

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

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

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

**TEMA:**

**CENTRALIZACIÓN DE DEPENDENCIAS PARROQUIALES DE RECAUDACIÓN  
MEDIANTE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO  
DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE TULCÁN**

**AUTOR: DARWIN HUMBERTO ARIAS ANTAMBA**

**DIRECTOR: ING. DAVID NARVÁEZ**

**IBARRA, 2015**



**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE TULCÁN**

Tulcán, 29 de mayo del 2015

**CERTIFICADO:**

Yo Rosa Elena Bejarano Arévalo portadora de la CI: 0401016985 como representante del área de Sistemas del GAD Municipal de Tulcán.

**CERTIFICO:**

Que el Sr. Darwin Humberto Arias Antamba con CI: 1003329818 desde Octubre del 2014 que me encuentro en calidad de JEFA DE SISTEMAS ha realizado tres visitas al GAD Municipal de Tulcán a realizar sus pasantías y quien responsablemente entrega un informe para la implementación de su proyecto CENTRALIZACIÓN DE DEPENDENCIAS PARROQUIALES DE RECAUDACIÓN MEDIANTE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE TULCÁN a la jefatura de Sistemas.

El certificado se expide por solicitud del interesado.

Cordialmente.

Tlga. Rosa Elena Bejarano Arévalo

JEFA DE SISTEMAS



**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la Tesis "CENTRALIZACIÓN DE DEPENDENCIAS PARROQUIALES DE RECAUDACIÓN MEDIANTE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE TULCÁN, PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS FICA" ha sido realizada en su totalidad por el señor: Darwin Humberto Arias Antamba portador de la cédula de identidad con número: 100332981-8



Ing. David Narváez  
**Director de Tesis**

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

Yo, Darwin Humberto Arias Antamba, con cedula de identidad Nro. 100332981-8, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: **“CENTRALIZACIÓN DE DEPENDENCIAS PARROQUIALES DE RECAUDACIÓN MEDIANTE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE TULCÁN, PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS FICA”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes mencionada, aclarando que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para una calificación profesional.

En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

.....

Firma

Nombre: Darwin Humberto Arias Antamba.

Cédula: 100332981-8

Ibarra a los 2 días del mes de Febrero del 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.**

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

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición el siguiente trabajo:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>		
Cédula de identidad	100332981-8	
Apellidos y Nombres	Arias Antamba Darwin Humberto	
Dirección	El Olivo, Ibarra	
Email	<a href="mailto:hdarwin_04@hotmail.com">hdarwin_04@hotmail.com</a>	
Teléfono	Fijo: 2919403	Móvil: 0983681625

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
Título	<b>CENTRALIZACIÓN DE DEPENDENCIAS PARROQUIALES DE RECAUDACIÓN MEDIANTE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE TULCÁN, PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS FICA</b>
Autor	Arias Antamba Darwin Humberto
Fecha	2 de Febrero del 2015
Programa	Pregrado
Título por el que opta	Ingeniería en Electrónica y Redes en Comunicación
Director	Ing. David Narváez

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

Yo, Darwin Humberto Arias Antamba, con cedula de identidad Nro. 100332981-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y el uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 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 es titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad del contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, Febrero del 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Darwin Humberto Arias Antamba', is written over a horizontal line.

El Autor:

Darwin Humberto Arias Antamba

CI: 100332981-8



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### DECLARACIÓN

Yo, Darwin Humberto Arias Antamba, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Darwin Arias', is written over a horizontal dashed line.

Darwin Humberto Arias Antamba

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, porque siempre han creído en mí y me han concedido la oportunidad de educarme, inculcándome el valor del esfuerzo, responsabilidad y constancia para superar los obstáculos y salir adelante.

Para mis respetables maestros de la facultad, quienes me han brindado su conocimiento y experiencias a lo largo de mis años de estudio, fijando las bases para la formación profesional de forma desinteresada.

Para mis compañeros y amigos que han sido una base fundamental en mi desarrollo personal a base de experiencias compartidas durante todo el tiempo de estudio.

Al personal del GAD Tulcán por facilitarme la información y abrirme las puertas para desarrollar mi proyecto de tesis.

Darwin Arias.



## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres, que con su ejemplo de lucha y perseverancia han logrado sembrar en mí los valores de responsabilidad, trabajo, esfuerzo, respeto y voluntad, para lograr superar los obstáculos y cumplir mis metas propuestas, haciéndome crecer personalmente cada día, consiguiendo guiarme por el buen camino con su apoyo y cariño y enseñarme que no todo en la vida es dinero, el dinero viene y va, pero el cariño familiar es más fuerte que todo.

Darwin Arias.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CONSTANCIA .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>DECLARACIÓN.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VI</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XXI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XXIV</b>
<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>XXV</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1 TEMA.....	1
1.2 PROBLEMA .....	1
1.3 OBJETIVOS.....	2

1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.4	ALCANCE.....	3
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	5
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>7</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1	INTRODUCCIÓN .....	7
2.2	ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.....	7
2.2.1	ORIGEN Y FORMACIÓN .....	7
2.3	COMPONENTES DE UNA ONDA.....	8
2.3.1	COMPONENTES .....	8
2.4	ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	9
2.4.1	TIPOS DE RADIACIÓN.....	10
2.4.1.1	Radiofrecuencia.....	10
2.4.1.2	Microondas.....	10
2.4.1.3	Radiación infrarroja .....	10
2.4.1.4	Radiación visible.....	10
2.4.1.5	Luz ultravioleta .....	11
2.4.1.6	Rayos X.....	11
2.4.1.7	Rayos gamma.....	11
2.5	CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE ONDAS DE RADIO .....	11
2.5.1	REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN .....	12
2.5.1.1	Reflexión.....	12
2.5.1.2	Refracción .....	13
2.5.2	DISPERSIÓN .....	14
2.5.3	DIFRACCIÓN .....	14
2.6	RADIOFRECUENCIA .....	15

2.7	TEORÍA DE ANTENAS .....	16
2.7.1	¿QUE ES UNA ANTENA?.....	16
2.7.2	PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE ANTENAS.....	17
2.8	TIPOS DE ANTENAS .....	17
2.8.1	ANTENAS OMNIDIRECCIONALES .....	17
2.8.1.1	Antena dipolo.....	18
2.8.1.2	Antenas colineales.....	19
2.8.1.3	Antenas indian.....	19
2.8.2	ANTENAS DIRECCIONALES .....	20
2.8.2.1	Antenas yagui-uda.....	20
2.8.2.2	Antena biquad .....	20
2.8.2.3	Antena Grid.....	21
2.9	PARÁMETRO DE ANTENAS .....	21
2.9.1	DENSIDAD DE POTENCIA RADIADA .....	22
2.9.2	DIRECTIVIDAD.....	22
2.9.3	GANANCIA .....	22
2.9.4	EFICIENCIA .....	22
2.9.5	ANCHURA DE HAZ .....	23
2.9.6	IMPEDANCIA .....	23
2.9.7	ANCHO DE BANDA.....	23
2.9.8	DIAGRAMA DE RADIACIÓN.....	24
2.9.9	POLARIZACIÓN .....	24
2.10	SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES .....	25
2.11	RADIOENLACES .....	25
2.12	TIPO DE ENLACES .....	25
2.12.1	ENLACE PUNTO A PUNTO .....	25
2.12.2	ENLACE PUNTO A MULTIPUNTO.....	26

2.12.3	CONEXIÓN MESH.....	27
2.12.4	VENTAJAS DE UN ENLACE INALÁMBRICO .....	27
2.13	CRITERIOS DE DISEÑO DE UN RADIO ENLACE.....	28
2.13.1	LÍNEA DE VISTA.....	28
2.13.2	ZONA DE FRESNEL .....	29
2.13.3	POTENCIA .....	29
2.13.3.1	Cálculo en dB.....	30
2.14	PRESUPUESTO DE POTENCIA DE UN RADIOENLACE.....	30
2.15	ELEMENTOS DE UN PRESUPUESTO DE UN ENLACE.....	31
2.15.1	LADO DE TRANSMISIÓN.....	31
2.15.1.1	Potencia de Transmisión .....	31
2.15.1.2	Pérdida en el cable .....	31
2.15.1.3	Pérdidas en los conectores .....	31
2.15.1.4	Ganancia de antena .....	31
2.15.2	PÉRDIDAS DE PROPAGACIÓN .....	32
2.15.2.1	Pérdidas en el espacio libre.....	32
2.15.3	LADO RECEPTOR .....	32
2.15.3.1	Sensibilidad del receptor.....	32
2.15.3.2	Cálculo de la potencia nominal de recepción.....	33
2.15.3.3	Determinación de la potencia umbral .....	33
2.15.3.4	Margen respecto al umbral.....	33
2.15.3.5	Margen de desvanecimiento.....	34
2.15.3.6	Margen y Relación S/N.....	34
2.16	TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS 802.11 A/B/G/N .....	35
2.16.1	MODOS DE OPERACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA.....	35
2.16.1.1	Modo bss .....	35
2.16.1.2	Modo ibss .....	35

2.16.2	ARQUITECTURA DE CAPAS 802.11.....	35
2.16.2.1	Capa física.....	36
2.16.2.2	Capa enlace .....	36
2.16.3	FORMATO DE TRAMA 802.11.....	37
2.16.4	MODOS DE ACCESO .....	38
2.16.5	PROBLEMA DE NODO OCULTO Y NODO EXPUESTO .....	38
2.16.5.1	Nodo oculto.....	39
2.16.5.2	Nodo expuesto.....	40
2.16.6	IEEE 802.11 A .....	41
2.16.7	IEEE 802.11 B.....	41
2.16.8	IEEE 802.11 G .....	41
2.16.9	IEEE 802.11 N .....	41
2.17	MODOS DE TRANSMISIÓN .....	43
2.17.1	SIMPLEX.....	43
2.17.2	HALF-DUPLEX .....	43
2.17.3	FULL-DUPLEX.....	43
2.18	SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS.....	43
2.18.1	WIRED EQUIVALENT PRIVACY (WEP).....	44
2.18.2	WIFI PROTECTED ACCESS (WPA) .....	44
2.18.3	WIFI PROTECTED ACCESS VERSION 2(WPA2) .....	44
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>45</b>
<b>3 ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA DE RED ACTUAL.....</b>		<b>45</b>
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD GAD-MT .....	45
3.1.1	MISIÓN .....	45
3.1.2	VISIÓN.....	45
3.1.2.1	Visión de la ciudad.....	45
3.1.2.2	Visión del cantón.....	46

3.1.3	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	47
3.1.4	UBICACIÓN gad-mt .....	48
3.1.5	INSTALACIONES GAD-MT TULCÁN.....	48
3.1.6	DISTRIBUCIÓN DE DEPARTAMENTOS .....	50
3.2	SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE DATOS.....	51
3.2.1	CABLEADO HORIZONTAL.....	51
3.2.2	CABLEADO VERTICAL.....	52
3.2.3	ÁREAS DE TRABAJO .....	52
3.2.4	DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN EL EDIFICIO GAD-MT.....	53
3.2.4.1	Planta baja .....	53
3.2.4.2	Primer piso .....	55
3.2.4.3	Segundo piso .....	55
3.2.4.4	Tercer piso.....	56
3.2.4.5	Cuarto piso .....	58
3.2.5	RED ACTIVA ACTUAL .....	59
3.2.5.1	Topología de red .....	59
3.2.5.2	Equipos de conmutación .....	61
3.2.5.3	Equipos cuarto piso .....	66
3.2.5.4	Equipos de enrutamiento.....	67
3.2.6	ENLACES INALÁMBRICOS .....	68
3.2.6.1	Enlace al cementerio de Tulcán .....	68
3.2.6.2	Enlace a centro comercial AKÍ .....	68
3.2.7	DETALLE DE SERVIDORES .....	69
3.2.7.1	Servidor Proxy, DHCP, Firewall y NAT .....	71
3.2.7.2	Servidor de correo, Trámites y Documentos.....	72
3.2.7.3	Servidor de Recursos Humanos .....	74
3.2.7.4	Sistema Megan .....	74

3.2.7.5	Sistema de aplicaciones y base de datos .....	74
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>75</b>
<b>4</b>	<b>DISEÑO Y DESARROLLO .....</b>	<b>75</b>
4.1	CRITERIO DE DISEÑO .....	76
4.2	CAPA NÚCLEO .....	76
4.2.1	COMUNICACIÓN DEL SISTEMA DE RECAUDACIÓN CON LAS ENTIDADES PARROQUIALES .....	77
4.2.1.1	Comunicación del sistema.....	77
4.2.1.2	Configuración del servidor.....	78
4.2.1.3	Conexión desde cliente .....	81
4.2.1.4	Descripción de equipos en la capa de core.....	82
4.3	CAPA DISTRIBUCIÓN .....	83
4.3.1	UBICACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS .....	83
4.3.1.1	Urbina.....	84
4.3.1.2	Tulcán.....	85
4.3.1.3	Gonzales Suárez .....	85
4.3.1.4	Tufiño .....	86
4.3.1.5	Santa Martha de Cuba .....	87
4.3.1.6	Pioter .....	87
4.3.1.7	Repetidor Guagua Negro.....	88
4.3.1.8	GAD-MT .....	88
4.3.1.9	Diagrama de conexión de la red.....	89
4.3.2	SELECCIÓN DE EQUIPOS .....	90
4.3.2.1	Determinación de los parámetros mínimos requeridos .....	91
4.3.2.2	Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Tufiño .....	92
4.3.2.3	Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Urbina .....	93
4.3.2.4	Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Gonzales Suárez .....	94



4.3.2.5	Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Tulcán.....	95
4.3.2.6	Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Repetidor .....	96
4.3.2.7	Requerimiento mínimo para enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba.	97
4.3.2.8	Requerimiento mínimo para enlace Santa Martha de Cuba - Pioter.....	98
4.3.2.9	Alternativas Wifi 802.11n.....	99
4.3.2.10	Análisis de requerimientos mediante el estándar IEEE 29148 .....	105
4.3.3	DISEÑO DE LOS RADIOENLACES .....	107
4.3.3.1	Enlace GAD-MT-Urbina .....	108
4.3.3.2	Enlace GAD-MT- Gonzales Suárez.....	109
4.3.3.3	Enlace GAD-MT-Tufiño.....	110
4.3.3.4	Enlace GAD-MT-Tulcán .....	111
4.3.3.5	Enlace GAD-MT-Repetidor.....	112
4.3.3.6	Enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba .....	113
4.3.3.7	Enlace Santa Martha de Cuba-Pioter .....	114
4.3.4	ZONAS DE FRESNEL .....	115
4.3.4.1	Enlace GAD-MT-Urbina .....	115
4.3.4.2	Enlace GAD-MT-Gonzales Suárez.....	116
4.3.4.3	Enlace GAD-MT-Tufiño.....	117
4.3.4.4	Enlace GAD-MT-Tulcán .....	117
4.3.4.5	Enlace GAD-MT-Repetidor.....	118
4.3.4.6	Enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba .....	119
4.3.4.7	Enlace Santa Martha de Cuba-Pioter .....	119
4.3.5	PRESUPUESTOS DE POTENCIA DE LOS ENLACES.....	120
4.3.5.1	Cálculo de enlace GAD-MT-Urbina.....	121
4.3.5.2	Cálculo de enlace GAD-MT-Gonzales Suárez .....	122
4.3.5.3	Cálculo de enlace GAD-MT-Tufiño .....	124
4.3.5.4	Cálculo de enlace GAD-MT-Tulcán.....	125

4.3.5.5	Cálculo de enlace GAD-MT-Repetidor .....	127
4.3.5.6	Cálculo de enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba.....	128
4.3.5.7	Cálculo de enlace Santa Martha de Cuba-Pioter.....	130
4.3.6	SIMULACIÓN DE LOS ENLACES .....	132
4.3.6.1	Enlace GAD-MT-Urbina .....	133
4.3.6.2	Enlace GAD-MT-Gonzales Suárez.....	134
4.3.6.3	Enlace GAD-MT-Tufiño.....	135
4.3.6.4	Enlace GAD-MT-Tulcán .....	136
4.3.6.5	Enlace GAD-MT-Repetidor.....	137
4.3.6.6	Enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba .....	138
4.3.6.7	Enlace Santa Martha de Cuba-Pioter .....	139
4.3.7	CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA PARA LOS RADIOENLACES	140
4.3.7.1	Tráfico de datos.....	141
4.4	CAPA ACCESO .....	143
4.4.1	DISEÑO DE CABLEADO.....	143
4.4.1.1	Diagrama de conexión.....	144
4.4.1.2	Dimensionamiento eléctrico.....	144
4.4.2	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y PARARRAYOS.....	145
4.5	MARCO LEGAL .....	147
4.5.1	ENTIDADES DE REGULACIÓN DEL ESTADO .....	148
4.5.2	FORMULARIOS PARA LA LEGALIZACIÓN DE LOS ENLACES ..	148
4.5.2.1	Permiso de servicios de valor agregado .....	149
4.6	RECOMENDACIONES TÉCNICAS .....	150
	<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>152</b>
	<b>5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....</b>	<b>152</b>
5.1	ESTIMACIÓN DE COSTOS .....	152
5.1.1	COSTOS DE EQUIPOS .....	152

5.1.2	COSTOS DE INFRAESTRUCTURA.....	153
5.1.3	COSTOS DE INGENIERÍA.....	155
5.1.4	AUTORIZACIÓN Y USO DE FRECUENCIAS.....	155
5.2	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	158
5.2.1	PARÁMETROS FINANCIEROS .....	159
5.2.1.1	VAN (Valor actual neto).....	159
5.2.1.2	TIR (Tasa interna de retorno).....	160
5.2.1.3	B/C (Relación costo beneficio) .....	160
5.2.1.4	PRI (Periodo de retorno de la inversión).....	160
<b>6</b>	<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>162</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>162</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>162</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>163</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>165</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>168</b>
	ANEXO1-FORMULARIOS PARA LEGALIZACIÓN DE RADIOENLACES.....	168
	ANEXO2-RESUMEN DE ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS IEEE 29148 .....	177
	ANEXO3-RADIO MOBILE .....	178
	ANEXO 4- ANCHO DE BANDA GAD-MT.....	183
	ANEXO5-PROFORMAS DE PROPUESTAS OERTANTES .....	184
	ANEXO 6- GANANCIA DE ANTENAS PARA EXTERIORES.....	186
	ANEXO 7-ESTANDARES TIA/EIA 568 B, TIA/EIA 569.....	187
	ANEXO 8- FOTOGRAFIAS GAD-MT .....	191

