Políticas de Seguridad**

Un Sistema de Tecnología de Información debe cumplir parámetros de seguridad para garantizar un servicio de telecomunicaciones adecuado. Para esto disponemos de los siguientes parámetros:

- Confidencialidad
- Integridad
- Disponibilidad

### **3.8.2.1 Confidencialidad**

El Administrador de la Red debe precautelar por la seguridad de los datos personales y la protección de la información que maneje el usuario de la red.

Para esto el Administrador debe poner en marcha un servidor proxy:

- Se debe configurar el sistema poniendo restricciones de acceso a los servidores.
- Se debe manejar un nombre de red y una contraseña robusta
- El usuario deberá autenticarse para tener acceso a la red y mediante la misma el Administrador podrá restringir el servicio solo a los recursos que mismo considere necesario.
- Para cumplir con lo anterior se deber trabajar con un Portal Cautivo con el que se podrá gestionar mejor la red y limitar el número de usuarios a la red.

### **3.8.2.2 Integridad**

El Administrador de la Red debe asegurar que los datos no han sido modificados para esto:

- Se deber hacer un filtrado de direcciones MAC esto en base a una lista negra o blanca de los dispositivos que debemos permitir el acceso o denegar el servicio.
- Se recomienda hacer una división de las redes con distintas funciones para gestionar de una mejor manera.
- Se recomienda segmentar las redes mediante VLAN con ello lograremos que el tráfico generado por los usuarios de las diferentes redes y no afecte a redes locales del GADMU.
- Para la seguridad del usuario se recomienda la encriptación de la señal WPA-PSK ya que es la más segura y no se recomienda WEP porque es un algoritmo sencillo de romper.

- Se recomienda utilizar WPA/WPA2 con 802.1x ya que es un mecanismo de seguridad más robusto.

### **3.8.2.3 Disponibilidad**

Para asegurar la disponibilidad del Servicio de Internet el Administrador de la Red debe manejar los siguientes indicadores:

- Porcentaje de Averías. (PDA)
- Porcentaje de disponibilidad del Servicio. (PDS)
- Porcentaje de Averías con tiempo de reparación no mayor a 8 horas. (PR8)
- Tiempo medio de Reparación de Averías. (TRA)

El Administrador debe procurar reducir al máximo el Porcentaje de Averías y estas no deben ser mayores a 8 horas desde que el usuario reporte la falla.

En los espacios públicos de deberá poner un límite de tiempo de conexión y con un máximo de 40 usuarios por red para que la red no se sature y alargar el tiempo de vida del equipo.

- La red troncal tiene que tener una alta disponibilidad para lo cual es necesario utilizar equipos de una alta estabilidad.
- La red de acceso tiene que tener una disponibilidad adecuado para lo cual se debe utilizar marcas que ofrezcan mayores garantías de funcionamiento estable.
- Se debe trabajar con un Portal Cautivo con el que se podrá gestionar mejor la red y limitar el número de usuarios a la red.

### **3.8.2.4 Política de Seguridad en el Nodo de Gestión**

El proyecto de red contempla una seguridad de red en cuanto al acceso de contenido web y con un filtrado de los puertos, está medida de seguridad es tomada para usuarios internos de la red como externos.

Para la administración del tráfico de internet son necesarias reglas de funcionamiento esto en base a restricciones de acceso desde la red externa hacia la interna desde las diferentes redes desplegadas en los espacios públicos y de las diferentes entidades que el proyecto da cobertura.

Para esto se establecen políticas de seguridad en el Nodo de Gestión:

- Restringir el acceso a la red interna en puertos no autorizados desde la red externa o internet.
- Restringir aplicaciones que saturen el ancho de banda de la red.
- Permitir la acción de puertos para la Administración de la Red no estén bloqueados.
- Limitar el acceso a páginas web clasificadas como perjudiciales para la sociedad en general.
- El Administrador deberá tomar las medidas necesarias en caso de infracción de políticas de seguridad por parte de usuarios de la red limitándoles el acceso.

### 3.8.2.5 Restricción de Acceso en el Servidor Proxy

En la Tabla 3.67 muestra el acceso restringido de contenido inadecuado y considerados dañinos para la sociedad en general.

*Tabla 3.67: Reglas de Acceso en Servidor Proxy*

<b>CONTENIDO</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Piratería</b>	Restringir Acceso	Contenido Inadecuado
<b>Adulto</b>	Restringir Acceso	Contenido Inadecuado
<b>Anuncios</b>	Restringir Acceso	Contenido Inadecuado
<b>Violencia</b>	Restringir Acceso	Contenido Inadecuado
<b>Entretenimiento</b>	Restringir Acceso	Contenido Inadecuado
<b>Drogas</b>	Restringir Acceso	Contenido Inadecuado
<b>Redes Sociales</b>	Restringir Acceso	Contenido Inadecuado
<b>Juegos Online</b>	Restringir Acceso	Contenido Inadecuado

Fuente: Elaborado por el Autor.

### ***3.8.2.6 Políticas del Uso de Redes en Espacios Públicos.***

Para cumplir con lo anterior el proyecto se basa en la “Norma que Regula el Uso de Redes Inalámbricas para Acceso a Internet en Espacios Públicos”, donde en su artículo cuatro dispone las siguientes políticas

1. El Servicio de Internet estará disponible las 24 horas, los 365 días del año, en los espacios públicos habilitados para tal fin.
2. La provisión del servicio de Internet debe ser de acceso libre y gratuito para los usuarios, sin claves de acceso y disponibles para cualquier persona a través de un dispositivo electrónico.
3. El servicio deberá garantizar la calidad y velocidad de conexión fluida, constante y sin intermitencias, debiendo cumplir con el ordenamiento jurídico aplicable.
4. Se deberán implementar controles de contenidos basados en Políticas de Acceso que incluyan el Acceso denegado a páginas web con contenidos para adultos y/o restringidos por su naturaleza fraudulenta.
5. Se deberán implementar los mecanismos necesarios que permitan precautelar la seguridad en las redes inalámbricas para acceso a Internet en espacios públicos.
6. Los usuarios están prohibidos de usar el acceso a Internet contra la seguridad del Estado, el orden público, la moral y las buenas costumbres. Así mismo no podrán utilizar el acceso a Internet para fines dolosos, criminales o de afectación a personas naturales o jurídicas, incluyendo la malintencionada, falsa o dolosa utilización del servicio provisto.
7. El servicio no deberá ser usado para solicitar, almacenar o usar información personal de los usuarios como números de identificación, nombres u otra información personal que ponga en evidencia la identidad del usuario.
8. Se deberán implementar Condiciones Generales de uso del servicio, de modo que los usuarios tengan conocimiento y acepten las mismas, previo a la utilización del mismo.
9. No se podrán realizar cobros de ningún tipo a los usuarios.

### ***3.8.2.7 Recomendaciones para el Sistema de Energía***

- Los equipos de telecomunicaciones serán alimentados por la red eléctrica con una tensión de 110/220 V y frecuencia de red 60 Hz.
- Todas las instalaciones poseerán una protección de acometida eléctrica con tacobreaker de 20 A para ordenadores y equipos de comunicaciones.
- En cada emplazamiento se necesita de un sistema de puesta a tierra basado en la norma ANSI/TIA/EIA-607.
- Se debe implementar pararrayos en los nodos principales para la protección de los equipos de telecomunicaciones.

### ***3.8.2.8 Recomendaciones para el Sistema de Protección Eléctrica***

En vista de que para las instalaciones eléctricas el rayo es el principal de los fenómenos eléctricos que causa daños en consecuencia:

- Se deberá implementar un sistema de prevención de descargas atmosféricas (pararrayos) para capturar las descargas atmosféricas.
- Se deberá implementar un sistema de puesta a tierra para derivar el rayo hacia tierra.
- Se debe disipar la energía a tierra para esto es necesario una resistencia del suelo adecuada.
- Se debe emplear protectores de línea para proteger los equipos contra los transitorios.

## 4 CAPÍTULO V ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

### 4.1 Introducción

En este capítulo se presenta y analiza la razón beneficio/costo de la propuesta para determinar la rentabilidad del mismo. Para este análisis como es un proyecto para el sector público se enfocará en los costos, beneficios y contrabeneficios, ya que “Los proyectos del sector público tienen como objetivo principal proveer servicios a la ciudadanía buscando el bienestar público y no las ganancias” (Blank & Tarquín, 2006).

### 4.2 Costos de Inversión de la Red Troncal y Acceso

Para realizar el análisis beneficio costo se necesita tener los datos del costo para desplegar la red por lo cual se determinan la inversión inicial para la implementación de la red.

#### 4.2.1 Costo de Equipamiento y Elementos de la Red Inalámbrica

Se empieza determinando el costo de los equipos de telecomunicaciones en base al estudio realizado en el capítulo 4, donde se determinó los nodos troncales y estaciones clientes, los mismos que permiten determinar el número de equipos que se necesitarán para la cobertura de la red.

Tabla 4.1: Costos de Equipos de Red Troncal y Acceso

EQUIPOS DE RED TRONCAL Y ACCESO				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Antena Dish Ubiquiti AIRMAX MIMO 2x2 31dBi 5GHZ Modelo: RD-5G31-AC	4	\$ 260.00	\$ 1,040.00
2	Antena Sectorial Ubiquiti Airmax Mimo 2x2 120º 21dBi 5ghz Modelo: AM-5G19-120	3	\$ 290.00	\$ 870.00
3	Antena Ubiquiti Airmax Mimo 2x2 Sectorial 90º 22dBi 5ghz Modelo: AM-5G20-90	2	\$ 175.00	\$ 350.00
4	Antena Grilla + AP AirGrid M5 Mimo 100mW 5.8 GHz 23 dBi Modelo: AG-HP-5G-23	36	\$ 145.00	\$ 5,220.00
5	Antena Ubiquiti AIRMAX MIMO 2x2 Omni 360º 10dBi 2,4GHZ Modelo: AMO-2G10	7	\$ 100.00	\$ 700.00

6	Rocket M2 2.4 GHz Hi Power 2x2 MIMO AirMax TDMA BaseStation	7	\$	160.00	\$ 1,120.00
7	Radio Base Airmax Ubiquiti Rocket 5ac 500mw 5.8ghz Mimo	16	\$	190.00	\$ 3,040.00
8	Servidor ML10HP Proliant	1	\$	665.00	\$ 665.00
9	ServidorIBM X3250M4	1	\$	2,321.00	\$ 2,321.00
10	Mikrotik Router Rb2011uas-in	1	\$	190.00	\$ 190.00
11	Switch Mikrotik RB2011iL-RM	12	\$	120.00	\$ 1,440.00
12	Beaucoup Rack de Pared 6UR	12	\$	1,200.00	\$ 14,400.00
13	Bandeja Estándar 19" Negro 2UR	12	\$	21.00	\$ 252.00
14	Rack Cerrado Piso Beaucoup 36 Ur	1	\$	616.00	\$ 616.00
15	Varios Cables y Conectores	1	\$	500.00	\$ 500.00
				<b>SUBTOTAL</b>	\$ 32,724.00
				<b>12% IVA</b>	\$ 3,926.88
				<b>TOTAL</b>	\$ 36,650.88

Fuente: Elaborado por el Autor.

Costos de cotizaciones de los equipos de telecomunicaciones Anexo G

#### 4.2.2 Costos Sistema Informático

Los costos del equipamiento informático que se va a dotar a las diferentes entidades del proyecto se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2: Costos Equipamiento Informático Entidades Públicas

EQUIPO INFORMÁTICO					
ÍTEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
1	Equipamiento Informático de las diferentes Entidades Públicas	60	\$ 700,00	\$ 42.000,00	
				<b>SUBTOTAL</b>	\$ 42.000,00
				<b>IVA 12%</b>	\$ 5.040,00
				<b>TOTAL</b>	\$ 47.040,00

Fuente: Elaborado por el Autor.