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Propagación de una onda electromagnética .....	8
Figura 2: Longitud de onda, amplitud y frecuencia.....	9
Figura 3: Espectro Electromagnético.....	9
Figura 4: Esquema de onda incidente y onda reflejada. ....	12
Figura 5: Refracción en la superficie de medios.....	13
Figura 6: Dispersión de ondas de radio .....	14
Figura 7: Difracción de las ondas. ....	15
Figura 8: Distribución del espectro de radiofrecuencia de acuerdo a sus bandas.....	16
Figura 9: Principio de funcionamiento .....	17
Figura 10: Patrón de radiación de antenas omnidireccionales.....	18
Figura 11: Antena Dipolo .....	18
Figura 12: Antena colineal.....	19
Figura 13: Antena Indian. ....	19
Figura 14: Antena yagui-uda .....	20
Figura 15: Antena biquad. ....	21
Figura 16: Antena grid.....	21
Figura 17: Estimación de la directividad .....	22
Figura 18: Ancho de haz lóbulo principal .....	23
Figura 19: Diagrama de radiación. ....	24
Figura 20: Enlace punto a punto .....	26
Figura 21: Enlace punto-multipunto .....	26
Figura 22: Configuración mesh .....	27
Figura 23: Lóbulo de la zona de Fresnel.....	29
Figura 24: Capas del estándar IEEE 802.11 definidas en el modelo OSI. ....	36
Figura 25: Formato de trama 802.11 .....	37
Figura 26: Problema de nodo oculto.....	39
Figura 27: Solución del nodo escondido mediante DCF con RTS Y CTS.....	40
Figura 28: Especificaciones básicas del estándar IEEE 802.11 n.....	42

Figura 29: Estructura organizacional del GAD-MT .....	47
Figura 30: Ubicación del edificio GAD-MT .....	48
Figura 31: Vista frontal del edificio GAD-MT .....	49
Figura 32: Vista lateral del edificio GAD-MT .....	49
Figura 33: Recorrido de cableado Horizontal por piso .....	52
Figura 34: Recorrido del cableado vertical .....	52
Figura 35: Área de trabajo .....	53
Figura 36: Rack#1 área de rentas internas .....	54
Figura 37: Rack#2 área de recaudación .....	54
Figura 38: Rack#3 departamento de planificación urbana .....	55
Figura 39: Rack#4 Departamento de contabilidad .....	56
Figura 40: Rack principal ubicado en el cuarto de telecomunicaciones .....	57
Figura 41: Infraestructura de telefonía.....	58
Figura 42: Equipos de distribución .....	58
Figura 43: Topología de red GAD-MT.....	60
Figura 44: Conexión a Internet .....	67
Figura 45: Enlace GAD-MT-Cementerio .....	68
Figura 46: Enlace GAD-MT- Comercial AKÍ.....	69
Figura 47: Esquema de conexión del servidor de Correo, Trámites y Documentos .....	73
Figura 48: Topología de red.....	75
Figura 49: Diagrama de comunicación del sistema de recaudación con el cliente.....	77
Figura 50: Comunicación servidor-cliente .....	78
Figura 51: Interfaz de acceso a Mysql server .....	79
Figura 52: Creación de cuentas para las entidades parroquiales. ....	79
Figura 53: Asignación de privilegios a base de datos a usuarios.....	80
Figura 54: Asignación de requisitos para la conexión de usuario .....	81
Figura 55: Conexión al sistema desde cliente.....	82
Figura 56: Sistema de recaudación .....	82
Figura 57: Ubicación de emplazamientos.....	83
Figura 58: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Urbina .....	84
Figura 59: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Tulcán .....	85
Figura 60: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Gonzales Suárez.....	86
Figura 61: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Tufiño .....	86
Figura 62: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Santa Martha de Cuba.....	87

Figura 63: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Pioter.....	88
Figura 64: Ubicación de emplazamiento de repetidor GAD-MT –Santa Martha de Cuba .....	88
Figura 65: Ubicación de emplazamiento principal GAD-MT .....	89
Figura 66: Diagrama de conexión de la red .....	90
Figura 67: Antena Grid TL-ANT5830B .....	100
Figura 68: AirGrid M5 Ubiquiri .....	101
Figura 69: Mikrotik SXTG-5HPnD-SAR2.....	103
Figura 70: Esquema del enlace GAD-MT-Urbina.....	109
Figura 71: Esquema del enlace GAD-MT-Gonzales Suárez .....	110
Figura 72: Esquema del enlace GAD-MT-Tufiño .....	111
Figura 73: Esquema del enlace GAD-MT-Tulcán.....	112
Figura 74: Esquema del enlace GAD-MT-Repetidor .....	113
Figura 75: Esquema del enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba .....	114
Figura 76: Esquema del enlace Santa Martha de Cuba-Pioter.....	115
Figura 77: Conexión de Radioenlaces .....	132
Figura 78: Enlace GAD-MT-Urbina.....	133
Figura 79: Enlace GAD-MT-Gonzales Suárez .....	134
Figura 80: Enlace GAD-MT-Tufiño .....	135
Figura 81: Enlace GAD-MT-Tulcán.....	136
Figura 82: Enlace GAD-MT-Repetidor .....	137
Figura 83: Enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba .....	138
Figura 84: Enlace Santa Martha de Cuba-Pioter .....	139
Figura 85: Diagrama de radioenlaces para el suministro de ancho de banda .....	141
Figura 86: Diagrama de conexión de la capa de acceso .....	144
Figura 87: Sistema de puesta a tierra y Pararrayos .....	147
Figura 88: Proceso a seguir para la obtención del permiso de radioenlaces.....	149

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de departamentos del GAD-MT .....	50
Tabla 2: Equipos de conmutación planta baja .....	61
Tabla 3: Distribución de usuarios Planta Baja.....	61
Tabla 4: Equipos de conmutación Primer piso .....	62
Tabla 5: Características principales Switch D-Link 1228 .....	62
Tabla 6: Distribución de usuarios Piso 1 .....	63
Tabla 7: Equipos de conmutación segundo piso.....	63
Tabla 8: Distribución de usuarios Segundo piso .....	64
Tabla 9: Equipos de conmutación tercer piso.....	65
Tabla 10: Distribución de usuarios tercer piso .....	65
Tabla 11: Características principales de Cisco Catalyst 3550 .....	66
Tabla 12: Equipos de conmutación cuarto piso .....	66
Tabla 13: Distribución de usuarios cuarto piso .....	67
Tabla 14: Asignación de ip públicas.....	68
Tabla 15: Características de los servidores GAD-MT.....	69
Tabla 16: Rango del servidor DHCP .....	71
Tabla 17: Servidor de correo, trámites y documentos .....	72
Tabla 18: Ubicación de emplazamientos .....	84
Tabla 19: Resumen de parámetros mínimos.....	99
Tabla 20: Especificaciones técnicas de TL-ANT5830B.....	101
Tabla 21: Especificaciones técnicas de: AirGrid M5 Ubiquiti .....	102
Tabla 22: Especificaciones técnicas de SXTG-5HPnD-SAR2.....	104
Tabla 23: Requerimientos de software .....	105
Tabla 24: Requerimientos de equipos.....	106
Tabla 25: Requerimientos de equipos.....	107
Tabla 26: Resumen de cálculo de zonas de fresnel .....	120
Tabla 27: Margen de presupuesto de potencia.....	131
Tabla 28: Comparación de datos calculados y simulados .....	140
Tabla 29: Costos de equipos .....	153
Tabla 30: Costos de Infraestructura .....	154

Tabla 31: Costos de ingeniería.....	155
Tabla 32: Tarifas por concesión y uso de frecuencias .....	157
Tabla 33: Resumen de costos por concesión y uso de frecuencias.....	158
Tabla 34: Resumen de costos de inversión de todo el sistema .....	158
Tabla 35: Flujo de ingreso anual.....	159
Tabla 36: Cálculo de variables.....	161



## **RESUMEN**

Este proyecto consiste en diseñar una red inalámbrica para descentralizar el sistema de recaudación, de manera que permita el cobro de servicios de impuesto predial y suministro de agua en las parroquias de: Urbina, Gonzales Suárez, Tulcán, Tufiño, Santa Martha de Cuba y Pióter; para beneficio de los ciudadanos. Para el desarrollo del proyecto se ha optado por realizar un análisis del fundamento teórico que comprende el diseño de radioenlaces tales como: ondas electromagnéticas, espectro electromagnético, características de antenas, tipos de enlaces, presupuestos de potencia, entre otros, de modo que permita definir los aspectos más relevantes a tomar en cuenta en el desarrollo del proyecto. El desarrollo del proyecto está basado en parámetros definidos en el análisis del fundamento teórico, considerando los puntos más notables para el diseño, el desarrollo del proyecto se ha realizado en base a un modelo jerárquico de red estructurado en sus tres capas core, distribución y acceso para un mejor entendimiento; además se establece un análisis de requerimientos y alternativas para elegir los equipos apropiados para el proyecto, también se efectúa los cálculos adecuados para garantizar la estabilidad de los radioenlaces que permita una comunicación óptima para la transferencia de información. Por último se realiza un análisis de costos del proyecto propuesto, a fin de estimar el monto a invertir para realizar la implementación, tomando en cuenta el beneficio obtenido para los ciudadanos.

### **PALABRAS CLAVES:**

**SISTEMA DE RECAUDACIÓN**

**RADIOENLACES**

**MODELO JERÁRQUICO**

**COSTOS**

## **ABSTRACT**

This project is to design a wireless network for decentralized collection system, so as to allow the collection of property tax services and water supply in the parishes of: Urbina, Gonzales Suárez, Tulcán, Tufiño, Santa Martha de Cuba y Pioter; for the benefit of citizens. To develop the project has chosen to analyze the theoretical foundation that involves designing radio links such as electromagnetic waves, electromagnetic spectrum, antenna characteristics, types of links, power budgets, inter others, so as to define the most important aspects to consider in the project. The project is based on parameters defined in the analysis of theoretical basis, considering the more remarkable for the design points, the project has been made based on a hierarchical network model structured in three layers core, distribution and access for a better understanding; further analysis requirements and alternatives set to select the appropriate equipment for the project, the appropriate calculations are also performed to ensure stability of the radio links allowing optimal communication for transferring information. Finally a cost analysis of the proposed project is carried out in order to estimate the amount to be invested for implementation, taking into account the benefit for citizens.

## **PRESENTACIÓN**

El proyecto de diseño de “CENTRALIZACIÓN DE DEPENDENCIAS PARROQUIALES DE RECAUDACIÓN MEDIANTE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE TULCÁN” se lo realiza con el propósito de brindar un servicio de recaudación cerca de los hogares de los ciudadanos del Cantón Tulcán, permitiendo que esta prestación represente un beneficio útil para los pobladores; y una recompensa de satisfacción por parte del GAD-MT sabiendo que realizan proyectos de calidad en beneficio de sus mandantes, demostrando una actitud comprometida por el desarrollo cantonal. El proyecto analiza una serie de parámetros a tomarse en cuenta para el diseño de radioenlaces, considerando los aspectos necesarios para el seleccionamiento de equipos en el desarrollo del proyecto.

# CAPÍTULO I

## 1 ANTECEDENTES

### 1.1 TEMA

Centralización de dependencias parroquiales de recaudación mediante una red inalámbrica para el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Tulcán.

### 1.2 PROBLEMA

El gobierno autónomo descentralizado de Tulcán es una entidad dedicada a la mejora de servicios públicos y progreso ciudadano, mediante la creación, recaudación e inversión de sus ingresos, y en la actualidad la institución posee un departamento de sistemas informáticos y networking que es el encargado de administrar el área de comunicaciones y se encuentra ubicado en el tercer piso, el cual brinda las prestaciones de comunicación e información al establecimiento, agilizando el proceso de trámites al personal empleado y mejorando el servicio de atención ciudadana. Por otra parte se ha constatado que la entidad cuenta con un único punto de recaudación el cual no satisface la demanda de usuarios al momento de acercarse a cancelar sus obligaciones municipales, y tomando en cuenta que la entidad se encuentra en condiciones de crecer para fortalecer su infraestructura, aspira la creación de varios puntos de recaudación en sus dependencias parroquiales para la descentralización de servicios de ordenanza municipal.

Como problemática en el GAD de Tulcán se ha evidenciado que al momento de proceder al pago de servicios municipales existe una gran conglomeración de usuarios, lo que conlleva a la demora en tiempo de cancelación para el cliente y produce descontento en la ciudadanía hacia la entidad encargada de controlar y organizar el servicio de cobranza, ya que es el único punto de recaudación; en ocasiones los usuarios optan por no pagar debido a que sus domicilios quedan en otras parroquias que se encuentran alejadas geográficamente del lugar de pago, otros usuarios deciden retirarse del lugar debido a las largas colas que se generan. Esta situación origina que los ciudadanos se sientan inconformes y protesten por la falta de atención adecuada, lo que ocasiona pagos de servicios retrasados y desacreditación del nombre de la entidad, por la poca agilidad del sistema de cobranza actual.

Las redes wireless han ido evolucionando conforme han aumentado sus prestaciones para nuevas aplicaciones, es una tecnología que ofrece múltiples ventajas como facilidad de instalación, escalabilidad, flexibilidad y reducción de costos de mantenimiento, y analizando todo lo antes mencionado se hace indispensable buscar una solución a la situación actual de la entidad, para lo cual se plantea descentralizar el pago de obligaciones municipales creando puntos de recaudación en dependencias parroquiales, mediante el diseño de una red inalámbrica 802.11n, que permita la intercomunicación entre sus entidades públicas y posibilite la centralización del sistema de recaudación, contribuyendo al desarrollo de la entidad con un enfoque moderno acorde a las nuevas tecnologías de la información y comunicación (NTIC).

El presente diseño propuesto pretende aportar a la entidad municipal de una infraestructura de transporte de información acorde a los requerimientos actuales, encaminado a vincular el sistema de cobranza, mediante la comunicación con dependencias públicas, para permitir prestar un servicio de recaudación adecuado a las necesidades de la ciudadanía.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Centralizar el sistema de las dependencias de recaudación del GAD de Tulcán con sus entidades parroquiales, mediante el diseño de una red inalámbrica basado en el estándar IEEE 802.11n para mejorar el servicio de cobranza de obligaciones municipales.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar las características técnicas del estándar Wifi IEEE 802.11n, especificando la robustez de la tecnología para fundamentar teóricamente el diseño.
- Describir la situación actual de la red del GAD de Tulcán, especificando topología lógica y física, equipos con los que cuenta la entidad y servicios que presta, mediante preguntas al personal encargado de administrar la red para visualizar el entorno de diseño
- Diseñar el sistema de radioenlaces para intercomunicar las entidades parroquiales así como su sistema de puesta a tierra, mediante un modelo jerárquico de red basándose

en sus tres capas core, distribución y acceso de manera que el diseño se estructure de forma ordenada.

- Seleccionar los equipos que cumplan con los requisitos del diseño, utilizando el estándar IEEE 29148 “especificación de requisitos de ingeniería de ciclo de vida de sistemas y software” para elegir los equipos adecuados del proyecto.
- Simular los enlaces inalámbricos mediante el software radio mobile en base a las características de equipos con el propósito de analizar las condiciones y prestaciones de propagación de radio frecuencia.
- Indicar el trámite respectivo con la Supertel mediante el llenado de formularios para obtener los permisos de funcionamiento de los radioenlaces
- Realizar un análisis Costo-Beneficio, comparando los costos del proyecto para determinar la rentabilidad del proyecto.

## **1.4 ALCANCE**

Este proyecto está enfocado al diseño de una red inalámbrica en el GAD de Tulcán mediante un conjunto de radio enlaces para la centralización del sistema de recaudación, estará constituido por los siguientes componentes: sistema centralizado principal, transmisores, receptores, repetidores y elementos de transmisión guiados y no guiados. El diseño se basará en una red de radio enlaces en el estándar inalámbrico IEEE 802.11n de “red de fidelidad inalámbrica”, empleando un modelo jerárquico de red estructurado en sus tres capas, núcleo, distribución, y acceso, para posibilitar la intercomunicación entre parroquias y llevar a cabo la descentralización de sus puntos de recaudación.

Como primer paso se realizará un análisis de las características técnicas del estándar inalámbrico IEEE 802.11 n de “red de fidelidad inalámbrica” de modo que permita sustentar el diseño del proyecto.

Como siguiente paso se procederá con un análisis técnico de la situación actual de la infraestructura de red del GAD de Tulcán, mediante consulta al encargado de administrar la red, y principalmente examinando sus necesidades a fin de determinar las condiciones de red con la que cuenta la entidad, así como: ancho de banda contratado, servicios prestados, hardware y software utilizado.

Un modelo jerárquico de red es una estructura basada en tres capas core, distribución y acceso que permite un diseño mejor organizado; iniciando en la capa de core, las tareas a

desarrollarse en esta capa serán: proveer un servidor web directamente conectado al switch de core, y desarrollar la interfaz de comunicación entre el servidor web y la base de datos ya existente en la entidad, que permitirá acceder desde cualquier punto de cobranza para el pago de servicios municipales, almacenando la información en un punto principal que es el GAD de Tulcán, logrando la centralización de recaudación y eficiencia del sistema.

Descendiendo en nuestro modelo en una capa intermedia tenemos la capa distribución, esta capa constará de un switch que servirá para distribuir las conexiones de radioenlaces para el establecimiento de comunicación con los puntos de recaudación, y a su vez estará conectado a su capa superior core donde accede a recursos de sistema, El sistema de radio enlaces conformará la red inalámbrica basada en las necesidades de la entidad, el diseño de la red inalámbrica partirá con la elección de los emplazamientos en cada uno de los nodos de comunicación, ubicados en cada una de las siguientes parroquias: Gonzáles Suárez, Tulcán, Pioter, Tufiño, Urbina, Santa Marta de Cuba, exceptuando las parroquias de Tobar Donoso, Chical y Maldonado, debido a la baja densidad poblacional, según información suministrada por el departamento de sistemas informáticos y networking. Incluyendo la banda de frecuencia en la que operará el sistema de radioenlaces.

Seguidamente se hará el cálculo de presupuesto de potencia de cada uno de los radioenlaces, analizando la zona de fresnel y considerando las condiciones geofísicas y climáticas para obtener un enlace adecuado. El cálculo se lo hará partiendo de la definición de presupuesto de potencia de un enlace, que establece el cálculo de ganancias y pérdidas desde el equipo transmisor hasta el equipo receptor, analizando la ruta del enlace, tomando en cuenta pérdida en conectores, espacio libre y ganancia en antenas, asegurando un correcto desempeño del sistema de radioenlaces propuesto.