#### 4.2.3 Costos de Operación de Red

Para los costos de operación se toma en cuenta el costo del servicio de internet que será contratado para la red, en consecuencia, se hace uso del dato obtenido en el dimensionamiento de ancho de banda para red que es *171 Mbps*. Además, el cálculo se deberá hacer a 5 años. La contratación será con la empresa CNT, la misma que es la que actualmente provee del servicio de internet al GAD Municipal de Urcuquí.

Tabla 4.3: Costos de Operación de la Red

<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>				
<b>ÍTEMS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>1</b>	Plan Corporativo (Fibra Óptica) Compartición 1:1 y Simétrico 171 Mbps x 60 meses	60	\$ 180.00	\$ 10,800.00
<b>2</b>	Implementación de Clientes	36	\$ 240.00	\$ 8,640.00
<b>3</b>	Implementación Nodo Troncales	3	\$ 1,600.00	\$ 4,800.00
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 24,240.00
<b>IVA 12%</b>				\$ 2,908.80
<b>TOTAL</b>				\$ 27,148.80

Fuente: Elaborado por el Autor.

#### 4.2.4 Costos de Infraestructura

Para determinar los costos de la infraestructura se hace uso de las alturas de las torres establecidas en el diseño de red.

Tabla 4.4: Costos de Infraestructura

<b>COSTOS DE INFRAESTRUCTURA</b>				
<b>ÍTEMS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>1</b>	Torre Arriostrada (20 m)	2	\$ 2.200,00	\$ 4.400,00
<b>2</b>	Torre Arriostrada (10 m)	1	\$ 900,00	\$ 900,00
<b>3</b>	Mástil (6 m)	36	\$ 50,00	\$ 1.800,00
<b>4</b>	Armario metálico 1x1.5 m	3	\$ 500,00	\$ 1.500,00
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 8.600,00
<b>IVA 12%</b>				\$ 1.032,00
<b>TOTAL</b>				\$ 9.632,00

Fuente: Elaborado por el Autor.

#### 4.2.5 Costos de Protección Eléctrica

Para los diferentes emplazamientos de la red se necesita de un sistema de energía y protección eléctrica para lo cual la siguiente Tabla 4.5 se expone el tipo de sistema con sus respectivos costos.

Tabla 4.5: Costos de Protección Eléctrica

<b>COSTOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA</b>				
<b>ÍTEM S</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	System de Pararrayos	3	\$ 755.00	\$ 2,265.00
2	System de Puesta a Tierra para Nodos Troncales	3	\$ 255.00	\$ 765.00
3	System de Puesta a Tierra para Clientes	12	\$ 280.00	\$ 3,360.00
4	UPS 500va Regulador Voltaje 250w Forza Cdp 500 1000 Bateria	12	\$ 55.00	\$ 660.00
5	Ups Emerson Liebert Gxt3 1000 Va Energia Interrumpid Torre U	3	\$ 775.00	\$ 2,325.00
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 9,375.00
<b>IVA 12%</b>				\$ 1,125.00
<b>TOTAL</b>				\$ 10,500.00

Fuente: Elaborado por el Autor.

#### 4.2.6 Costo Total para la Propuesta

El Costo Total para la Propuesta resulta de la suma de todos los costos anteriormente calculados como son: Costos de Equipos de Red Troncal y Acceso, Costos de Equipo Informático, Costos de Operación, Costos de Infraestructura, Costos de Protección Eléctrica y además un costo adicional para gastos de imprevisto, a continuación, se presenta en la Tabla 4.6 lo expuesto:

Tabla 4.6: Costo Total del Proyecto

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		
<b>Nro.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
1	Costos Equipo de Red Troncal y Acceso	\$ 36,650.88
2	Costos Equipo Informático	\$ 47,040.00
3	Costos de Operación	\$ 17,472.00
4	Costos de Infraestructura	\$ 9,632.00
5	Costos Protección Eléctrica	\$ 10,500.00
6	Costos Varios de Improviso	\$ 4,000.00
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$ 125,294.88</b>

Fuente: Elaborado por el Autor.

El valor total del presupuesto para el despliegue de la red es de \$125 294.88 (CIENTO VEINTICINCO MIL DOS CIENTOS NOVENTA Y CUATRO CON OCHENTA Y OCHO CENTAVOS)

### 4.3 Análisis Costo - Beneficio del Proyecto

La razón costo/beneficio es un cálculo financiero para determinar la viabilidad en proyectos del sector público. Una vez realizado el cálculo de costos y beneficios los mismos deben convertirse en unidad monetaria (VP, VA, VF). La razón B/C se determina de siguiente manera (Blank & Tarquín, 2016):

$$C/B = \frac{VP\_de\_beneficios}{VP\_de\_costos} = \frac{VA\_de\_beneficios}{VA\_de\_costos} = \frac{VF\_de\_beneficios}{VF\_de\_costos}$$

*Ecuación 4.1: Razón Costo - Beneficio*

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

Para determinar si un proyecto es viable se basa en la directriz de decisión como se indica a continuación:

- a) Si  $C/B > 1$ , se determina que el proyecto es económicamente aceptable
- b) Si  $C/B < 1$ , se determina que el proyecto no es económicamente aceptable.

Para el análisis económico se considera los costos, beneficios y contrabeneficios de la siguiente manera:

**Costos:** estimación de gastos en la construcción, operación y mantenimiento del proyecto

**Beneficios:** ventajas que experimentará el propietario, el público.

**Contrabeneficios:** Los contrabeneficios pueden consistir en desventajas económicas indirectas de la alternativa.

- **Calculo Costo Beneficio**

Para el cálculo C/B primero se realiza un Costo de Inversión de la propuesta, y luego se determina un Beneficio(ahorro) de Familias por Parroquia en el Servicio de Internet.

- **Costo de Inversión**

Para el Costo de Inversión del Proyecto se calcula un Costo de Equipo de Red Troncal y Acceso, Un Costo de Equipo Informático, Un Costo de Operación, Un Costo de Infraestructura, Un Costo Protección Eléctrica y se contempla un Costos Varios Imprevisto como se muestra en la Tabla 4.7.

*Tabla 4.7: Costo de Inversión del Proyecto*

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		
<b>Nro.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
<b>1</b>	Costos Equipo de Red Troncal y Acceso	\$ 36,650.88
<b>2</b>	Costos Equipo Informático	\$ 47,040.00
<b>3</b>	Costos de Operación	\$ 17,472.00
<b>4</b>	Costos de Infraestructura	\$ 9,632.00
<b>5</b>	Costos Protección Eléctrica	\$ 10,500.00
<b>6</b>	Costos Varios de Imprevisto	\$ 4,000.00
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$ 125,294.88</b>

Fuente: Elaborado por el Autor.

- **Cálculo de Beneficios de Familias por Parroquia en el Servicio de Internet**

Para el cálculo del beneficio que experimentara la población de Urcuquí se toma el Total de Hogares por Parroquia y se define un costo que las familias presupuestan para hacerse del Servicio de Internet como se muestra en la Tabla 4.8. Para el cálculo se elige un Costo de Internet de 18 dólares, el mismo que se estima optarían los hogares del Cantón por ser el valor más económico dentro de los Proveedores de Internet, en caso de contratar con una Empresa Privada. Para el cálculo se tiene que el Acceso a Internet de la población de Urcuquí es del 36% de acuerdo a los indicadores del INEC.

*Tabla 4.8: Gasto de Familias por Parroquia en el Servicio de Internet al Año*

<b>Nombre de la Parroquia</b>	<b>Total de personas</b>	<b>Total de hogares</b>	<b>Promedio de personas por hogar</b>	<b>Acceso a Internet 36%</b>	<b>Gasto de Internet</b>	<b>Proyecto por Año/Meses</b>	<b>Gasto por Año</b>
<b>URCUQUÍ</b>	6,521	1,685	3.87	606.60	\$ 18.00	12	\$ 131,025.60
<b>CAHUASQUÍ</b>	1,813	517	3.51	186.12	\$ 18.00	12	\$ 40,201.92

<b>LA MERCED DE BUENOS AIRES</b>	1,893	452	4.19	162.72	\$	18.00	12	\$	35,147.52
<b>PABLO ARENAS</b>	2,110	537	3.93	193.32	\$	18.00	12	\$	41,757.12
<b>SAN BLAS</b>	3,015	831	3.63	299.16	\$	18.00	12	\$	64,618.56
<b>TUMBABIRO</b>	1,624	448	3.63	161.28	\$	18.00	12	\$	34,836.48
								<b>Total</b>	<b>\$ 347,587.20</b>

Fuente: Elaborado por el Autor.

Del cálculo Costo/Beneficio se puede observar el Beneficio (Ahorro) para la población del Cantón Urcuquí es de 347 587.20 dólares con una Inversión Inicial de 125 294.88 dólares como se muestra en la Tabla 4.10.

Tabla 4.9: Razón Costo Beneficio

<b>Costo de Inversión Inicial</b>	<b>\$ 125,294.88</b>
<b>Costo de Operación</b>	<b>\$ 17,472.00</b>
<b>Costo de Mantenimiento</b>	<b>\$ 5,000.00</b>
<b>Total de Costos</b>	<b>\$ 147,766.88</b>
<b>Beneficio (Ahorro)</b>	<b>\$ 347,587.20</b>

Fuente: Elaborado por el Autor.

Para el cálculo costo/beneficio se aplica la Ecuación 4.1 y se utiliza los datos de la Tabla 4.10:

$$C/B = \frac{V\_de\_beneficios(ahorro)}{V\_de\_costos(gasto)}$$

$$C/B = \frac{347587.20}{147766.88}$$

$$C/B = 2.35$$

Luego del cálculo se determina un valor de C/B de 2.35 positivo, después de un análisis del resultado bajo los criterios anteriormente expuestos se determina que el proyecto es viable.

#### **4.4 Beneficios del despliegue de la red**

El proyecto de red tiene un impacto positivo ya que el mismo acerca a la información que es la base del conocimiento, esto mediante Tecnologías de la Información y de las Comunicación (TICs). La información ha pasado a ser un bien económico el mismo que es un generador de calidad de vida. En consecuencia, el poder acceder a los servicios de telecomunicaciones afecta de manera directa a los habitantes y por ende a la parte productiva del cantón y del país.

En referencia a lo anterior, el proyecto de red inalámbrica contempla entidades y espacios públicos por lo que se tiene beneficiarios directos e indirectos, ya que los servicios de red afectan y envuelve de manera positiva a la población del cantón Urcuquí, entre los usuarios directos se tiene 3979 estudiantes y docentes; y de una manera indirecta a 16976 habitantes del cantón Urcuquí.

## 5 CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- En el estudio del entorno geográfico, social y tecnológico del cantón Urcuquí se determina que el acceso a internet es bajo y por ende existe una necesidad de crear proyectos para disminuir la brecha digital y enmarcarse en una sociedad de la información y del conocimiento.
- En el estudio de las tecnologías inalámbricas se concluye que la tecnología Wi-Fi para larga distancia basada en el estándar IEEE 802.11ac-2014 es la más robusta para el despliegue de la cobertura de la red con una velocidad teórica y real 1.3 Gbps y 500 Mbps respectivamente; y posee bandas de trabajo a 5 GHz que se las utilizan de acuerdo al requerimiento de la propuesta.
- Para la propuesta de red se determinó un ancho de banda 171 Mbps, para la misma se estableció parámetros de ancho de banda de las aplicaciones de internet y un dimensionamiento del volumen de usuarios bajo un factor de simultaneidad del 20%;
- Para el diseño de La Red Troncal se determinó la ubicación de los nodos en los puntos geográficos más altos de la Parroquia Urcuquí y Pablo Arenas; y el Nodo de Gestión se ubicó en el GADMU donde se instalarán los equipos de telecomunicaciones de la propuesta.
- Para la cobertura del proyecto la Red de Distribución se diseñó para 36 estaciones cliente, las mismas poseen una línea de vista óptima de acuerdo a las simulaciones en Radio Mobile.
- En el análisis del Presupuesto de Potencia de cada radio enlace arrojó un resultado óptimo/viable, donde se obtuvo un margen del sistema promedio de 50 dB, siendo el mínimo y aceptable de 10 dB.