Posteriormente se realizará el cálculo de ancho de banda para cada radio enlace, basado en las necesidades de la entidad, este cálculo se lo hará en base a los servicios a soportar, efectuando un análisis de selección de equipos, mediante el estándar IEEE 29148 “ingeniería de sistemas y software-procesos de ciclo de vida-ingeniería de requerimientos” que define los requerimientos de la tecnología a utilizar en los radioenlaces, proporcionando orientación para la aplicación de procesos de requisitos de ingeniería tal como: características de equipos, interoperabilidad, fabricantes, servicios, para elegir los equipos adecuados para el diseño. Luego se procederá a simular cada uno de los radio enlaces mediante el software Radio Mobile, las cuales nos permitirán representar cada una de las

zonas de cobertura del diseño planteado y tener una estimación de las condiciones y prestaciones de propagación del sistema de radio enlaces.

En la capa de acceso se diseñará la forma de acceder de los equipos terminales a servicios de red de los puntos de recaudación ubicados en cada una de las parroquias y estarán equipados con un equipo de conmutación (switch), que se enlazarán al equipo terminal y proporcionará la conectividad para la transferencia de información. Seguidamente se diseñará el sistema de puesta a tierra para cada uno de los emplazamientos de recaudación que van a estar ubicados en las parroquias de modo que el sistema se encuentre seguro ante variaciones de voltaje en el sistema.

Posteriormente se detallará el trámite y proceso respectivo de llenar los formularios de la Supertel para obtener los permisos de funcionamiento del sistema de radioenlaces, que dictamina la entidad encargada de controlar el espectro radioeléctrico, para operar en una banda de frecuencia determinada de acuerdo a la “ley especial de telecomunicaciones”. En este punto se procederá a la elaboración de cada uno de los pliegos respectivos del diseño, el cual tendrá los equipos utilizados y sus características principales así como costo y presupuesto.

Finalmente se desarrollará un análisis costo beneficio del diseño, tomando en cuenta la inversión económica, impacto ambiental y desarrollo social en base a los beneficios directos e indirectos. Además se realizara las debidas conclusiones y recomendaciones del proyecto.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad la evolución tecnológica ha hecho que muchos de los servicios prestados a la sociedad sean más eficientes, de mejor calidad; siendo el GAD de Tulcán el ente de desarrollo y avance productivo de la ciudad a través de la gestión administrativa con enfoque tecnológico; pretende dar soluciones óptimas orientadas a las TIC'S, robusteciendo su infraestructura de red y así agilizar los procesos de servicios en beneficio de la sociedad.

Analizando la situación actual del servicio de recaudación del GAD de Tulcán se propone realizar el diseño de una red inalámbrica que comunique lugares estratégicos, con el fin de unificar el sistema de recaudación, mediante el diseño de una red de enlaces para la descentralización de puntos de recaudo en sus diferentes parroquias, esto propiciará que el servicio sea más eficiente y adecuado tanto para el usuario como para la entidad encargada,



ya que en cada dependencia de recaudación se podrá pagar los mismos servicios de ordenanza municipal, debido a que cada uno de estos puntos estarán vinculados a través de enlaces inalámbricos a una misma base de datos propia del GAD, fortaleciendo así la infraestructura de red de la entidad que permita atender a las demandas del usuario, impulsando el mejoramiento continuo de manera equitativa para contribuir con un servicio de calidad, acorde a las actuales tecnologías de información.

Este proyecto mejorará el servicio al cliente, ya que los ciudadanos realizarán sus pagos en su mismo lugar de asentamiento, ayudando a optimizar su tiempo para emplearlo en sus labores diarias, debido a que contarán con un punto de recaudación cercano, eficiente y personalizado favoreciendo de esta manera a terceras personas tales como familia o empleador, además de reducir los costos por viaje hasta el lugar de pago.

Este diseño se orienta a dar solución a una necesidad manifiesta del GAD de Tulcán en base a los lineamientos de investigación de la carrera de la Universidad Técnica del Norte, aportando a la entidad con una propuesta tecnológica para mejoramiento de sus procesos, haciendo uso de las tecnologías de la información, propiciando el desarrollo del GAD y elevando la calidad de servicio de sus ciudadanos.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo describe el campo de redes inalámbricas su principio, características y parámetros que gobiernan su naturaleza, además se presenta un tópico de antenas, que son elementos que aprovechan características de ondas electromagnéticas para su comunicación y definen una parte importante en el desarrollo del proyecto; igualmente se considera el sistema de comunicaciones a través del cual se mantienen comunicados, tomado en cuenta las características del enlace, así como su presupuesto de potencia a la hora del diseño; se señala también las tecnologías inalámbricas de la familia IEEE802.11 a/b/g/n, que define sus características, modos de transmisión y seguridad y es el sustento de tecnología a utilizar en el proyecto; estos son algunos conceptos básicos a tomar en cuenta en el desarrollo.

#### 2.2 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas son la base de funcionamiento de las telecomunicaciones y se describe como la forma de propagación de radiación electromagnética a través del espacio sin necesidad de utilizar un medio físico, las cuales se conforman de una parte eléctrica y una parte magnética que viajan de manera perpendicular y asociadas la una de la otra.

##### 2.2.1 ORIGEN Y FORMACIÓN

Una onda electromagnética, consiste en un campo eléctrico que varía en el tiempo generando campos eléctricos variables que generan campos magnéticos (ley de Ampère) y los campos magnéticos variables que generan campos eléctricos (ley de Faraday). De esta forma, la onda se auto propaga indefinidamente a través del espacio a una velocidad universal constante muy alta de 300.000 km por segundo. (Alcubierre, 2014)

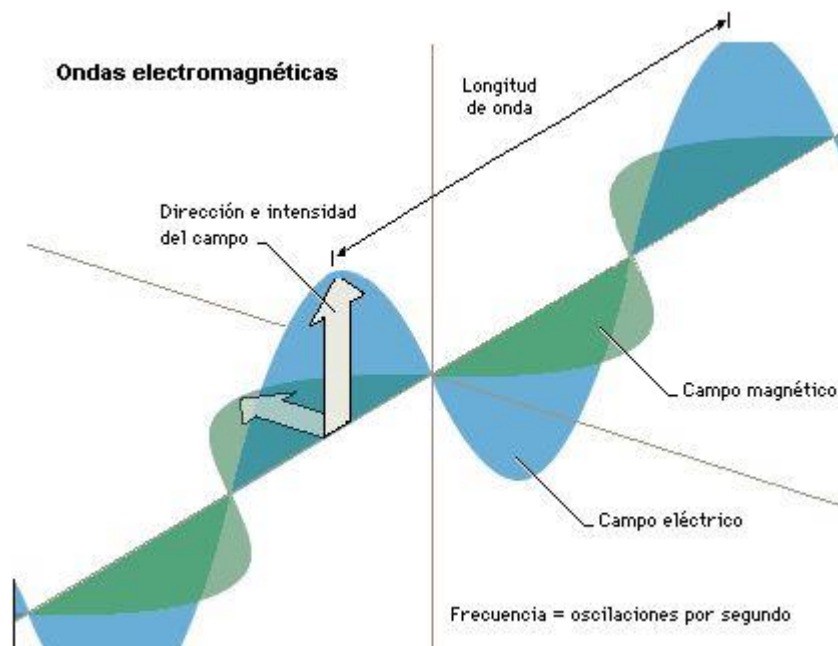


Figura 1: Propagación de una onda electromagnética

Fuente: Ondas electromagnéticas, origen y características. Recuperado de:

<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/12869841/Ondas-electromagneticas-origen-y-caracteristicas.html>.

En la Figura 1, se observa como está constituida una onda electromagnética y su relación de perpendicularidad del campo eléctrico y magnético con relación a una frecuencia de propagación.

## 2.3 COMPONENTES DE UNA ONDA

Los componentes de una onda son características únicas por naturaleza que conforma cualquier tipo de onda electromagnética, cuyos parámetros van relacionados de acuerdo a su tratamiento.

### 2.3.1 COMPONENTES

**Cresta:** es la parte más elevada de una onda.

**Valle:** es la parte más baja de una onda.

**Amplitud:** El desplazamiento desde el punto de equilibrio hasta la cresta o el valle.

**Longitud de onda ( $\lambda$ ):** es la distancia comprendida entre dos crestas o dos valles.

**Onda completa:** cuando ha pasado por todas las elongaciones positivas y negativas.

**Período (T):** el tiempo transcurrido para que se realice una onda completa.

**Frecuencia (f):** Es el número de ondas que se repiten en una unidad de tiempo.

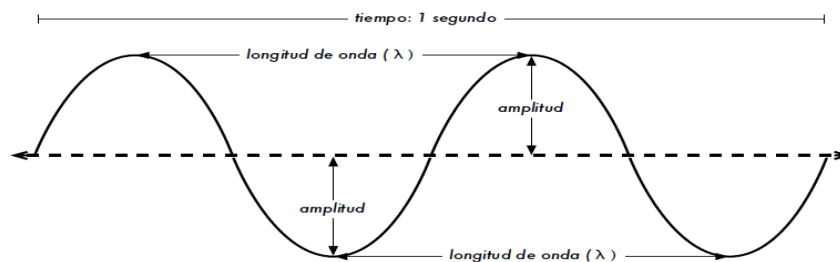


Figura 2: Longitud de onda, amplitud y frecuencia.

Fuente: Redes inalámbricas de los países en desarrollo. Recuperado de: <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>

Tal como se observa en la Figura 2, muestra las características esenciales de una onda como son: amplitud, longitud de onda y el tiempo que esta dura en completar un ciclo que no es más que la frecuencia de dicha onda.

## 2.4 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Es el rango de radiación de todas las ondas conocidas, desde las ondas de mayor longitud hasta las ondas de menor longitud cuyo comportamiento se relaciona de acuerdo a su frecuencia de operación. (Bautista, 2014)

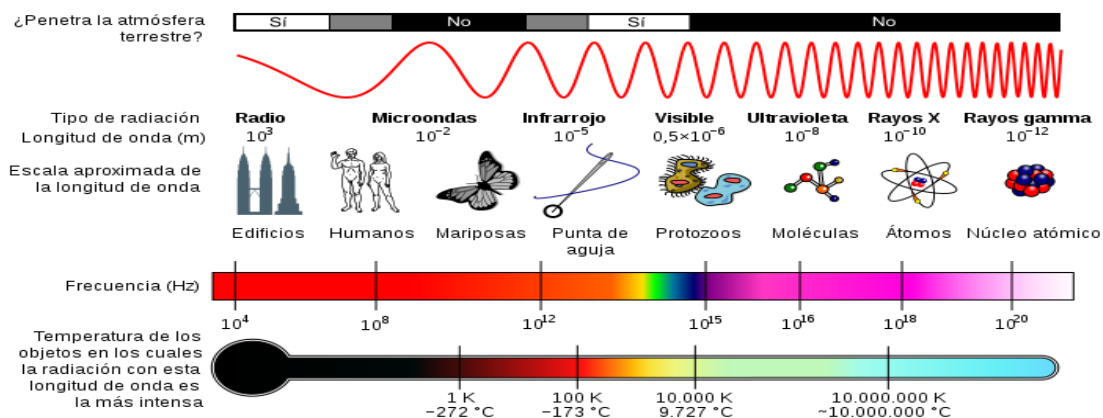


Figura 3: Espectro Electromagnético.

Fuente: Física y óptica. Recuperado de: <http://lacienciaysudemonios.com/2010/04/13/el-espectro-electromagnetico-i-introduccion/>

La Figura 3, muestra los distintos tipos de radiaciones de acuerdo a la penetración en la atmosfera terrestre con respecto a la frecuencia y su longitud de onda en cada espectro electromagnético.

## **2.4.1 TIPOS DE RADIACIÓN**

### **2.4.1.1 Radiofrecuencia**

Se usa para la transmisión de datos a través de la modulación, en otras palabras se hace una variación combinando la amplitud, frecuencia y fase de la onda dentro de una banda de frecuencia, siendo “utilizadas en antenas con longitudes de onda que van desde una distancia de un milímetro hasta longitudes de onda de cientos de metros según el principio de resonancia” (Pérez, 2014). Las aplicaciones en esta banda son: La televisión, los teléfonos móviles, las resonancias magnéticas, redes inalámbricas y radio-aficionados y opera entre 3kHz a 300 Mhz.

### **2.4.1.2 Microondas**

Las microondas tienen muchas aplicaciones: radares, meteorología, radio y televisión, comunicaciones vía satélite, medición de distancias, investigación de las propiedades de la materia, preparación de alimentos. “son ondas lo suficientemente cortas como para emplear guías de ondas metálicas tubulares de diámetro razonable.” (Pérez, 2014). Se encuentra en el rango de operación de entre 1Ghz a 300Ghz.

### **2.4.1.3 Radiación infrarroja**

Una definición de este punto lo describe de la manera más precisa Clonar Internacional como lo suscita a continuación “La radiación infrarroja es un tipo de radiación electromagnética emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que cero grados kelvin” (Internacional, 2008, pág. 3). La banda de operación de este espectro se encuentra entre 300Ghz a 120Thz.

### **2.4.1.4 Radiación visible**

Esta radiación es la que nuestros ojos pueden captar y es la región más estrecha de todo el espectro electromagnético, su rango de operación se encuentra entre aproximadamente mayor 384Thz y menor a los 789Thz (Bautista, 2014).

#### **2.4.1.5 Luz ultravioleta**

Es la radiación cuya longitud de onda es más corta que el extremo violeta del espectro visible y su rango de operación va desde 789Thz hasta 1,5Phz. Esta es la responsable de daños a nivel de piel proveniente de la luz del sol (Pérez, 2014).

#### **2.4.1.6 Rayos X**

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas que pueden atravesar cuerpos usados generalmente para ver a través de algunos objetos, así como para la física de alta energía y la astronomía. Lo que permite su estudio y su rango de operación están por encima de los 30Phz (Internacional, 2008, pág. 3).

#### **2.4.1.7 Rayos gamma**

Son los fotones más energéticos, y no se conoce el límite más bajo de su longitud de onda. “Son útiles a los astrónomos en el estudio de objetos o regiones de alta energía, y son útiles para los físicos gracias a su capacidad penetrante y su producción de radioisótopos” (Pérez, 2014).

## **2.5 CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE ONDAS DE RADIO**

La aplicación de las ondas de radio depende de la distancia que pueden alcanzar al momento de propagarse y que tan eficiente es la transmisión de información, es por esto que hay que tener en cuenta algunos aspectos acerca de su comportamiento.

- Cuando más corta sea la onda más alta será la frecuencia.
- Las ondas con longitud de onda más largas cubren más distancias que ondas con longitudes de onda cortas.
- Cuanto más corta la longitud de onda, puede transportar más datos.
- La cantidad de información a transmitir dependerá de los ciclos de onda por segundo (frecuencia). Cuando más grande es la frecuencia mayor información puede transportar.
- La distancia que una onda puede viajar depende de su longitud de onda y el tamaño de los obstáculos en su camino (Wndw, 2013).

## 2.5.1 REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN

La reflexión y refracción de una onda son características típicas de comportamiento al momento de propagarse por el medio, son causadas por objetos que se atraviesan en su trayectoria.

### 2.5.1.1 Reflexión

Una onda de radio es susceptible de propagarse en varias direcciones, este fenómeno se produce cuando una onda viaja de un transmisor a un receptor chocando en materiales reflectivos como son el metal y el agua considerados como los mas reflectivos, esto ocasiona que las ondas tomen múltiples rutas para llegar a su destino ocasionando interferencia por la superposición de señales. Este comportamiento de reflexión esta descrito más técnicamente por las leyes de Snell. Estas leyes lo definen de mejor manera en la publicación siguiente (Hiru.com, 2010).

- Cada rayo de la onda incidente y el correspondiente rayo de la onda reflejada forman un plano perpendicular al plano de separación de los medios.
- El ángulo que forma el rayo incidente con la recta normal (ángulo de incidencia) es igual al ángulo de esta normal con el rayo reflejado (ángulo de reflexión).

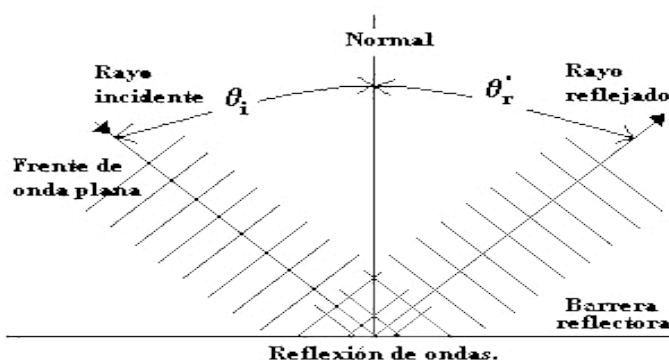


Figura 4: Esquema de onda incidente y onda reflejada.

Fuente: Campo directo y campo difuso. Recuperado de: [http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas/proyecto\\_def/\(6\)El\\_campo\\_acustico/figura2.gif](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas/proyecto_def/(6)El_campo_acustico/figura2.gif).

### 2.5.1.2 Refracción

La refracción se presenta en el mismo fenómeno de incidencia de una onda con respecto a un objeto, y pasa a través de medios distintos, este frente de onda que choca con una superficie da lugar a que una parte de la onda se transmita con un ángulo distinto al ángulo de incidencia. Las leyes que gobiernan este fenómeno lo describen la siguiente fórmula citada a continuación en (Hiru.com, 2010).

- Cada rayo de la onda incidente y el correspondiente rayo de la onda transmitida forman un plano que contiene a la recta normal a la superficie de separación de los dos medios.
- El ángulo que forma el rayo refractado con la normal (ángulo de refracción) está relacionado con el ángulo de incidencia:

$$n_1 \operatorname{sen} i = n_2 \operatorname{sen} r \quad \text{Ecuación (1)}$$

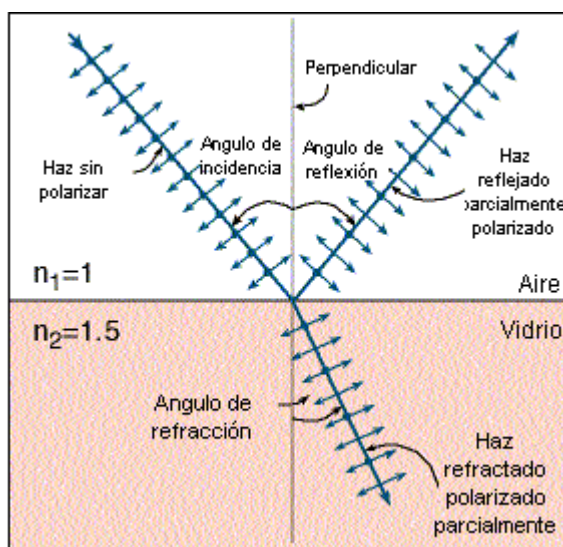


Figura 5: Refracción en la superficie de medios.