- En el estudio del Marco Regulatorio de las Telecomunicaciones se determina que las redes de acceso universal de internet con la tecnología Wi-Fi de largo alcance se sustenta en la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital del Banda Ancha (Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010) y esta a su vez en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones publicada el 18 febrero de 2015 en Ecuador.
- El costo/beneficio (C/B) del proyecto tendrá un impacto positivo en la población de Urcuquí, la misma que experimentará una reducción de la brecha digital y un mejoramiento de la calidad de vida de la población y en consecuencia se verá reflejada en la competitividad y productividad del cantón Urcuquí.
- El proyecto de red se enmarca con los objetivos del Plan Nacional del Desarrollo 2017-2021 “Toda una Vida”, objetivo 1: Igualdad de Oportunidades, objetivo 4: Consolidar el sistema económico y social, objetivo 5: Impulsar la productividad y competitividad; en el Libro Blanco de la Sociedad de la Información y del Conocimiento 2018 donde se promueve el fortalecimiento de la Infraestructura, Conectividad, Inclusión y Habilidades Digitales, Economía Digital, Seguridad de Información y Gobierno Electrónico para reducir la brecha digital y social de las poblaciones menos favorecidas; y en la Constitución de la República del Ecuador 2008.
- El proyecto en el cantón San Miguel de Urcuquí beneficiará a los usuarios de: 4 Gobiernos Parroquiales, 8 Instituciones Educativas, 5 Unidades de Salud, 4 Unidades de Policía Comunitaria, 8 Entidades Públicas, 7 Espacios Públicos; y de manera general a 16976 habitantes del cantón Urcuquí.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda para la implementación de los nodos troncales acoger los puntos geográficos de la propuesta ya que son los más altos del cantón Urcuquí para tener una mejor línea de vista hacia los usuarios.
- Se recomienda para la Red Troncal, Distribución y Acceso que los equipos de telecomunicaciones se dispongan de acuerdo al Diagrama de la Red Troncal y Acceso para una mejor gestión de la Red y que los mismos trabajen bajo el estándar IEEE 802.11ac ya que es la tecnología más robusta en la actualidad.
- Se recomienda distribuir el ancho de banda a las estaciones clientes de acuerdo al estudio de la propuesta para que el consumo de ancho de banda sea estable.
- Se recomienda seguir las directrices de la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha para no ser sancionado por las Entidades de Regulación del Sector de Telecomunicaciones.
- Se recomienda contemplar un Costo de Mantenimiento de la red para que la misma se mantenga operativa y tener un plan divulgación y concientización de uso de la red Inalámbrica y sus beneficios a la población del Cantón Urcuquí en caso de implementarse.
- Se recomienda en la implementación de los equipos de telecomunicaciones asegurar las líneas de vista desde los usuarios hacia la ubicación de los nodos establecidos para la red troncal haciendo uso de las herramientas que nos proporciona los radios.
- Se recomienda implementar un sistema de prevención de descargas atmosféricas en los nodos principales para derivar las misma hacia tierra, tener un generador de energía para los equipos de telecomunicaciones en el Nodo de Gestión para asegurar el funcionamiento durante cortes de energía y en las estaciones cliente

tengan una protección de acometida eléctrica mediante tacos braker con un mínimo de 20 A para ordenadores y equipos de telecomunicaciones.

- Se recomienda manejar radios que manejen potencia de transmisión no mayor a un 1 W y que están reguladas por entidades en el Sector de las Telecomunicaciones.
- Se recomienda aplicar políticas de seguridad en el Nodo de Gestión para restringir el acceso a la red Interna del GADMU, limitar el acceso a páginas web clasificadas como perjudiciales y limitar aplicaciones que saturen el ancho de banda de la red.
- Se recomienda para la Red Troncal, Distribución y Acceso manejar equipos con una alta estabilidad y de la misma marca para no tener problemas de incompatibilidad de tecnologías y en los sitios públicos configurar los radios con un máximo de 40 usuarios para que la red trabaje adecuadamente y los radios no se saturen; y así alargar la vida de los mismos.
- Se recomienda al Administrador de la Red propuesta procurar reducir al máximo el porcentaje de averías y que estas no sean mayores a 8 horas desde que el usuario reporte la falla para tener un índice de disponibilidad de la red aceptable.
- Se recomienda al Administrador llevar una documentación de claves de acceso de los diferentes equipos dispuestos en los espacios públicos, un registro de las estaciones clientes y de su configuración técnica del enlace.

## 6 GLOSARIO

**2**

2.5G

Hace alusión a la evolución tecnológica móvil siendo la letra g de generación., 27

**8**

802.1D

Es un estándar de IEEE para bridges MAC, que incluye bridgin (técnica de reenvío de paquetes que usan los switches)., 52

**A**

ASK

Amplitude Shift Keying, 38

**E**

EDCA

Enhanced distributed channel access., 51, 52

ETSI

European Telecommunications Standards Institute. Organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones de Europa., 22, 25, 26

**F**

FCC

Federal Communications Commission. Es el organismo que supervisa el espectro en Estados Unidos, permitió el uso de este espectro para aplicaciones de comunicaciones, siempre que la potencia de transmisión se mantuviera en un nivel muy bajo para minimizar las interferencias., 19, 21, 22, 30

FSK

Frecuency Shift Keying, 38

<b>G</b>
----------

**GSM**

Global System for Mobile

Communication. Es un sistema global para comunicaciones móviles, 27

55, 56, 58, 59, 77, 80, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 232

**IEEE 802.11**

El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura o modelo OSI (capa física y capa de enlace de datos), especificando las normas de funcionamiento de una red de área local inalámbrica (WLAN)., 9, 22, 25, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 40, 42, 44, 45, 47, 51, 55, 56, 58

<b>H</b>
----------

**HCF**

Hybrid Coordination Function.