Fuente: Polarización por reflexión. Recuperado de: <http://www.um.es/leq/laser/Ch-7/F7s5t1p1.htm>.

La Figura 5 muestra el comportamiento de una onda con respecto a las leyes de Snell de la refracción y reflexión al contacto de medios diferentes.



### 2.5.2 DISPERSIÓN

Se denomina dispersión a los cambios que sufre la radiación al partir de una fuente transmisora, por los motivos de reflexión, “puesto que una parte de la radiación llega de manera directa a la fuente de recepción, y otra parte llega con un retraso por recorrido de mayor distancia por el motivo de reflexión en los diferentes objetos en su trayectoria” (Wndw, 2013).

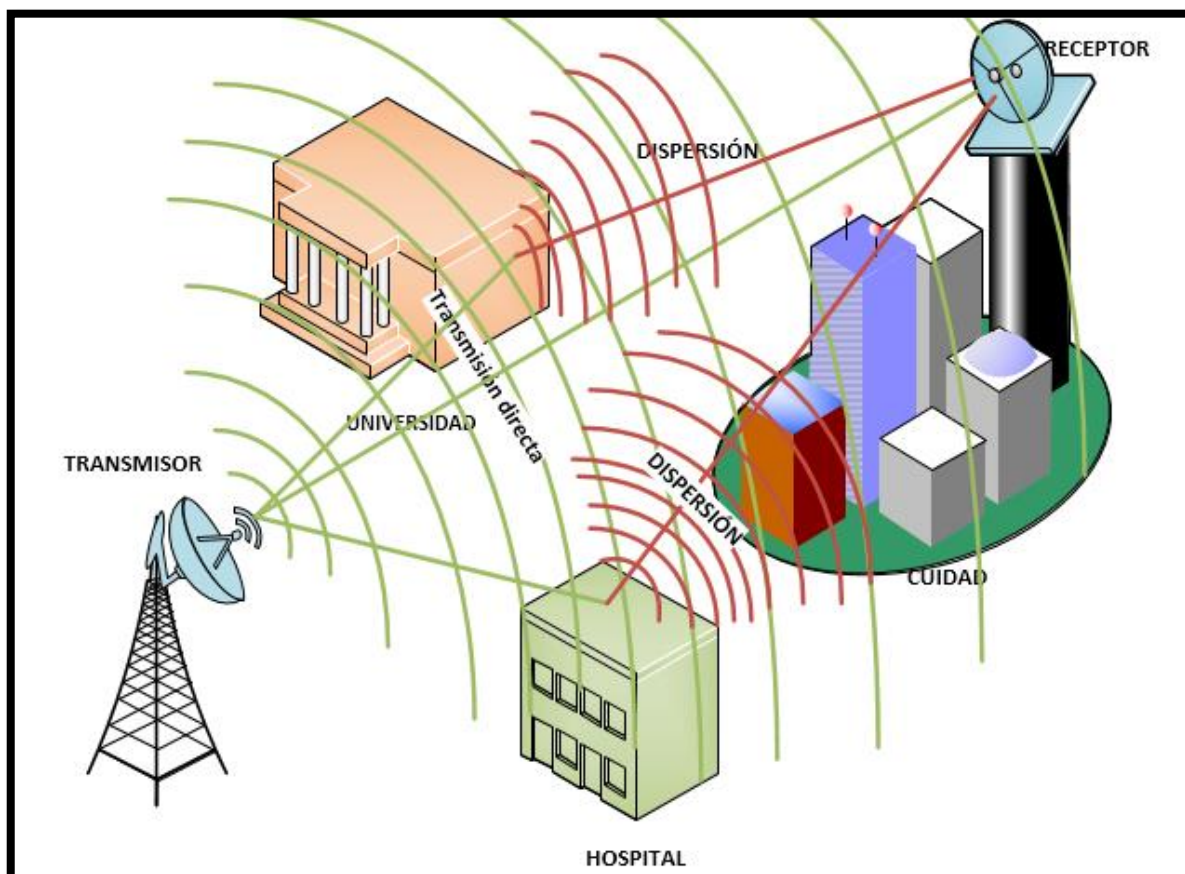


Figura 6: Dispersión de ondas de radio

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6, describe el fenómeno de dispersión que ocurre cuando una onda viaja, provocando la multitrayectoria por la reflexión en otros objetos.

### 2.5.3 DIFRACCIÓN

Se denomina difracción de una onda a la propiedad que tienen las ondas de rodear los obstáculos en determinadas condiciones. Cuando una onda choca con un obstáculo y este

tiene una abertura se observa como las ondas rodean a los dos lados luego de pasar la abertura convirtiéndose en un nuevo foco emisor de la onda, esto se conoce como ondas doblando la esquina (Bautista, 2014).

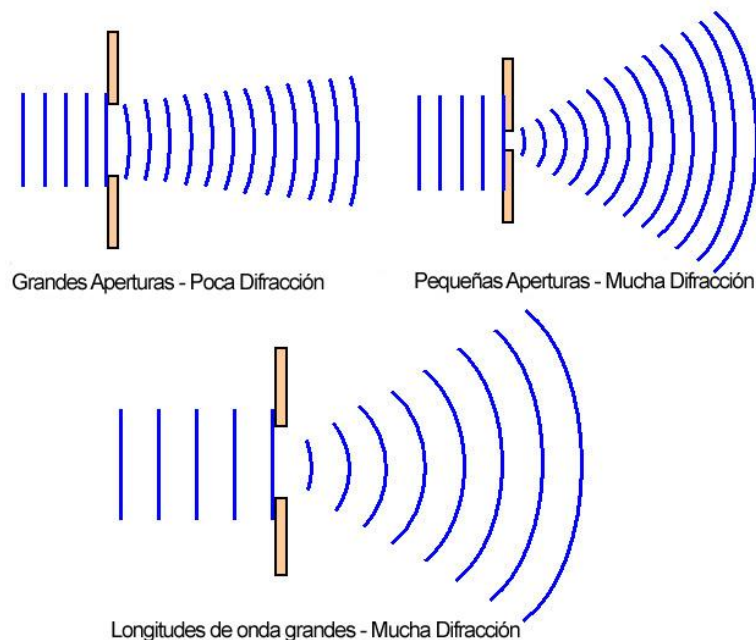


Figura 7: Difracción de las ondas.

Fuente: Límite de difracción y el objetivo explicado. Recuperado de: <http://www.imagen-estilo.com/Articulos/Fotografia-los-basicos/lente-limite-de-difraccion.html>

Tal como se muestra en la Figura 7, el efecto de doblando la esquina depende del obstáculo y el tamaño de abertura que exista para que este fenómeno se aprecie y cubra más los extremos del objeto.

## 2.6 RADIOFRECUENCIA

La radiofrecuencia es una parte del espectro electromagnético y es considerado como el campo menos energético, comprende la clasificación de las ondas electromagnéticas utilizadas en las comunicaciones (radio, teléfono, televisión, internet), y se encuentra distribuido entre las frecuencias de 3Khz a 300Ghz (Espuelas, 2013). Las ondas electromagnéticas de este espectro se pueden propagar aplicando una carga alterna originada en un elemento activo a una antena.

<b>Espectro de radio frecuencia</b>					
<b>Nombre</b>	<b>Banda</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Longitud de onda</b>	<b>Uso</b>	
		<3 Hz	>100.000 Km		
<b>Extra baja frecuencia</b>	ELF	3-30 Hz	100.000-10.000 Km	No se utiliza en radio frecuencia	
<b>Súper baja frecuencia</b>	SLF	30-300 Hz	10.000-1.000 Km	Comunicaciones submarinas	
<b>Ultra baja frecuencia</b>	ULF	300-3000 Hz	1.000-100 Km	Comunicaciones militares secretas	
<b>Muy baja frecuencia</b>	VLF	3-30 KHz	100-10 Km	Comunicaciones militares y gubernamentales	
<b>Baja frecuencia</b>	LF	30-300 KHz	10-1 Km	Comunicaciones aéreas y marítimas	
<b>Frecuencia media</b>	MF	300-3000 KHz	1Km-100 m	Radiodifusión	
<b>Alta frecuencia</b>	HF	3-30 MHz	100-10 m	Seguridad, defensa, o corta, radioaficionados	
<b>Muy alta frecuencia</b>	VHF	30-300 MHz	10-1 m	Televisión, satélite, radio FM, Servicio marítimo, aviación	
<b>Ultra alta frecuencia</b>	UHF	300-3000 MHz	1 m 100 mm	Televisión, radiotransmisores uso personal, Telefonía móvil, militar	
<b>Súper alta frecuencia</b>	SHF	3-30 GHz	100-10 mm	Televisión Vía satélite, radioenlaces, radar	
<b>Extra alta frecuencia</b>	EHF	30-300 GHz	10-1 mm	Radioastronomía, radar alta resolución	
		>300 GHz	< 1 mm		

Figura 8: Distribución del espectro de radiofrecuencia de acuerdo a sus bandas.

Fuente: Aplicaciones de ondas electromagnéticas. Recuperado de:

[http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3233/html/3\\_aplicaciones\\_de\\_las\\_ondas\\_electromagnéticas\\_telecomunicaciones.htm](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3233/html/3_aplicaciones_de_las_ondas_electromagnéticas_telecomunicaciones.htm)

La Figura 8, presenta las diferentes bandas de frecuencia distribuidas de acuerdo a su rango de operación las cuales se dividen en altas, medias y bajas frecuencias y comprenden el espectro de radio utilizadas en comunicaciones y otras aplicaciones.

## 2.7 TEORÍA DE ANTENAS

### 2.7.1 ¿QUE ES UNA ANTENA?

Una antena es un dispositivo formado por un conjunto de elementos que permite la emisión y recepción de ondas de radio frecuencia, pero una definición más concreta nos la presenta El IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) que define una antena

como “una parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas” (IEEE, 1983, p145). Las antenas tienen una relación de transición entre su línea de transmisión y el espacio libre para la radiación de radiofrecuencia.

### 2.7.2 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE ANTENAS

El principio de funcionamiento se basa en la radiación producida por una corriente eléctrica en torno de un conductor metálico. Esta corriente es variable lo que ocasiona que el campo magnético también lo sea, de modo que sus líneas de fuerza forman un ángulo recto con respecto al conductor, y su dirección está determinada por la dirección de la corriente (Contreras, 2010). La corriente se comporta de forma variable de acuerdo a la frecuencia aplicada al conductor, en frecuencias relativamente bajas la energía producida se disipa en forma de calor, pero a medida que la frecuencia aumenta la energía fluye a través de la antena produciendo el fenómeno de radiación.



Figura 9: Principio de funcionamiento

Fuente: Omnidireccional. Recuperado de: <https://html2-f.scribdassets.com/5ms064cidc3z2io9/images/2-50796c1fc1.jpg>.

## 2.8 TIPOS DE ANTENAS

Los diferentes tipos de antenas existentes se clasifican según su alcance y rango de cobertura, que definen su campo de aplicación.

### 2.8.1 ANTENAS OMNIDIRECCIONALES

Este tipo de antenas se caracterizan por orientar la señal en todas direcciones cubriendo los 360 grados de cobertura pero de corto alcance.

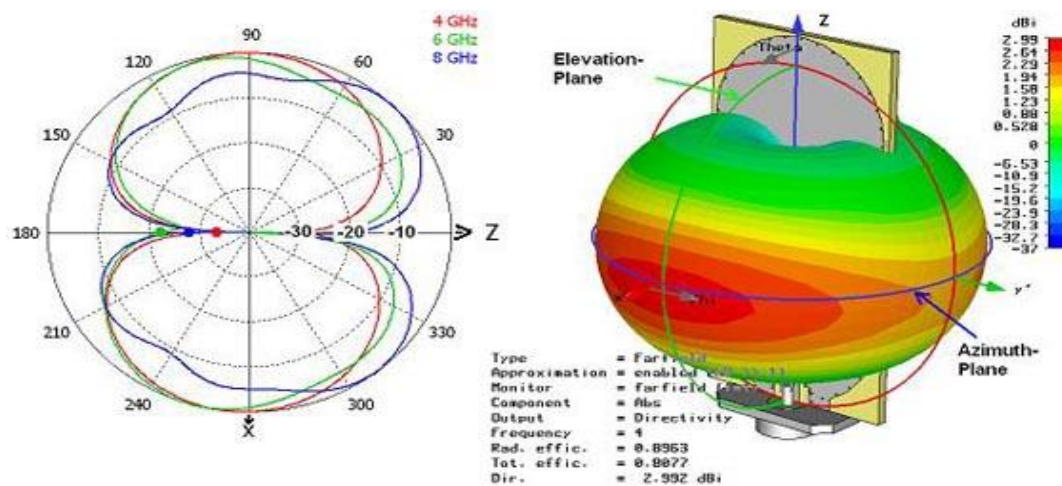


Figura 10: Patrón de radiación de antenas omnidireccionales

Fuente: Antenas una explicación de su funcionamiento. Recuperado de:

<http://www.diarioelectronico hoy.com/antenas-una-explicacion-de-su-funcionamiento-ii/>

En la Figura 10, “se muestra el diagrama de radiación donde se pueden distinguir tres áreas diferentes; campo cercano reactivo, campo cercano radiado (zona de Fresnel) y campo lejano (Zona de Fraunhofer), sin embargo se acostumbra a hablar sólo de campo lejano y campo cercano. Esto es debido a que el comportamiento de la radiación es diferente en las regiones” (Monsalve, 2011).

### 2.8.1.1 Antena dipolo

Es muy sencilla y básica de todas. Consiste en un conductor cortado por la mitad, en cuyo centro se coloca la alimentación de señal, cada corte simula media longitud de onda a la frecuencia de trabajo aplicado (RC.net, Radiocomunicaciones.net, 2003).



Figura 11: Antena Dipolo

Fuente: Clasificación de las antenas. Recuperado de: <http://prezi.com/kbdxelrv7qly/clasificacion-de-las-antenas/>

### 2.8.1.2 Antenas colineales

Es un tipo de antena que está construida por segmentos de cobre unidas y que a mayor número de segmentos mayor distancia.



Figura 12: Antena colineal.

Fuente: Telecomunicaciones, sistemas y web. Recuperado de: [http://www.axones.com.ar/axones/antenas/Colineal\\_page\\_4.php](http://www.axones.com.ar/axones/antenas/Colineal_page_4.php)

### 2.8.1.3 Antenas indian

Es un tipo de antenas que está construido por material de cobre, bronce o aluminio, es una placa en donde se tienen unas perforaciones de la misma dimensión ya que de esto depende su buen desempeño (Pérez Gonzales, 2014).



Figura 13: Antena Indian.

Fuente: Mataró wireless.net. Recuperado de:

[http://www.matarowireless.net/documents/2002\\_Introduccio\\_80211b\\_CAT-CAS.pdf](http://www.matarowireless.net/documents/2002_Introduccio_80211b_CAT-CAS.pdf)

## 2.8.2 ANTENAS DIRECCIONALES

Este tipo de antenas se caracterizan por orientar la señal en una dirección determinada pero con un largo alcance. El alcance de una antena direccional viene determinado por una combinación de su ganancia y la potencia de emisión (Contreras, 2010).

### 2.8.2.1 Antenas yagui-uda

Estas antenas son un tipo de arreglo, utilizan elementos llamados como dipolo, reflector y director para alcanzar mayor distancia y eficiencia en su irradiación los cuales determinan la ganancia y directividad, es una antena dipolo mejorado (Javier, 2014).

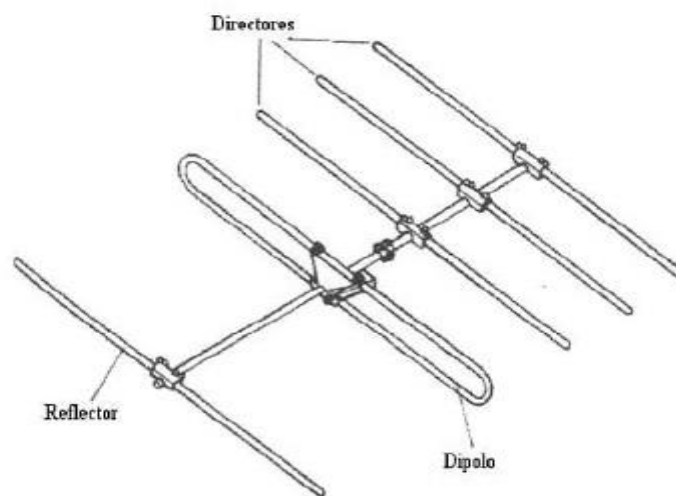


Figura 14: Antena yagui-uda

Fuente: Zonas de fresnel. Recuperado de: <http://flovla.wordpress.com/>

### 2.8.2.2 Antena biquad

Es un tipo de antena conformada por una placa de cobre como reflector y un dipolo formando un arreglo de dos cuadros por un conductor, el dipolo está construido de modo que cada lado del cuadrado sea un medio de la longitud onda. Tiene una buena directividad y ganancia y un ancho de haz de aproximadamente 70 grados (Zabala Ayala, Buonaffina Fuentes, & Marcano Rojas, 2011).



Figura 15: Antena biquad.

Fuente: Antenas caseras: una forma de enseñar los fundamentos de comunicación de datos. Recuperado de: <http://www.revistaespacios.com/a12v33n01/123301251.html>

### 2.8.2.3 Antena Grid

Es una variación de las antenas parabólicas y su arquitectura se basa en la geometría de la parábola para lograr la radiación, es un arreglo de varillas horizontales y perpendiculares, es una antena de alta ganancia y larga cobertura. Su haz de radiación varía aproximadamente entre los 5 a los 15 grados dependiendo de su directividad (Sandoval, 2009).

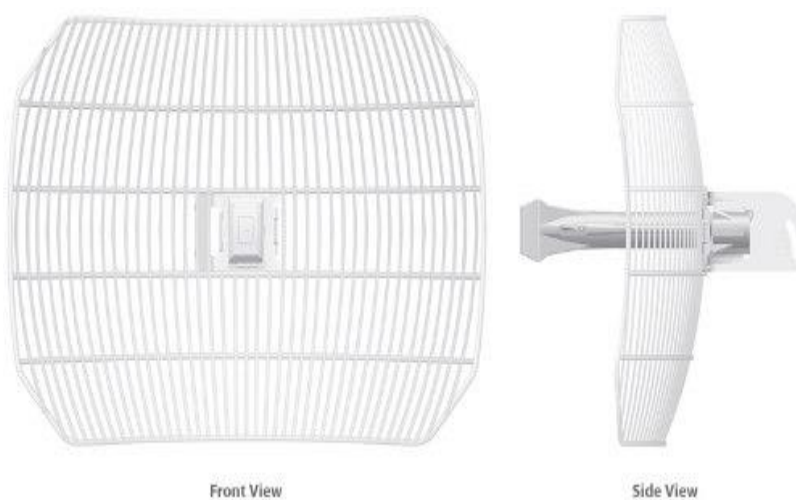


Figura 16: Antena grid.