Función de Coordinación Híbrida., 51, 52

<b>I</b>
----------

**ICM**

Industria, Ciencia y Medicina, 77

**IEEE**

Institute of Electrical and Electronics

Engineers. Es una asociación mundial de técnicos e ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas., i, iv, vi, ix, x, xii, 2, 7, 9, 19, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 42, 44, 45, 47, 51, 52, 53,

**ISM**

Industrial, Scientific and Medical.

Son bandas de frecuencias para uso comercial y sin licencia., 19, 21, 24, 25, 30

<b>L</b>
----------

**LAN**

Local Area Network, 9, 22, 25, 29, 31, 50, 53, 59

<b>LI</b>
-----------

LLC

Logical Link Control. Subcapa LLC para el control lógico de enlace., 28, 29

<b>L</b>
----------

*LMDS*

Local Multipoint Distribution Service. Es un Sistema de Distribución Local Multipunto con tecnología inalámbrica., 26, 27

<b>M</b>
----------

MAC

Medium Access Control. Subcapa MAC para el control de acceso al medio., 25, 28, 29, 30, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 44, 51, 52, 57

*MMDS*

Microwave Multipoint Distribution Service.- Es una tecnología con un sistema de distribución multipuntos de microondas., 27

<b>O</b>
----------

OFDMA

Orthogonal Frequency-Division Multiple Access. Es un sistema que permite compartir el espectro de un canal, esto se logra dividiendo el canal en un conjunto de subportadoras., 26

OSI

Open System Interconnection.- Es el modelo de interconexión de sistemas abiertos fue creado por la Organización Internacional para la Estandarización(ISO, por sus acrónimo del inglés), 28, 35

<b>P</b>
----------

PCF

Point coordination function. Este servicio está disponible sólo en el modo infraestructura, donde las estaciones se conectan a la red mediante un punto de acceso (AP)., 43, 46, 47, 52, 53

PSK

Phase Shift Keying, 37, 38

## Q

QAM

Quadrature Amplitude Modulation,  
32, 35, 37, 38, 147, 149, 151, 153

QoS

Quality of Service. Es el rendimiento promedio de una red, haciendo referencia al rendimiento visto por los usuarios., 26, 51, 52, 53, 89

## T

TDD

Time-division duplexing. Es un sistema que mantiene una comunicación bidireccional de forma simultánea., 26, 147, 149, 151, 153

TDMA

Time division multiple access. Es un método de acceso al canal para redes de medio compartido, permite que un canal de frecuencia de una señal se divida en

diferentes ranuras de tiempo., 30, 225

## U

UTM

Sistema de Coordenadas Universal  
Transversal de Mercator, 110, 111, 112, 113, 114, 125, 126, 127, 128, 129

UTMS

Universal Mobile  
Telecommunication System.  
Sistema universal de telecomunicaciones móviles., 27

## V

VLANs

Virtual Local Area Network, 90

## W

WiLD

Wifi Long Distance. Es una tecnología de redes inalámbricas de área metropolitana., ix, x, 4, 7, 29, 77

<p>WILD</p> <p>Wi-Fi Long Distance, 75</p> <p>WiMax</p> <p>siglas de Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas), es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,5 a 5,8 GHz y puede tener una cobertura hasta de 70 km., 9, 26</p> <p>WLAN</p> <p>Wireless Local Area Network.</p> <p>Acrónimo de red inalámbrica de área local en inglés., 23, 24, 56, 57, 210</p> <p>WMAN</p> <p>Wireless Metropolitan Area Network.</p> <p>Acrónimo de red inalámbrica de</p>	<p>área metropolitana en inglés., 23, 25</p> <p>WMM</p> <p>Wi-Fi Multimedia. Está certificado por Wi-Fi Alliance y este se basa en el estándar IEEE 802.11e, estando presente en el 802.11n (Wireless de clase N). Esto proporciona calidad de servicio (QoS) a la transmisión de datos y a las diferentes aplicaciones multimedia., 51, 53</p> <p>WPAN</p> <p>Wireless Personal Area Network.</p> <p>Acrónimo de red inalámbrica de área personal en inglés., 23, 24</p> <p>WWAN</p> <p>Wireless Wide Area Network.</p> <p>Acrónimo de red inalámbrica de área extenso en inglés., 23, 27</p>
---	--

## 7 REFERENCIAS

- Albentia. (2015). *PRO-SU-1150-20 SP*. Obtenido de [www.albentia.com/Docs/DS/ALB-D074-PROsp\\_A1-SU-1150-20.pdf](http://www.albentia.com/Docs/DS/ALB-D074-PROsp_A1-SU-1150-20.pdf)
- Albentia. (2015). *PRO-SU-150-23*. Obtenido de [www.albentia.com/Docs/DS/ALB-D072-PROsp\\_A1-SU-150-23.pdf](http://www.albentia.com/Docs/DS/ALB-D072-PROsp_A1-SU-150-23.pdf)
- Albentia. (2015). *SOLUCIONES INALÁMBRICAS PARA OPERADORES*. Obtenido de [www.albentia.com/.../ALB-B003-AXSsp\\_A6-Catalogo\\_de\\_producto\\_ARBA\\_Access](http://www.albentia.com/.../ALB-B003-AXSsp_A6-Catalogo_de_producto_ARBA_Access)
- Álvarez, J. (22 de 11 de 2007). *Criterios de diseño de las infraestructuras de transmisión y comunicaciones*. Obtenido de Red IRIS: <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/52/enfoque3.html>
- Andreu, F., Pellejero, I., & Lesta, A. (20 de Noviembre de 2015). *Estándares de Capa Física y de enlace*. Barcelona: Macombo.
- Asamblea Nacional. (2015). *Ley Orgánica de Telecomunicaciones*. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- Bernal, I. (2005). *Comunicaciones Inalámbricas*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Bernal, I. (2005). *Comunicaciones Inalámbricas*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Bernal, I. (2015). *IEEE.11 MAC Comunicaciones Inalámbricas*. Quito, Ecuador: EPN.

- Bernal, I. (17 de 7 de 2018). *Estándar 802.11*. (EPN, Ed.) Obtenido de <Http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/Oct06Marzo07/ComInalam/ClasesNuevas/802.11ParteII.pdf>
- Blank, L., & Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica*. México: Mc Graw Hill.
- Blank, L., & Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica*. México, México: Mc Graw Hill.
- Buettrich, S. (Octubre de 2007). *Calculo de RadioEnlace*. Obtenido de [http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_presentacion\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_presentacion_v02.pdf)
- Carpenter, T. (2008). *Certified Wireless Network Administrator* (Cuarta ed.). (J. Barreth, Ed.) Estados Unidos de América: McGraw-Hill.
- Carpenter, T. (2017). *IEEE 802.11 In Depth CWNA* (Cuarta ed.). New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Clanar Internacional. (2009). *Internet y Redes Inalámbricas*. Arequipa, Perú: Clanar Internacional. Obtenido de [http://www.clanar-internacional.com.pe/libro/Internet\\_y\\_Redес\\_Inalambricas.pdf](http://www.clanar-internacional.com.pe/libro/Internet_y_Redес_Inalambricas.pdf)
- Coleman, D., Westcott, D., Harkins, B., & Jackman, S. (2015). *Certified Wireless Security Professional CWSP*. New York, Estados Unidos: Sybex.
- ComputerHoy. (10 de 7 de 2018). *WiFi 802.11ac*. Obtenido de <https://computerhoy.com/noticias/internet/que-es-wifi-80211ac-que-hace-tan-rapido-8789>
- CONATEL. (2015). *Resolución TEL-001-01-CONATEL-2015*. ARCOTEL. Quito: CONATEL. Obtenido de [http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/001-TEL-01-CONATEL-2015\\_GE.pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/001-TEL-01-CONATEL-2015_GE.pdf)
- Consejo Nacional de Telecomunicaciones. (2011). *RESOLUCIÓN TEL-534-14-CONATEL-2011*. Santiago de Guayaquil.

- Cordero, X. (2007). *Estudio y propuesta de reestructuración del ámbito regulatorio relacionado con redes y servicios de telecomunicaciones en el Ecuador*. Quito: EPN. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/527>
- Diseño de Encuestas*. (8 de Septiembre de 2014). Obtenido de Universidad Córdoba: [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09\\_13\\_21\\_sesion\\_6.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09_13_21_sesion_6.pdf)
- EsLaRed. (2015). *Radio Mobile*. Obtenido de [www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/08-Radio\\_Mobile-es-v1.2.pdf](http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/08-Radio_Mobile-es-v1.2.pdf)
- FD. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. (E. A. González, Ed.) Ibarra, Ecuador: FD.
- Función Ejecutiva. (2009). *Decreto Ejecutivo No. 8*. Quito. Obtenido de <http://www.advicom.ec/userFiles/files/DECRETO%20EJECUTIVO%20No%208%20FUSION%20CONARTEL%20AL%20CONATEL.pdf>
- GAD Municipal de San Miguel de Urucuquí. (2014). *Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Urucuquí*. Obtenido de Ubicación Geográfica: <http://www.municipiourcuqui.gob.ec/munurcuqui/index.php/2014-08-15-16-40-26/ubicacion-geografica>
- GAD Municipal de Urucuquí. (2018). *PDOT Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial San Miguel de Urucuquí*. Urucuquí: GADMU. Obtenido de <http://gisimbabura.gob.ec/geositio/index.php/download/pdot-urcuqui/?wpdmdl=4092>
- González, F. (2014). *Sistema de Cableado Estructurado*. Quito: FIE-EPN. Obtenido de [http://www.fie-epn.net/examen\\_complexivo/Pregrado/Redes/SISTEMAS%20DE%20CABLEADO%20ESTRUCTURADO.pdf](http://www.fie-epn.net/examen_complexivo/Pregrado/Redes/SISTEMAS%20DE%20CABLEADO%20ESTRUCTURADO.pdf)

- HPE. (2015). *HP ProLiant ML10 Server*. Obtenido de <https://www.hpe.com/h20195/v2/getpdf.aspx/c04111408.pdf>
- IBM. (2015). *IBM System x3250 M4*. Obtenido de [www.onlinecomputer.com.co/articulos/.../IBM\\_System\\_x3250\\_M4\\_-\\_Catalogo.pdf](http://www.onlinecomputer.com.co/articulos/.../IBM_System_x3250_M4_-_Catalogo.pdf)
- IEEE. (25 de Julio de 2018). *Estandares IEEE*. Obtenido de <https://standards.ieee.org/products-services/ieee-get-program.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2016). Acceso al Internet. *Ecuador en Cifras*, 7. Obtenido de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/TIC/2016/122016\\_Tabulado%20TICS.xls](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/122016_Tabulado%20TICS.xls)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2016). Tecnologías de la Información y Comunicaciones TIC's. *Ecuador en Cifras*, 7. Obtenido de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion\\_Tics\\_2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf)
- La comisión de legislación y codificación. (2005). *CÓDIGO DE TRABAJO*. Quito: Lexis.
- Martínez Matínez, E. (8 de 5 de 2014). *Diseño de una red*. Obtenido de EVELIUX: <http://www.eveliux.com/mx/curso/disee-una-red.html>
- Mikrotik. (2015). *RB2011iL-RM*. Obtenido de <https://routerboard.com/RB2011iL-RM>
- MikroTik. (2015). *RouterBOARD 2011U*. Obtenido de [i.mt.lv/routerboard/files/rb2011U-qg.pdf](http://i.mt.lv/routerboard/files/rb2011U-qg.pdf)
- MikroTik. (2015). *RouterBOARD SXT 2nD r2*. MikroTik. Obtenido de [www.mikrotik.com.ua/download/RBSXT-lite2qsg.pdf](http://www.mikrotik.com.ua/download/RBSXT-lite2qsg.pdf)
- MikroTik. (2015). *RouterBOARD SXT 5HPnD*. Obtenido de [i.mt.lv/routerboard/files/SXT-5HPnD-qg.pdf](http://i.mt.lv/routerboard/files/SXT-5HPnD-qg.pdf)