Fuente: Antena grilla. Recuperado de: <http://fralbe.com/2009/06/09/antena-grilla/>

## 2.9 PARÁMETRO DE ANTENAS

Las antenas poseen una serie de parámetro que van de acuerdo a su comportamiento de radiación y funcionamiento.



### 2.9.1 DENSIDAD DE POTENCIA RADIADA

La densidad de potencia radiada se define como la potencia por unidad de superficie en una determinada dirección. Determina la capacidad de radiación con cierta direccionalidad. (Cardama et al, p19, 2002).

### 2.9.2 DIRECTIVIDAD

La directividad se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección con respecto a una distancia (Cardama et al, 2002, p. 23).

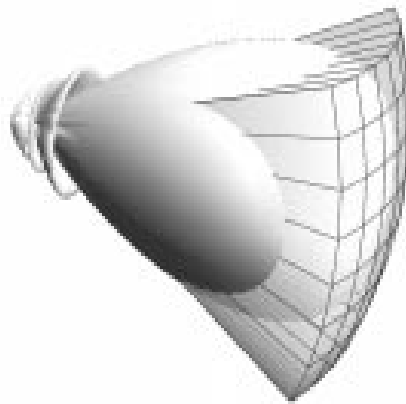


Figura 17: Estimación de la directividad

Fuente: Antenas. Recuperado de: (Cardama et al, 2002, p. 23).

### 2.9.3 GANANCIA

Es una medida de cuan bien concentra la energía radiada una antena en una dirección en particular y está relacionada con la directividad porque tiene que ver con la concentración de potencia radiada en una dirección y viene dada en unidades de dB o dBi (Melendez, 2013).

### 2.9.4 EFICIENCIA

“Relación entre la potencia radiada y la potencia entregada a la antena. También se puede definir como la relación entre ganancia y directividad” (Arauz, 2010).

### 2.9.5 ANCHURA DE HAZ

Se refiere al ancho total en grados del lóbulo de principal de radiación medido en los puntos en la que la potencia radiada ha disminuido respecto a la línea central del lóbulo (Bernal, 2008).

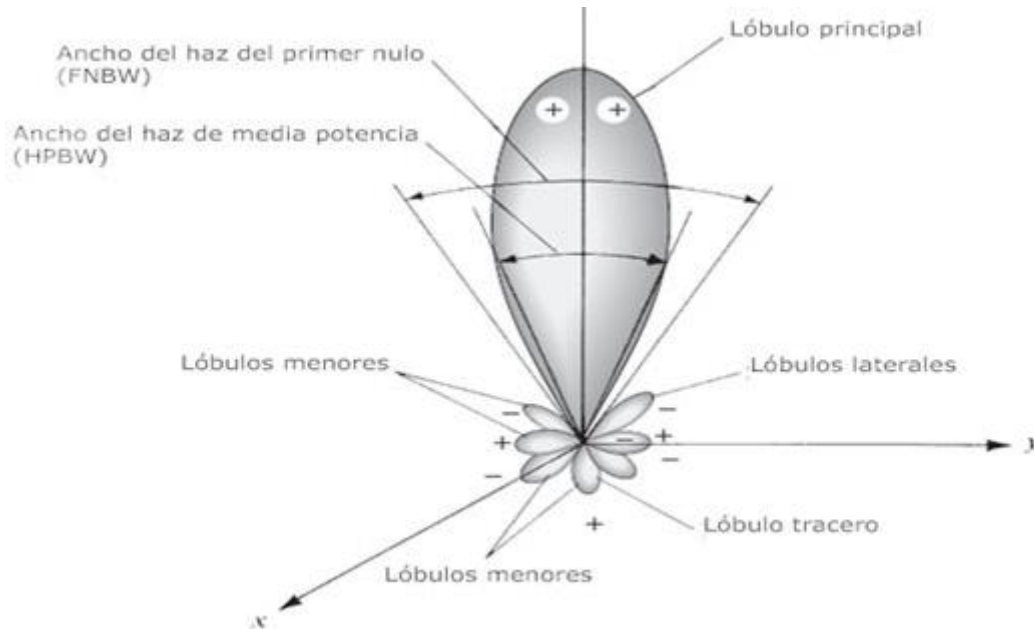


Figura 18: Ancho de haz lóbulo principal

Fuente: Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones. Recuperado de:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59282013000100006&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59282013000100006&script=sci_arttext)

### 2.9.6 IMPEDANCIA

Se define como una relación entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada es una medida de unidad compleja. Su parte real la resistencia de la antena es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia de pérdidas. (Contreras, 2010).

### 2.9.7 ANCHO DE BANDA

Es el rango de frecuencias en las que una antena es capaz de funcionar con una eficiencia aceptable.

### 2.9.8 DIAGRAMA DE RADIACIÓN

Es la representación gráfica de la radiación de una antena en función de todos sus parámetros en coordenadas esféricas tomando en cuenta que el origen es donde nace la radiación (Cardama et al, 2002, p. 20).

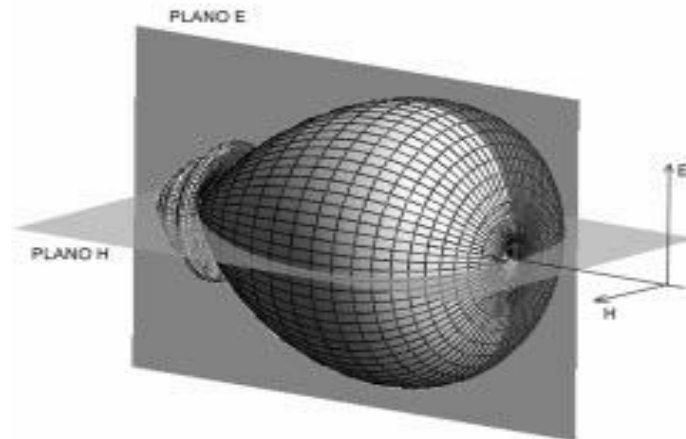


Figura 19: Diagrama de radiación.

Fuente: Antenas. Recuperado de. (Cardama et al, 2002, p. 20).

### 2.9.9 POLARIZACIÓN

Existen varios tipos de polarización los cuales se describen en (RC.net, Radiocomunicaciones.net, 2003).

**Vertical:** Cuando el campo eléctrico generado por la antena es vertical con respecto al horizonte terrestre.

**Horizontal:** Cuando el campo eléctrico generado por la antena es paralelo al horizonte terrestre.

**Circular:** Cuando el campo eléctrico generado por la antena gira de vertical a horizontal y viceversa, generando movimientos en forma de círculo en todas las direcciones. Este giro puede ser en el sentido de las agujas del reloj o al contrario.

**Elíptica:** Cuando el campo eléctrico se mueve igual que en el caso anterior, pero con desigual fuerza en cada dirección.

## **2.10 SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES**

Es un sistema completo que transporta datos a través de radio frecuencia, está compuesto por antenas transmisoras, receptoras y elementos de red que utilizan ondas de radio para su comunicación.

## **2.11 RADIOENLACES**

Es la comunicación que se tiene entre dos puntos de distancias considerables por medio de la propagación de ondas electromagnéticas. Existe un concepto de radioenlaces fijos y móviles. Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz. Los radio enlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencia asignada para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía (RC.net, Radiocomunicaciones.net, 2003).

## **2.12 TIPO DE ENLACES**

### **2.12.1 ENLACE PUNTO A PUNTO**

Es la interconexión de dos nodos, es utilizada en arquitecturas donde solo existe un transmisor y un receptor, en este tipo de enlaces se utiliza antenas direccionales; que generalmente son utilizados para largo alcance mayor a 10Km por su característica de directividad. Son utilizados en comunicación de puntos remotos para brindar un servicio de internet u otros. Un lado del sistema se encuentra conectado a un sistema de servicios de red que es el transmisor (local) en tanto que el otro extremo (remoto) aprovecha el enlace para acceder a estos servicios (Wndw, 2013, p. 126).



Figura 20: Enlace punto a punto

Fuente: Neoclan networks. Recuperado de: <http://www.neoclan.net/productos/internet/>

### 2.12.2 ENLACE PUNTO A MULTIPUNTO

Los enlaces Punto - Multipunto, permiten comunicar un punto de acceso central con múltiples sucursales remotas. Esta topología se utiliza para minimizar la inversión cuando se requiere comunicar múltiples puntos con una oficina central (cetus, 2011). Los equipos utilizados en transmisor por lo general son antenas omnidireccionales o sectoriales que nos permitirán cubrir mayor área y en recepción son antenas de diferentes tipos y ganancias dependiendo de la distancia del transmisor (Internacional, 2008).

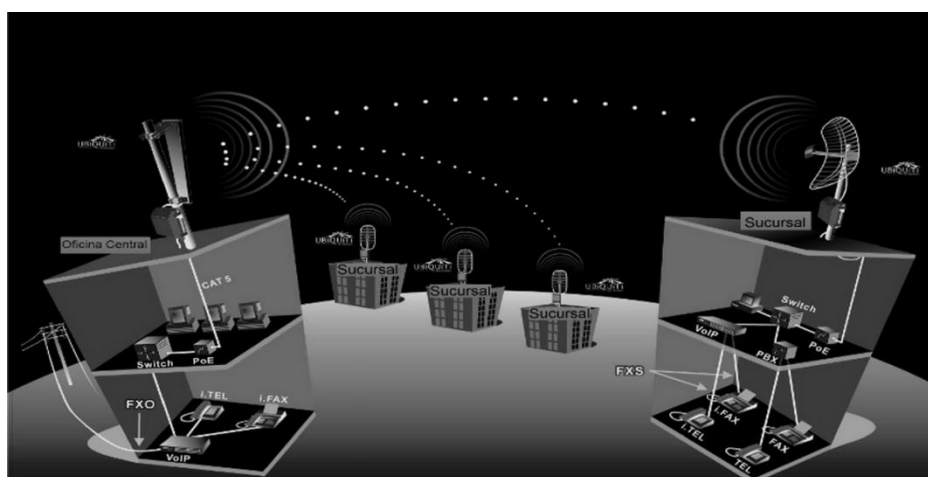


Figura 21: Enlace punto-multipunto

Fuente: Red cetus. Recuperado de: <http://www.redcetus.cl/telefonosip/soluciones-redcetus/wireless-redcetus/redcetus-wireless-link/enlaces-punto-multipunto.html>

### 2.12.3 CONEXIÓN MESH

Es una configuración de las dos anteriores, en este tipo de conexión todos los nodos se encuentran comunicados y funcionan independientemente, es conocida como configuración de rejilla o malla y es utilizada en redes privadas.

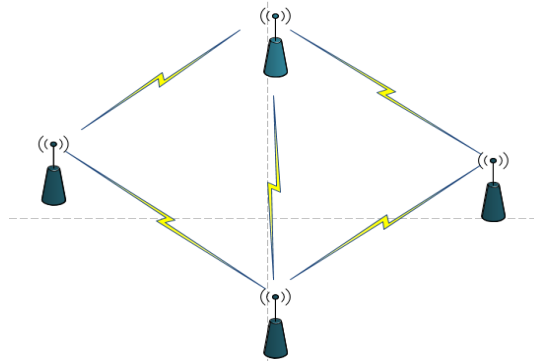


Figura 22: Configuración mesh

Fuente: Elaboración Propia

### 2.12.4 VENTAJAS DE UN ENLACE INALÁMBRICO

Los enlaces inalámbricos nos facilitan las cosas al momento de querer extender una red sin necesidad de utilizar cableado, aunque no remplazan al cableado ofrecen múltiples ventajas como lo describe el siguiente artículo (Esquivel Ruvalcava, 2007) a continuación.

- **Movilidad:** Proporcionan a los usuarios acceso a la información en cualquier momento y en cualquier lugar siempre y cuando se encuentre dentro de la cobertura de radiación.
- **Simplicidad y rapidez en la instalación:** La instalación es rápida y fácil y elimina la necesidad de cableado.
- **Flexibilidad en la instalación:** La tecnología inalámbrica permite a la red llegar a puntos de difícil acceso para una LAN cableada.
- **Escalabilidad:** Este tipo de sistemas es muy robusto a la hora de extender la red, pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas. Las configuraciones son muy fáciles de cambiar y además resulta muy fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red.
- **Costo reducido:** El costo de inversión es reducido gracias a que no se utiliza el cableado hasta llegar a un punto aunque la inversión inicial requerida para una red

inalámbrica puede ser más alta que el costo en hardware de una LAN, la inversión de toda la instalación y el costo durante el ciclo de vida puede ser significativamente inferior. Los beneficios a largo plazo son superiores en ambientes dinámicos que requieren acciones y movimientos frecuentes.

## **2.13 CRITERIOS DE DISEÑO DE UN RADIO ENLACE**

En este punto se describen los criterios a tomar en cuenta a la hora de realizar un radio enlace, permitiendo garantizar de este modo el correcto funcionamiento del sistema de radio enlaces.

El diseño de un radio enlace esta dado de acuerdo a los siguientes pasos:

- Tomar en cuenta factores que pueden degradar la señal en el trayecto de propagación.
- Tener claro que el enlace depende de la potencia del equipo transmisor y la sensibilidad del receptor.
- Analizar la zona de fresnel para mantener una buena línea de vista entre ambos equipos.
- Realizar un presupuesto de potencia y cálculo del radio enlace, para el cálculo de los equipos adecuados para el radio enlace.
- Calculo del tráfico a cruzar en el sistema de radio enlaces a fin de determinar la carga en el radio enlace.
- Elección del sito de instalación.
- Relevamiento del perfil del terreno y cálculo del mástil para la antena.
- Estimación del sistema de radio enlaces mediante algún software de comportamiento de enlaces de modo que defina las características a presentarse en el radioenlace una vez implementado.
- Instalación del radio enlace y su posterior prueba con trafico real.

### **2.13.1 LÍNEA DE VISTA**

La línea de vista es un término muy importante en un radio enlace, puesto que de este depende cuan adecuado y eficiente se da la transmisión de información. Se puede decir que existe línea de vista cuando dos puntos pueden verse claramente entre si sin ningún obstáculo

adyacente a la línea visual; debe de haber un cierto grado de distancia para que los puntos tengan una buena línea de vista y puedan comunicarse sin problemas.

### 2.13.2 ZONA DE FRESNEL

La zona de fresnel es un lóbulo de cobertura entre las antenas, que debe estar libre de obstáculo para que la comunicación entre 2 puntos sea correcta, existes varias zonas de fresnel pero la importante es la primera ya que en esta es donde se concentra la mayor parte de contribución de la señal y la segunda zona son aportaciones negativas, es por esto que se debe de tener por lo menos el 60 % del radio de la primera zona de fresnel libre de obstáculos para el diseño de un radio enlace y la comunicación sea aceptable (Contreras, 2010). Para lo cual se utiliza la siguiente fórmula citada en (Buettrich & et al, 2013).

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(d1*d2)}{f*d}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

r: Radio de la primera zona de fresnel en metros.

d1y d2: Distancias desde el obstáculo a los extremos del enlace en metros.

f: Frecuencia en Mhz.

d: Distancia total en metros.

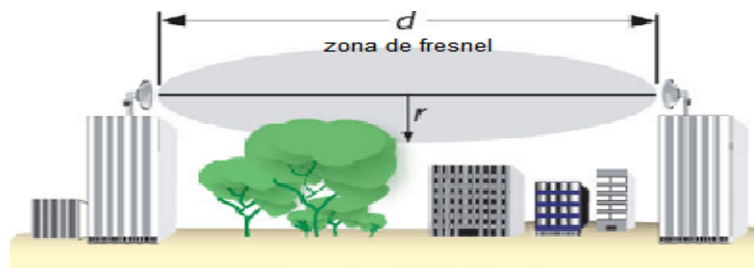


Figura 23: Lóbulo de la zona de Fresnel.

Fuente: Un Blog de Tecnología, Software Libre, Redes y Telecomunicaciones. Recuperado de: <http://magnetoox24.wordpress.com/2012/12/16/zonas-de-fresnel-en-redes-inalambricas/zinafresnel/>

### 2.13.3 POTENCIA

La potencia se mide en vatios (w) y es un parámetro esencial en la elección de una antena, esta característica determina el alcance mínimo necesario de irradiación que una antena debe tener para que el receptor detecte la señal de manera aceptable. Y está gobernada por la siguiente fórmula citada en (Wndw, 2013).



$$P = E^2 \quad \text{Ecuación (3)}$$

### 2.13.3.1 Cálculo en dB

Es el método más simple para el cálculo de la potencia es el decibelio (dB), es una unidad sin dimensión, y define la relación entre dos medidas de potencia, su comportamiento es de naturaleza exponencial y se define mediante la siguiente fórmula citada en (Buettrich S. , 2007).

$$\text{dB} = 10 * \log(P1/P0) \quad \text{Ecuación (4)}$$

He aquí algunos valores que es importante recordar:

+3 dB = doble potencia

-3 dB = mitad de la potencia

+10dB=orden de magnitud (10 veces la potencia)

-10 dB = un décimo de la potencia

Además de los dB adimensionales, hay cierto número de definiciones relacionadas que están basadas en una referencia P0 fija. Las más relevantes para nosotros son:

dBm relativo a P0= 1 mW

dB<sub>i</sub> relativo a una antena isotrópica ideal

## 2.14 PRESUPUESTO DE POTENCIA DE UN RADIOENLACE

Un presupuesto de potencia es el cálculo de ganancias y pérdidas durante todo el trayecto del enlace desde transmisor hasta el receptor tomando en cuenta todas las pérdidas y ganancias del sistema a través de cables, conectores y espacio libre. Este tipo de estimación de potencia es necesaria para realizar un mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado, este punto se lo desarrollara en base a los criterios y conceptos del autor (Buettrich, 2007).

## **2.15 ELEMENTOS DE UN PRESUPUESTO DE UN ENLACE**

Estos elementos se dividen en tres partes tal como lo define a continuación (Buettrich, 2007).

- El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.
- Pérdidas en la propagación.
- El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva.

### **2.15.1 LADO DE TRANSMISIÓN**

En esta parte se toman en cuenta parámetros de pérdidas y ganancias hasta la el equipo transmisor.

#### **2.15.1.1 Potencia de Transmisión**

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. Su límite superior depende de las regulaciones vigentes de cada país. La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Hay que tener en cuenta que las especificaciones técnicas están en valores ideales (Buettrich, 2007).