- Millán Esteller, J. M. (2014). *Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos*. Madrid: Paraninfo.
- MINTEL. (2014). *Libro Blanco de Territorios Digitales en Ecuador*. Quito, Ecuador: Mintel. Obtenido de [www.observatoriotic.mintel.gob.ec/.../Libro-Blanco-Territorio-Digital](http://www.observatoriotic.mintel.gob.ec/.../Libro-Blanco-Territorio-Digital)
- MINTEL. (2015). *Ley Orgánica de Telecomunicaciones*. Quito. Obtenido de [www.telecomunicaciones.gob.ec/wp.../Ley-Organica-de-Telecomunicaciones.pdf](http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp.../Ley-Organica-de-Telecomunicaciones.pdf)
- Molero, L. (17 de 8 de 2014). *Diseño de redes*. Obtenido de Diseño de redes de área local y documentacin: [http://es.slideshare.net/sandycrc/6-diseo-de-redes-de-rea-local-y-documentacin?next\\_slideshow=1](http://es.slideshare.net/sandycrc/6-diseo-de-redes-de-rea-local-y-documentacin?next_slideshow=1)
- Planet3 Wireless. (2002). *Certified Wireless Network Administrator*. Estados Unidos: Planet3 Wireless. doi:0-9716057-2-6
- Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada*. (1995). Quito: SUPERTEL. Obtenido de [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.supertel.gob.ec%2Fpdf%2Fleyes\\_reglamentos%2Freglamento\\_ley\\_especial\\_telecomunicacion.es.doc&ei=p\\_NQVN6WLSmNve6gpAE&usg=AFQjCNG7K\\_2b6cEzOnr](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.supertel.gob.ec%2Fpdf%2Fleyes_reglamentos%2Freglamento_ley_especial_telecomunicacion.es.doc&ei=p_NQVN6WLSmNve6gpAE&usg=AFQjCNG7K_2b6cEzOnr)
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2010). *Informe Sistema Nacional de Información Cifras cantón Urcuquí*. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/1006\\_SAN%20MIGUEL%20DE%20URCUQUI\\_IMBABURA.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/1006_SAN%20MIGUEL%20DE%20URCUQUI_IMBABURA.pdf)
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional Buen Vivir 2013-2017* (Primera ed.). Quito, Ecuador. Recuperado el 5 de Julio de 2014, de

<http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>

Simó, F. (19 de Julio de 2018). *Los Estándares de la familia IEEE 802.11*. Obtenido de

[http://oa.upm.es/1039/1/FRANCISCO\\_JAVIER\\_SIMO\\_REIGADAS.pdf](http://oa.upm.es/1039/1/FRANCISCO_JAVIER_SIMO_REIGADAS.pdf)

Superintendencia de Telecomunicaciones. (Agosto de 2007). Evolución de las Telecomunicaciones en Ecuador. *Compendio histórico de las telecomunicaciones en Ecuador, I*, 9-10.

Superintendencia de Telecomunicaciones. (24 de Julio de 2018). Evolución de las Telecomunicaciones en Ecuador. *Publicaciones Institucionales I*, 9-10. Obtenido

de [http://www.imaginar.org/docs/historia\\_telecomunicaciones.pdf](http://www.imaginar.org/docs/historia_telecomunicaciones.pdf)

TELECO. (20 de Julio de 2018). *Estándar IEEE 802 para Redes*. Obtenido de

[http://www.teleco.com.br/es/es\\_ieee802.asp](http://www.teleco.com.br/es/es_ieee802.asp)

Tribunal Constitucional del Ecuador. (2008). *Registro Oficial Constitución de la República de Ecuador 2008*. Quito, Ecuador. Obtenido de

[https://www.corteconstitucional.gob.ec/images/stories/PDF\\_LOTAIP/Constitucion2008.pdf](https://www.corteconstitucional.gob.ec/images/stories/PDF_LOTAIP/Constitucion2008.pdf)

Ubiquiti. (16 de 8 de 2018). *airMax Sector*. Obtenido de

<https://www.ui.com/airmax/airmax-sector-antenna/>

Ubiquiti Networks. (2015). *airGrid M HP Datasheet*. Obtenido de

[https://dl.ubnt.com/datasheets/airgridm/airGrid\\_HP.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/airgridm/airGrid_HP.pdf)

Ubiquiti Networks. (2015). *Rocket M Data Sheet*. Obtenido de

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

Ubiquiti Networks. (s.f.). *Rocket Dish*. Obtenido de

[dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd\\_ds\\_web.pdf](dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd_ds_web.pdf)

- Ubiquiti Networks. (2015). *Antenas Sectoriales AirMAX*. Obtenido de [dl.ubnt.com/datasheets/.../airMAX\\_Sector\\_Antennas\\_DS](http://dl.ubnt.com/datasheets/.../airMAX_Sector_Antennas_DS)
- USO DE COMANDOS IPCONFIG, PING, TRACEROUTE*. (12 de 7 de 2014). Obtenido de conectamelilla: <http://conectamelilla.es/uso-de-comandos/>
- Wikipedia. (20 de Julio de 2018). *Espectro electromagnético*. Obtenido de Espectro visible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)
- Wikipedia. (25 de Julio de 2018). *Prioridad de Clases de Servicios*. Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11e-2005](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11e-2005)
- WNDW. (2013). *Redes Inalámbricas en Países en Desarrollo*. Copenhagen: WNDW. Obtenido de [wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf](http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf)
- WNDW. (2015). *Redes Inalámbricas en Países en Desarrollo*. Londres, Inglaterra: Rob Flickenger. doi:978-0-9778093-7-0
- WNI. (8 de 8 de 2018). *El nuevo estándar inalámbrico 802.11ac*. Obtenido de [https://www.wni.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=75:80211ac&catid=31:general&Itemid=79](https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=75:80211ac&catid=31:general&Itemid=79)