#### **2.15.1.2 Pérdida en el cable**

Son pérdidas en la señal producida en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. todo tipo de cable genera pérdidas (Buettrich, 2007).

#### **2.15.1.3 Pérdidas en los conectores**

La pérdida en conectores es otro punto más que hay que tomar en cuenta, se considera una breve estimación de 0.3 a 0.5 dB, pero es mejor revisar la hoja del fabricante para utilizar el valor adecuado.

#### **2.15.1.4 Ganancia de antena**

El último parámetro en esta sección es esencial y está relacionada con la potencia de transmisión de la antena y es medida en dBi. Este punto es analizado tanto para el lado de transmisión como para el lado de recepción.

## 2.15.2 PÉRDIDAS DE PROPAGACIÓN

Es la pérdida de la intensidad de señal desde que sale del equipo transmisor hasta el equipo receptor.

### 2.15.2.1 Pérdidas en el espacio libre

Este tipo de pérdidas se da en el espacio libre debido a la misma naturaleza de las ondas electromagnéticas por la pérdida de energía. La pérdida en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia; es decir esta pérdida depende de la distancia del enlace y la frecuencia a la que opera. Como regla general, 100 dB se pierden en el primer kilómetro y la señal es reducida 6 dB cada vez que se duplica la distancia (Buettrich, 2007). La ecuación que describe esta pérdida es la siguiente, la cual se encuentra citada en el texto del autor antes mencionado:

$$PEA(\text{dB}) = 20 \log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + k \quad \text{Ecuación ( 5)}$$

Si  $d$  está en metros y  $f$  en Hz.  $k = -187.5$

Si  $d$  está en Km. y  $f$  en GHz.  $k = 92.4$

Si  $d$  está en Km. y  $f$  en MHz.  $k = 32.45$

$d$  = distancia en metro.

$f$  = frecuencia en Hz.

$K$  = constante que depende de las unidades usadas en  $d$  y  $f$ .

Es en este punto donde se considera la zona de fresnel para la evaluación del lóbulo de comunicación libre de obstáculos descrita en el punto 2.13.2.

## 2.15.3 LADO RECEPTOR

### 2.15.3.1 Sensibilidad del receptor

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder obtener datos para tener una buena tasa de transmisión, Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio.

### 2.15.3.2 Cálculo de la potencia nominal de recepción

Se determina mediante la diferencia entre la potencia de transmisión, pérdidas en el sistema y ganancias de la antena, y se define mediante la siguiente fórmula citada en (Buettrich S. , 2007).

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{BTX} - A_{WGTX} + G_{TX} - A_0 - A_{LL} + G_{RX} - A_{WGRX} - A_{BRX} \quad \text{Ecuación (6)}$$

$P_{RX}$ : Potencia nominal del recepción (dBm).

$P_{TX}$ : Potencia de transmisión (dBm).

$A_{BTX}$ : Pérdidas de branching en el lado de transmisión (dB).

$A_{WGTX}$ : Pérdidas en cable en lado de transmisión (dB).

$G_{TX}$ : Ganancia de la antena de transmisión (dB).

$A_0$ : Pérdidas en el espacio libre (dB).

$A_{LL}$ : Atenuación por lluvia (dB).

$G_{RX}$ : Ganancia de la antena de recepción

$A_{WGRX}$ : Pérdidas en cable en lado de recepción (dB).

$A_{BRX}$ : Pérdidas de branching en el lado de recepción (dB).

### 2.15.3.3 Determinación de la potencia umbral

Es el valor de potencia recibida por el receptor que asegura una tasa de error  $Ber$  de  $10^{-3}$  y  $10^{-6}$ , este dato es un dato del equipo.

### 2.15.3.4 Margen respecto al umbral

Es un valor de diferencia obtenido entre potencia nominal de recepción y la potencia umbral del receptor y se calcula con la siguiente ecuación la cual se encuentra citada en el la recomendación (UIT-R-530-15, 2013).

$$M_U = P_{RX}(\text{dBm}) - P_U(\text{dBm}) \quad \text{Ecuación (7)}$$

$M_U$ : Margen respecto al umbral.

$P_{RX}$ : Potencia nominal de recepción.

$P_U$ : Potencia umbral del receptor.

Se puede decir que cuando  $P_{RX} > P_U$  el enlace funciona, pero no es una condición suficiente para garantizar que  $M_U$  cubra el desvanecimiento.

### 2.15.3.5 Margen de desvanecimiento

Se producen por pérdidas de diferentes fenómenos atribuidas a perturbaciones meteorológicas como lluvia nieve, granizo, multitrayectoria, etc. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal se agrega una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal, a esta pérdida se llama margen de desvanecimiento. Esta pérdida se da de acuerdo a las ecuaciones Barnett-Vignant. Pero se establece una pérdida de 10 dB para un enlace en condiciones normales la cual va relacionada al margen respecto al umbral, citado en el siguiente texto (Buettrich & et al, 2013).

$$FM(dB) = 30\log d + 10\log 6ABf - 10\log (1-R) - 70 \quad \text{Ecuación ( 8)}$$

Donde:

d: Longitud del trayecto en Km.

f: Frecuencia del enlace en Ghz.

(1-R): Es el objetivo de calidad para un salto de 400 Km.

A: Factor de rugosidad del terreno.

B: Factor climático para convertir el peor mes a probabilidad normal.

### 2.15.3.6 Margen y Relación S/N

Este concepto trata acerca del margen para garantizar el funcionamiento adecuado, además analiza una determinada señal con respecto al ruido de fondo que existe por naturaleza, cuanto mayor sea esta relación menos molesto es el ruido de fondo por ende la señal es más clara. Esta relación está definida por la siguiente ecuación (Buettrich, 2007).

$$SNR(dB) = 10 \log_{10} \frac{\text{Potencia señal}}{\text{Potencia ruido}} \quad \text{Ecuación ( 9)}$$

El presupuesto del enlace completo se describe a continuación.

**Margen = Potencia de transmisión [dBm] – Perdidas en el cable Tx [dB] + Ganancia de antena Tx [dBi] – Perdida en la trayectoria del espacio abierto [dB] + Ganancia antena de recepción [dBi] – Perdida de cable Rx [dB] – Sensibilidad del receptor [dBm]**

## **2.16 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS 802.11 A/B/G/N**

Este tipo de tecnología está definida por el estándar IEEE 802.11 que es un tipo de redes inalámbricas Wifi para entornos locales, logrando realizar comunicaciones entre usuarios de una misma red. Existen varias variables de esta tecnología que se describen a continuación.

### **2.16.1 MODOS DE OPERACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA**

Existen dos tipos de modos de operación los cuales se menciona a continuación.

#### **2.16.1.1 Modo bss**

Este modo se denomina modo infraestructura. En esta configuración se conectan un determinado número de puntos de acceso a una red cableada. Cada red “wireless” posee su propio nombre (Buettrich, 2007).

#### **2.16.1.2 Modo ibss**

Este modo se denomina modo ad-hoc, se ha diseñado para facilitar las conexiones punto a punto. Es un método para que los clientes inalámbricos puedan establecer una comunicación directa entre sí, en este tipo de modo no es necesario involucrar un punto de acceso central (Wndw, 2013).

### **2.16.2 ARQUITECTURA DE CAPAS 802.11**

El estándar IEEE 802.11 define dos tipos de capas en las primeras capas del modelo OSI<sup>1</sup>, con ciertas diferencias en lo respecta a su estructura para su funcionamiento.

---

<sup>1</sup> [OSI] Modelo de interconexión de sistemas abiertos: Modelo de red descriptivo creado por la organización internacional para la estandarización (Textos científicos.com,2006)

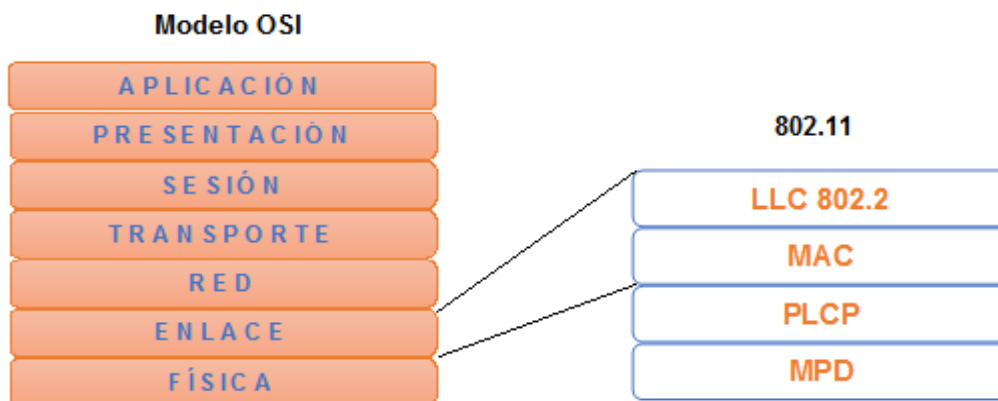


Figura 24: Capas del estándar IEEE 802.11 definidas en el modelo OSI.

Fuente: Redes inalámbricas de acceso. Recuperado de: Comparativa IEEE 802.11 e IEEE 802.16 (Milagro & Los Santos, 2009).

IEEE 802.11 define dos tipos de capas en la capa física y dos más en capa enlace, cada una de las cuales permite la adaptación de la información a ser transmitida.

#### 2.16.2.1 Capa física

- La capa física contiene dos subcapas que permiten transportar correctamente la señal, hablando en términos binarios y es la encargada de la modulación y codificación de datos.
- PMD (Physical Medium Dependant) es la encargada de la modulación y codificación de la señal y aplicación de técnicas de espectro ensanchado gestionando características particulares del medio inalámbrico (Milagro & Los Santos, 2009).
- PLCP (Physical Layer Convergent Procedure) es la encargada del acondicionamiento de tramas que provienen de la capa MAC para él envío a través del radio añadiendo una cabecera y un preámbulo a los datos. Realiza censado de portadora para la capa MAC (Escudero, 2007).

#### 2.16.2.2 Capa enlace

La capa de enlace contiene dos subcapas, MAC (Medium Access Control) es la encargada de proporcionar el control de transmisión de los datos en el aire mediante mecanismos de asignación para la utilización del medio físico; permite interactuar con la red cableada y controla las tasas de transmisión si no posee un adecuado control de ellas (Escudero, 2007).

La subcapa MAC define tres modos de acceso que se describen a continuación

DCF CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) es una adaptación de 802.3 pero para el medio inalámbrico, especifica un mecanismo de acceso al medio mediante un escucha para verificar si el medio está siendo usado, en caso de estar inactivo transmite; permite resolver problemas como la movilidad de estaciones, la variación de la calidad del enlace de radio y la aparición de terminales ocultos; para lo cual utiliza distintos tiempos de espera con cuatro niveles de prioridad (Escudero, 2007).

- SIFS (Short Inter Frame Spacing) : Máxima prioridad, reservado para Ack y cts.
- PIFS (PCF IFS): Prioridad media, reservado para servicios que emplean el modo consulta de PCF.
- DIFS (Distribution Coordination Function IFS): Prioridad baja, para servicios de datos asíncronos.
- EIFS (Extended IFS): IFS de duración larga, empleada cuando una estación no ha sido capaz de entender el campo de duración de la trama, evita que la estación no detecte la siguiente trama (Milagro & Los Santos, 2009).

Las estaciones que esperan a transmitir la información consultan el campo NAV (Network Allocation Vector) que es una reserva de tiempo por una estación que está transmitiendo, esperan hasta que el NAV sea igual a cero y transmiten.

LLC (Logical Link Control) es la encargada de colocar la información en la trama y hace posible que varios protocolos puedan coexistir en una misma red (Tanenbaum, 2003).

### 2.16.3 FORMATO DE TRAMA 802.11

La trama está definida en el estándar IEEE 802.11 que describe la funcionalidad y estructura de la trama de datos.

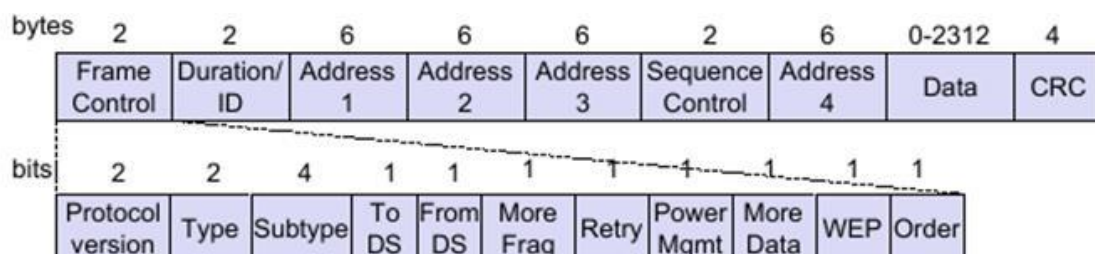


Figura 25: Formato de trama 802.11

Fuente: Todo es seguro. Recuperado de: [http://todoesseguro.blogspot.com/2008\\_07\\_01\\_archive.html](http://todoesseguro.blogspot.com/2008_07_01_archive.html)



Frame control: Como su nombre lo indica es un campo que controla el estado de la trama

Duración ID: indica el tiempo que el canal estará ocupado hasta que llegue una Transmisión correcta.

Address 1-4: Contienen una dirección en el formato de la trama, origen destino y aps intermedios.

Sequence control: Es usado para representar el orden de distintos fragmentos correspondientes a la misma trama y para reconocer paquetes duplicados.

CRC: Es un campo de 32 bits conteniendo un Chequeo de Redundancia.

#### **2.16.4 MODOS DE ACCESO**

El protocolo de la subcapa MAC para el estándar 802.11 es muy diferente del de Ethernet debido a la complejidad del entorno inalámbrico, en un sistema cableado una estación simplemente espera hasta que el medio queda en silencio y comienza a transmitir. Si no recibe una ráfaga de ruido dentro de los primeros 64 bytes, con seguridad la trama ha sido entregada correctamente. Esta situación no es válida para los sistemas inalámbricos, además en este campo existe el problema de la estación oculta que sucede cuando existen tres dispositivos inalámbricos en el cual solo dos pares cercanos se escuchan mas no los de cada extremo. Es por esto que 802.11 utiliza tres modos de funcionamiento para el acceso al medio y evitar colisiones (Tanenbaum, 2003).

- DCF CSMA/CA (obligatorio)  
Evita colisiones a través de un mecanismo de back off aleatorio  
Paquete ACK para confirmación de recepción (no para difusiones)
- DCF con RTS/CTS (opcional)  
Evita el problema del nodo escondido y expuesto, ofrece robustez  
PCF (opcional)
- Cada punto de acceso hace polling a los terminales asociados de la lista.

#### **2.16.5 PROBLEMA DE NODO OCULTO Y NODO EXPUESTO**

El problema de los nodos escondidos es una consecuencia del hecho de que en una red inalámbrica no todas las estaciones tienen por qué ver a todas las demás.

### 2.16.5.1 Nodo oculto

Supongamos que A quiere enviar una trama a B. A detecta que el canal está libre y empieza a transmitir. Instantes más tarde, cuando A está aún transmitiendo, C quiere también enviar una trama a B; C detecta que el canal está libre, ya que él no está recibiendo la emisión de A pues se encuentra fuera de su radio de cobertura. Por tanto C empieza a transmitir y en B se produce una colisión. Como consecuencia B no recibe correctamente ni la trama de A ni la de C.

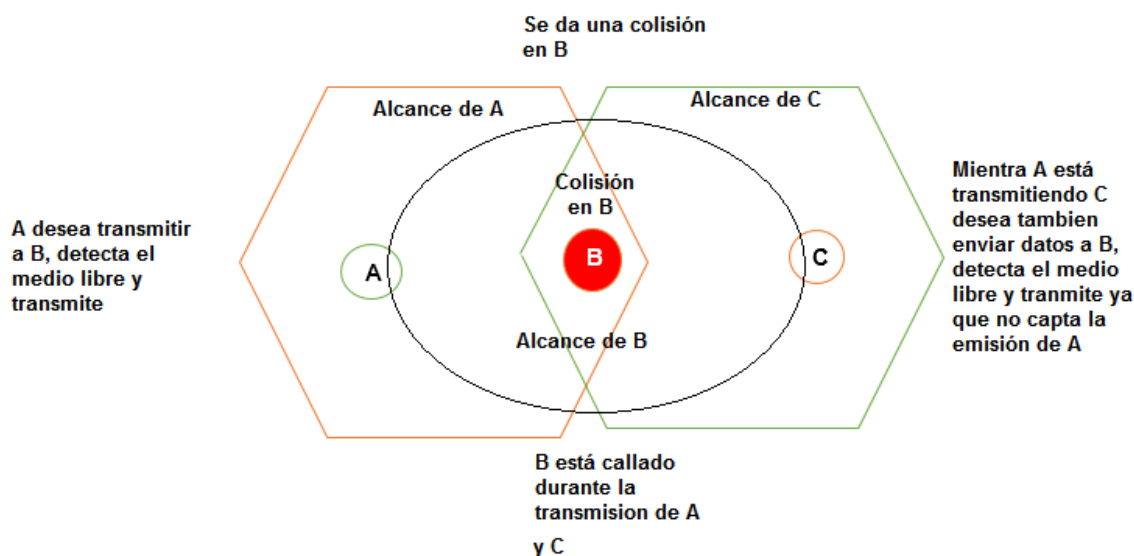


Figura 26: Problema de nodo oculto

Fuente: Elaboración propia.

#### Solución

Este problema lo describe de mejor manera a continuación (Tanenbaum, 2003).

- El emisor (A) envía un mensaje RTS (Request To Send) a B en el que le advierte de su deseo de enviarle una trama; además en dicho mensaje A le informa de la duración de la misma. Este mensaje no es recibido por C.
- Como respuesta al mensaje de A, B envía un CTS (Clear To Send) en el que le confirma su disposición a recibir la trama que A le anuncia. Dicho mensaje CTS lleva también indicada la duración de la trama que B espera recibir de A.
- C no recibe el mensaje RTS enviado por A, pero sí recibe el CTS enviado por B. Del contenido del mensaje CTS C por tanto puede saber cuánto tiempo estará ocupado el canal, pues el mensaje indica la duración de la trama a transmitir.

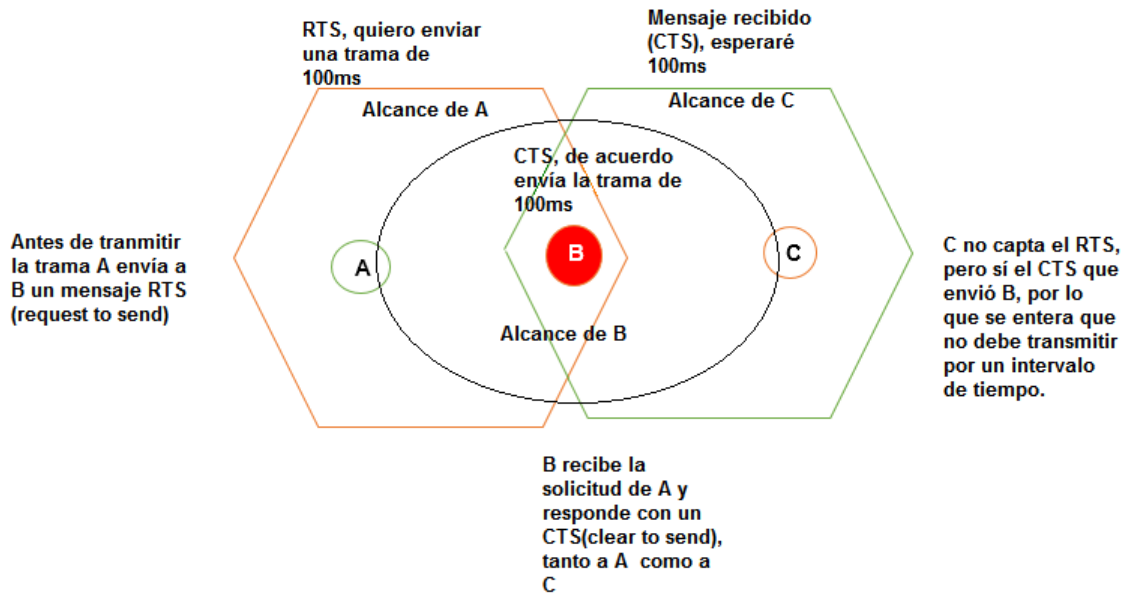


Figura 27: Solución del nodo escondido mediante DCF con RTS Y CTS

Fuente: Elaboración propia

### 2.16.5.2 Nodo expuesto

Una estación cree que el canal está ocupado, pero en realidad está libre pues el nodo al que oye no le interferiría en nada para transmitir a otro adyacente. Suponiendo que B envía tramas hacia A. C está consciente de la transmisión por que escucha a B. Sería un error que C concluya que no puede transmitir a nadie solo porque escucha la transmisión de B. Suponiendo que C quiere transmitir a D, esto no sería un problema ya que la transmisión de C no interfiere con la habilidad de A en recibir la señal de B.

Solución

- Cualquier nodo que vea la trama RTS pero no la trama CTS no está lo suficientemente cerca al receptor para interferir y por lo tanto puede transmitir.
- Si dos o más nodos detectan un enlace libre y tratan de transmitir una trama RTS al mismo tiempo, sus tramas RTS colisionarán. 802.11 no soporta detección de colisiones, pero quienes enviaron las tramas RTS sabrán que ocurrió una colisión si no reciben una trama CTS, después de un periodo de tiempo. Los nodos esperan un tiempo aleatorio considerable antes de intentar nuevamente.

### 2.16.6 IEEE 802.11 A

Este estándar es una de las primeras aproximaciones de redes Wifi junto IEE 802.11 b, llega a alcanzar velocidades de 54 Mbps, opera en la banda de frecuencia de 5 Mhz; su ventaja es que opera en un rango de frecuencia que se encuentra menos obstruida en tanto que su desventajas son compatibilidad con estándar como 802.11 b o 802.11 g, y la no incorporación de QoS por lo que la hace no apta para transmisión de voz. Utiliza 52 subportadoras orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM<sup>2</sup>) y tiene 12 canales sin solapa, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto (Internacional, 2008).

### 2.16.7 IEEE 802.11 B

Soporta velocidades de hasta 11 Mbps, utiliza la frecuencia de radio que es 2.4 GHz, debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo (CSMA/CA<sup>3</sup>), en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5,9 Mb/s a 7,1 Mbit/s. Tiene el problema de interferencias con hornos de microondas, celulares y otros aparatos que funcionen en la misma frecuencia (Beltran, 2013).

### 2.16.8 IEEE 802.11 G

El 802.11 g es un tipo de híbrido entre el 802.11a y el 802.11b. El estándar 802.11g usa la misma tecnología de transmisión que el 802.11a, OFDM pero a un rango de frecuencias de 2.4 Ghz; lo que aumenta la tasa de transmisión y es compatible con 802.11 b, su velocidad máxima teóricamente es de hasta 54mbps y la real es de 22 Mbps aproximadamente (Internacional, 2008).

### 2.16.9 IEEE 802.11 N

Wi-Fi, 802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz (la que emplean 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que usa 802.11a). Gracias a ello, 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de Wi-Fi. Su velocidad teórica es de

---

<sup>2</sup> [OFDM] Multiplicación por división de frecuencias ortogonales: Consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información la cual es modulada (Ramírez Behaine, 2006).

<sup>3</sup> [CDMA] Acceso múltiple con escucha de portadora y evasión de colisiones: protocolo de control de acceso a redes de bajo nivel que permite que múltiples estaciones utilicen un mismo medio de transmisión (Stallings, 2004).

600 Mbps, gracias a la tecnología MIMO que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos (Solutions, s.f.).

IEEE 802.11 N	
Maximum data rate (Mbps)	600
RF Banda (Ghz)	2.4 -5
Modulation	CCK. DSSS. OFDM
Number of spatial streams	1. 2. 3. 4
Channel width (Mhz)	20. 40

Figura 28: Especificaciones básicas del estándar IEEE 802.11 n.

Fuente: Estándar IEEE 802.11 n. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/352/1/T-ESPE-022230.pdf>

### Características

Cuenta con una velocidad de modulación cerca de seis veces más rápida y una tasa de transferencia de datos de 2 a 5 veces que una antena WiFi 802.11 a/g, mejoras sustanciales en cobertura y calidad de conexión. El WiFi.

**OFDM Mejorado.** Modulación OFDM nueva y más eficiente que provee anchos de banda más amplios y mayores velocidades de datos.

**Canales de 40 Mhz.** 802.11n duplica las velocidades de datos mediante el incremento de ancho de canal de transmisión a 40 Mhz. Puede acomodar 128 subportadoras utilizando un espacio entre ellas de 311.5 KHz, El mismo utilizado en 20 Mhz.

**Múltiple entrada/ Múltiple salida.** Un sistema de radio con múltiples entradas al receptor y múltiples salidas del transmisor capaz de enviar y recibir simultáneamente.

**Agregación de tramas.** 802.11n mejora la capa MAC y reduce la transmisión de encabezados permitiendo que varias tramas de datos sean enviadas como parte de una sola transmisión, liberando el medio para su uso por otras transmisiones, y así incrementando la eficiencia y throughput de la red (Solutions, s.f.).

**MAC eficiente.** Emplea empaquetamiento de múltiples tramas en una sola trama más grande, lo cual reduce el número de tramas en el aire y mejora la capacidad global.

## **2.17 MODOS DE TRANSMISIÓN**

### **2.17.1 SIMPLEX**

Ocurre solo en una dirección, deshabilitando al receptor de responder al transmisor. Normalmente la transmisión simplex no se utiliza donde se requiere interacción humano-máquina. La radiodifusión de TV y radio es un ejemplo de este modo (Martínez, 2007).

### **2.17.2 HALF-DUPLEX**

Permite transmitir en ambas direcciones; sin embargo, la transmisión ocurre solamente en una dirección a la vez (Stallings, 2004).

### **2.17.3 FULL-DUPLEX**

Permite transmitir en ambas dirección, pero simultáneamente por el mismo canal, Existen dos frecuencias una para transmitir y otra para recibir.

## **2.18 SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS**

En el ámbito de seguridad de redes inalámbricas locales existen algunos protocolos de encriptación que permiten proteger los datos de usuario a través del espacio libre, cabe destacar que el hecho que se apliquen protocolos de seguridad a una red inalámbrica no implica que se encuentren cien por ciento seguros ya que para cada protección, existe una llave que logra abrir una cerradura, a continuación se describirán algunos protocolos de seguridad.

### **2.18.1 WIRED EQUIVALENT PRIVACY (WEP)**

Fue el primer estándar de seguridad Wifi, hay tres tipos principales de claves WEP: Una clave WEP estándar de 64 bit, una clave WEP de 128 bits y una clave WEP de 256 bit. Es una función de seguridad de red que se utiliza las redes inalámbricas. La clave WEP es el código de seguridad que permite a un grupo de equipos inalámbricos intercambiar información. Hoy en día es un protocolo vulnerable ya que es fácil de descifrar mediante ataques más conocidos (Wndw, 2013).

### **2.18.2 WIFI PROTECTED ACCESS (WPA)**

Es otro protocolo de autenticación de seguridad Wi-fi fue creado para tratar de solucionar a los problemas de su antecesor WEP, Introdujo mejoras de seguridad como el TKIP (Temporal Key Integrity Protocol), que varía por sí solo la contraseña Wi-Fi cada cierto tiempo (Barajas, s.f). Tiene dos variantes y se describen a continuación.

WPA-Personal. Usa el sistema PSK, o de clave pre compartida. Todos los usuarios de la red inalámbrica tienen una misma contraseña Wi-fi, que el propio usuario define.

WPA empresarial (WPA-Enterprise). Ofrece seguridad adicional al obligar al usuario a identificarse con un nombre y contraseña en sistemas de autenticación especiales, como RADIUS o 802.1X.

### **2.18.3 WIFI PROTECTED ACCESS VERSION 2(WPA2)**

WPA2 es un mejora de WPA en seguridad mediante el uso del Sistema de Encriptación Avanzada (Advanced Encryption System) AES, y un estándar de encriptación, en lugar del TKIP. Es compatible con WPA, lo que significa que en la red Wi-Fi se puede usar PCs o dispositivos que admitan uno u otro sistema (Wndw, 2013).

## **CAPÍTULO III**

### **3 ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA DE RED ACTUAL**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD GAD-MT**

El GAD-MT de Tulcán es una institución pública dedicada al servicio del pueblo y a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos tulcanesños, mediante el planeamiento y ejecución de proyectos que lleven al desarrollo cantonal en beneficio de sus habitantes; ejerce sus funciones conformado por todo un grupo de trabajo y pensando en el bienestar de la sociedad, a través de fondos estatales e ingresos de recaudación que se obtiene por pagos de ordenanza municipal.

##### **3.1.1 MISIÓN**

“El gobierno municipal de Tulcán es una institución autónoma y descentralizada que genera, orienta y norma planificadamente el desarrollo cantonal urbano y rural, dotando de obras de infraestructura y equipamiento básicos con aporte de la comunidad, ofertando servicios de calidad para elevar el nivel de vida de su población con equidad social. En un marco de transparencia potencia los recursos humanos, económicos y naturales mediante la gestión financiera nacional e internacional y asume con responsabilidad el proceso de descentralización, en cumplimiento de su rol binacional, propicia alianzas de vecindad para el desarrollo regional de la frontera” (GAD-MT, 2014).

“Desarrollo integral del cantón con el respectivo equilibrio en cada una de sus parroquias, caracterizándose como un proceso dinámico, vivo y participativo que cada día debe ser enriquecido y perfeccionado, para conseguir “el bienestar común” de las tulcaneñas y tulcanesños” (GAD-MT, 2014).

##### **3.1.2 VISIÓN**

###### **3.1.2.1 Visión de la ciudad**

“Ciudad fronteriza andina prestadora de servicios, de intercambio comercial y de transferencia nacional e internacional” (GAD-MT, 2014).



### **3.1.2.2 Visión del cantón**

“Que el cantón Tulcán, sus parroquias y sus pobladores en general vivan un nuevo ejercicio de democracia, potencializando el cambio no solo a través un canal de demandas sino como un espacio de debate y construcción de la economía, de la sociedad y de la oxigenación de la política local, para lo cual es importante mantener un proceso permanente y participativo en el que se operativicen conceptos como: Pluriculturalidad, Plurisocietalidad, equidad socioeconómica, de género y generacional actual y futura, equilibrio y equidad entre biodiversidad y desarrollo sostenible y sustentable, construcción de las entidades y derecho a vivir las diferencias, gestión municipal, descentralización, gestión local, concertación y gobernabilidad” (GAD-MT, 2014).

### 3.1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

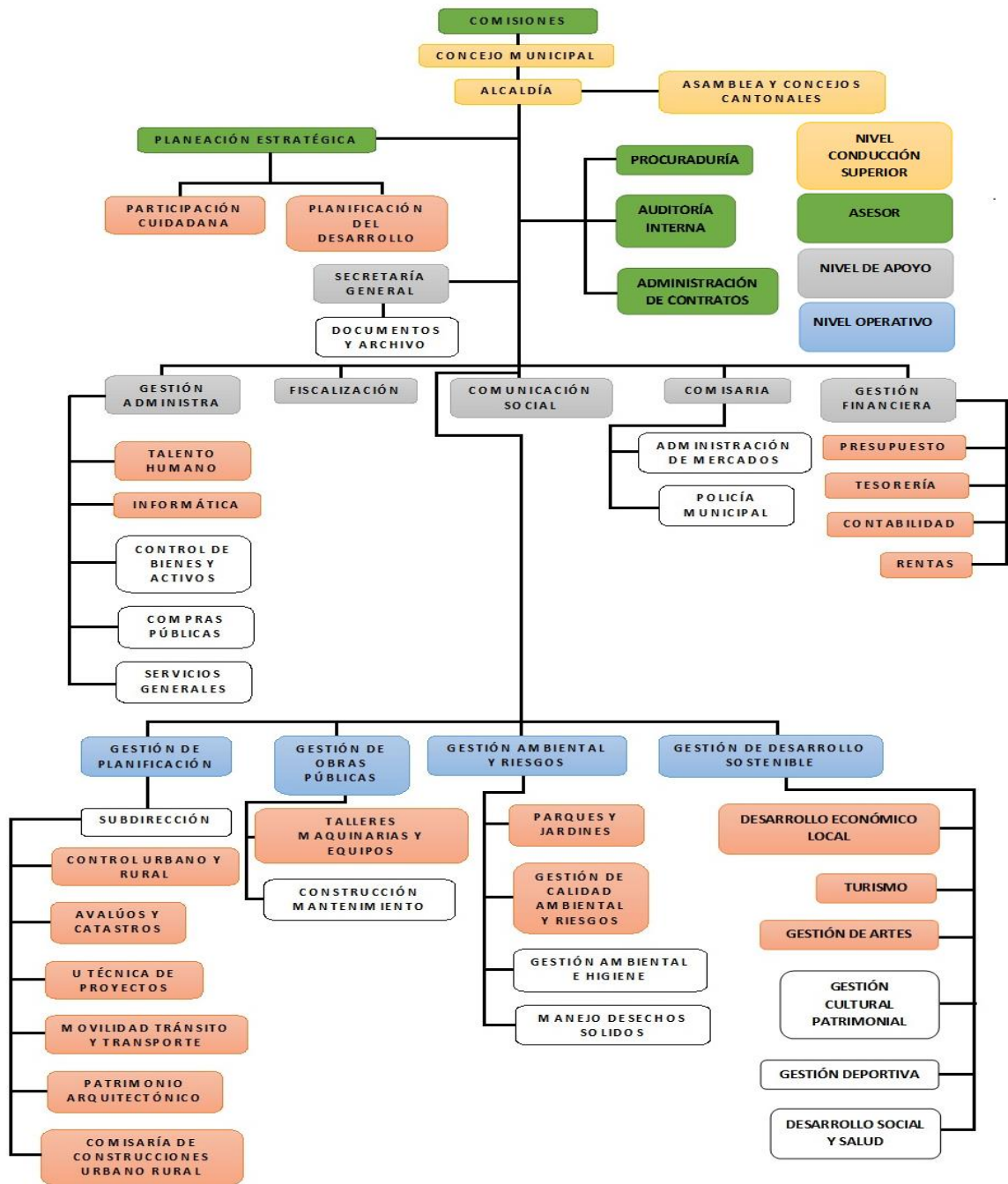


Figura 29: Estructura organizacional del GAD-MT

Fuente: Reglamento orgánico funcional del gobierno municipal de Tulcán. Recuperado de: [http://www.gmtulcan.gob.ec/descargas/LOTAIP\\_2013/ORGANIGRAMA.jpg](http://www.gmtulcan.gob.ec/descargas/LOTAIP_2013/ORGANIGRAMA.jpg)

### 3.1.4 UBICACIÓN GAD-MT

La infraestructura se construyó por los años 70 y se encuentra ubicada en el centro de la ciudad de Tulcán provincia del Carchi entre las calles José Joaquín de Olmedo y 10 de Agosto.



Figura 30: Ubicación del edificio GAD-MT

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de Google maps.

### 3.1.5 INSTALACIONES GAD-MT TULCÁN

La entidad se encuentra compuesta por una infraestructura de cinco plantas en las cuales se desarrolla todas sus actividades y funciones.



Figura 31: Vista frontal del edificio GAD-MT

Fuente: Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.



Figura 32: Vista lateral del edificio GAD-MT

Fuente: Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.1.6 DISTRIBUCIÓN DE DEPARTAMENTOS

A continuación se detalla el distributivo de acuerdo a la organización por departamentos en cada piso del edificio del GAD-MT.

Tabla 1: Distribución de departamentos del GAD-MT

PISO	DEPARTAMENTO	DEPARTAMENTO GENERAL
CUARTO	Biblioteca	
	Salón máximo de convenciones	
	Asociación de empleados municipales	
TERCERO	Desarrollo económico local	
	Turismo	
	Gestión de artes	<b>Gestión de desarrollo sostenible</b>
	Gestión cultural patrimonial	
	Gestión deportiva	
	Desarrollo social y salud	
	Talento humano	
	Sistemas informáticos y networking	
	Control de bienes y activos	
	Compras públicas	
SEGUNDO	Servicios generales	<b>Gestión administrativa</b>
	Auditoría interna	
	Servicios generales	
	Sindicatura	
	Dirección administrativa	
	Talleres maquinarias y equipos	<b>Gestión de obras públicas</b>
	Construcción mantenimiento	
	Procurador síndico	<b>Procuraduría</b>
	Fiscalización	<b>Fiscalización</b>
	Alcaldía	
PRIMERO	Secretaría general	<b>Alcaldía</b>
	Recepción	
	Participación ciudadana	<b>Planeación estratégica</b>
	Planificación del desarrollo	
	Presupuesto	
	Rentas	
	Tesorería	<b>Gestión financiera</b>
	Contabilidad	
	Dirección Financiera	
	Coactivas	
PRIMERO	Comunicación y Protocolo	<b>Comunicación y protocolo</b>
	Parques y jardines	
	Manejo desechos sólidos	<b>Gestión ambiental</b>
	Gestión de calidad ambiental y riesgos	

Continúa →

PISO	DEPARTAMENTO	DEPARTAMENTO GENERAL
RIMERO	Control urbano y rural	
	Avalúos y catastros	
	Técnica de proyectos	
	Movilidad tránsito y transporte	
	Patrimonio arquitectónico	
	Comisaria de construcciones urbano rural	<b>Gestión de planificación</b>
	Dirección de planificación	
	Registro de la propiedad	
PLANTA BAJA	Proyectos	
	Planificación urbana	
	Control de bienes y activos fijos	<b>Gestión administrativa</b>
	Policía municipal	<b>Comisaría municipal</b>
	Administración de mercados	
	Ventanillas de recaudación	<b>Gestión Financiera</b>
	Imprenta	<b>Varios</b>
	Farmacia	

Fuente: Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

## 3.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE DATOS

El edificio al ser construido en los años donde no se planificaba alguna infraestructura de comunicación de datos, no posee un diseño de ductos para el cableado estructurado y tampoco un lugar adecuado para el cuarto de telecomunicaciones; por lo que toda la infraestructura de red en la actualidad se encuentra funcionando por adecuaciones construidas de acuerdo a la necesidad de la entidad, y se encuentra en funcionamiento desde aproximadamente el año 2000.

### 3.2.1 CABLEADO HORIZONTAL

El cableado horizontal no cumple con las normas de cableado estructurado ANSI/EIA/TIA 569-B y ANSI/EIA/TIA 568-C; infringiendo las especificaciones de protección y radio de curvatura para un buen desempeño del cableado estructurado; los recorridos se encuentran extendidos mediante la utilización de canaletas a través del cielo raso o piso hasta las áreas de trabajo con cable UTP categoría 5e en cada piso, y se han ido incorporando nuevas rutas de tendido de acuerdo a las necesidades de cada departamento.

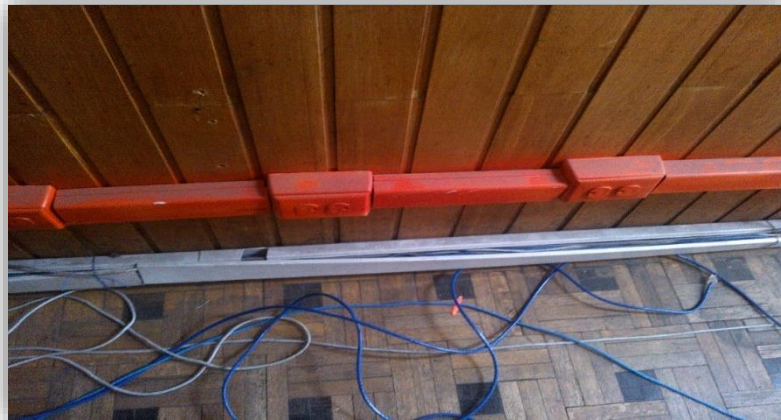


Figura 33: Recorrido de cableado Horizontal por piso

Fuente: Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.2 CABLEADO VERTICAL

De igual manera el cableado vertical no cumple con las especificaciones de cableado estructurado, su estructura se la adecuó de manera artesanal, que permita la comunicación con sus diferentes pisos.



Figura 34: Recorrido del cableado vertical

Fuente: Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.3 ÁREAS DE TRABAJO

El GAD-MT Tulcán se encuentra distribuido en departamentos, los cuáles se encuentran ordenados y compartidos por áreas de trabajo modulares en cada piso del edificio; su

distribución de puntos de red, son simples y no cuentan con un etiquetado adecuado para solventar problemas de conectividad al momento de suscitarse un fallo en la red.



Figura 35: Área de trabajo

Fuente: Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### **3.2.4 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN EL EDIFICIO GAD-MT**

En este apartado se detallará los equipos utilizados en el GAD-MT Tulcán distribuidos en cada piso, cabe mencionar que las imágenes son reales y fueron tomadas del GAD-MT con el permiso de la institución.

#### **3.2.4.1 Planta baja**

En la planta baja existen dos racks de la marca beaucoup de 24UR; y se encuentran ubicados, uno en área de rentas internas y otro en área de ventanillas de recaudación para mantener la organización de trabajo de acuerdo a cada departamento, estos racks no cuentan con una adecuada ubicación y no poseen un etiquetado adecuado para llevar a cabo la detección de fallas, además que sus conexiones se encuentran en desorden.



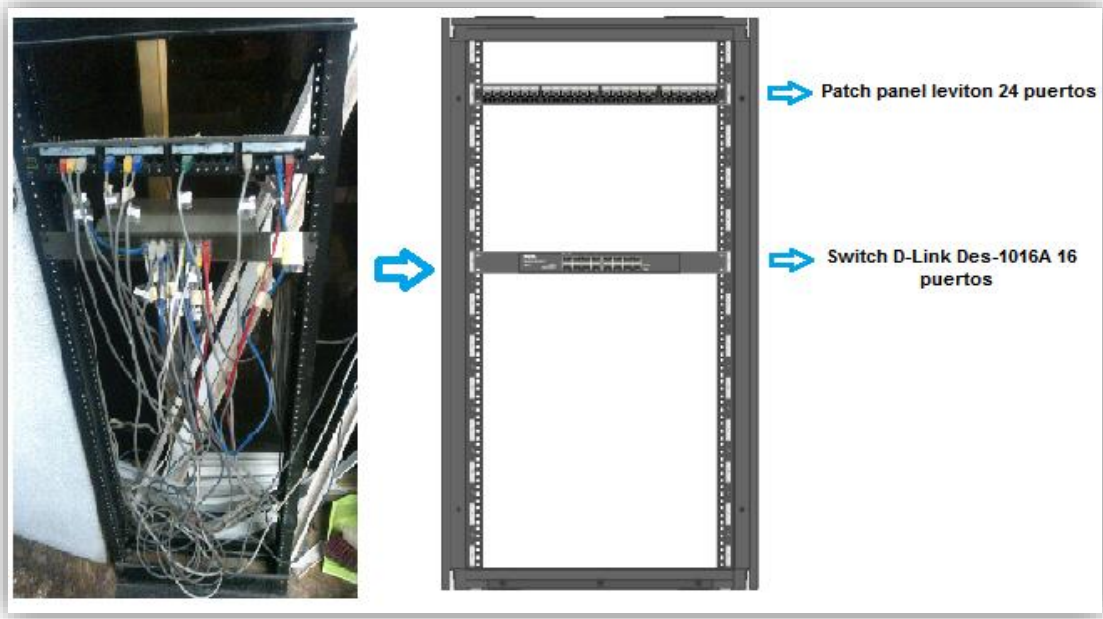


Figura 36: Rack#1 área de rentas internas

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

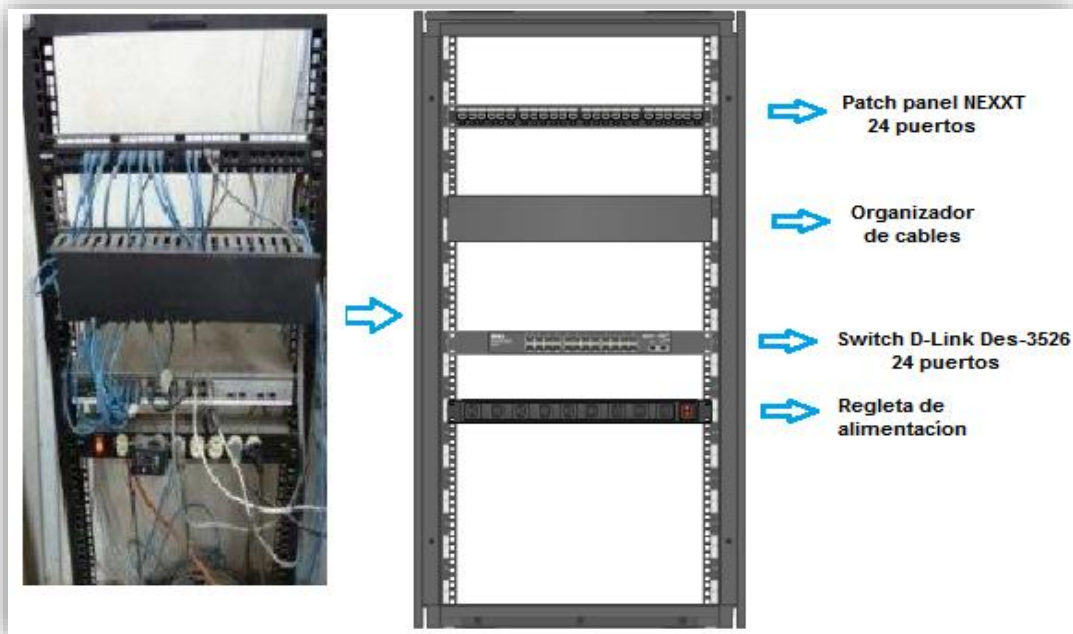


Figura 37: Rack#2 área de recaudación

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.4.2 Primer piso

En el primer piso se encuentra el tercer rack de la marca beaucoup de 24UR; ubicado en el departamento de Planificación Urbana, en donde además de no cumplir con un espacio apropiado, etiquetado y especificaciones adecuadas de cableado estructurado; cuenta con equipos que han sido añadidos sin una previa planificación para solventar el crecimiento de usuarios.

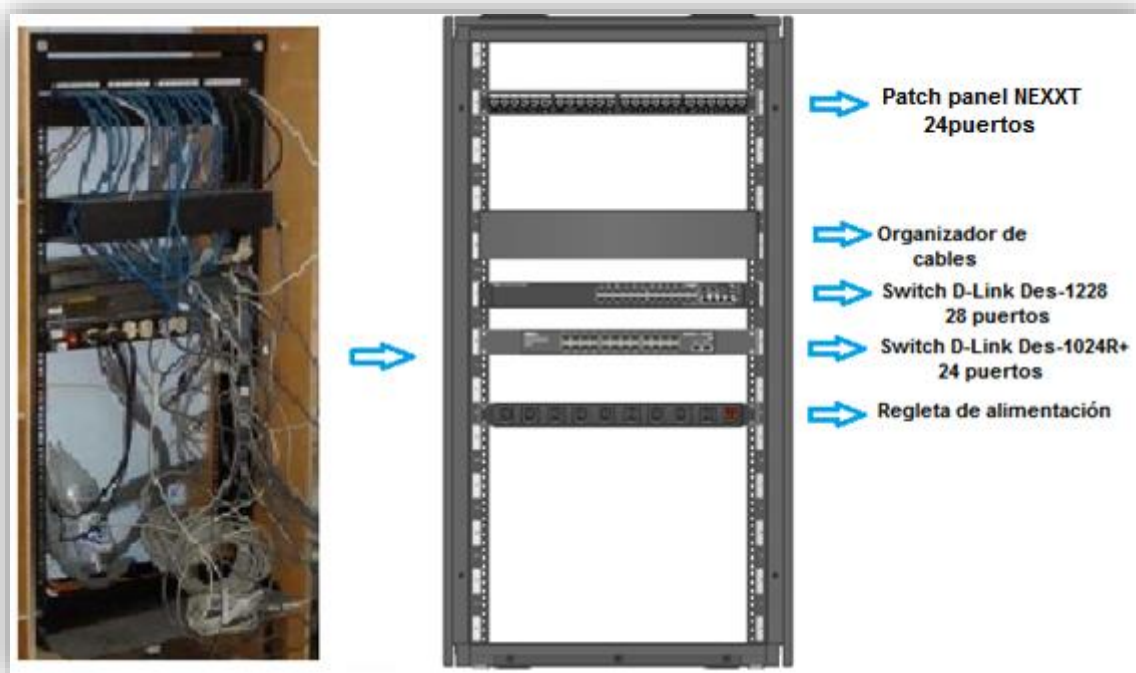


Figura 38: Rack#3 departamento de planificación urbana

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.4.3 Segundo piso

En este piso se encuentra el cuarto rack de la marca beaucoup de 24UR, instalado en el departamento de contabilidad en una ubicación no adecuada y sin las debidas medidas de protección, existe desorden en sus conexiones y su etiquetado no es el correcto; en este piso se tienen también equipos añadidos que se encuentran ubicados de forma artesanal para las conexiones a nuevos usuarios.

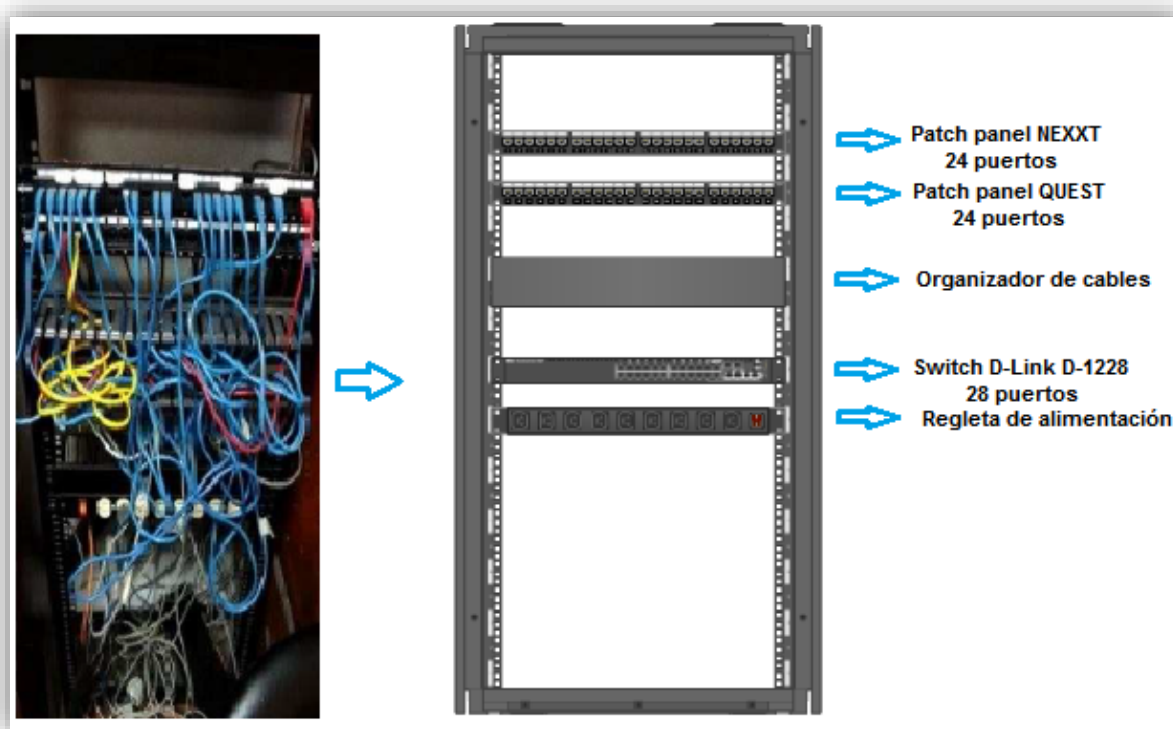


Figura 39: Rack#4 Departamento de contabilidad

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.4.4 Tercer piso

En este piso se encuentra el rack cinco de la marca beaucoup de 45UR que es el rack principal de la institución, en este convergen todos los servicios de los demás racks instalados en las diferentes plantas del edificio, se encuentra ubicado en el Departamento de Sistemas Informáticos y Networking; como en los casos anteriores presenta el incumplimiento de las especificaciones de cableado estructurado y normas de instalación, el lugar no cuenta con un sistema de ventilación para mantener los equipos funcionando en una temperatura adecuada, los cables utilizados para conexiones con equipos terminales incumplen la distancia especificada en el cableado estructurado, carece de un etiquetado adecuado para solventar las detecciones y control de fallas en caso se susciten haciendo más compleja la solución. Además es en este piso donde se encuentran los diferentes servidores que la entidad posee que más adelante detallaremos.

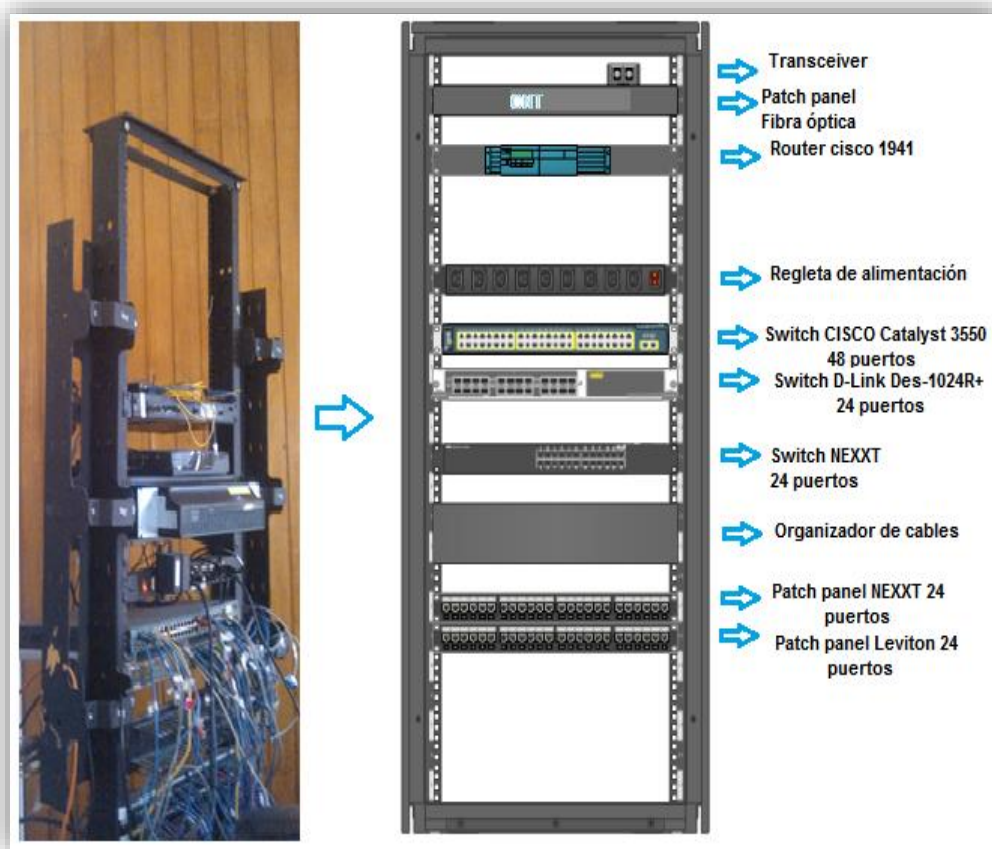


Figura 40: Rack principal ubicado en el cuarto de telecomunicaciones

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

En el cuarto de telecomunicaciones también se encuentra la infraestructura de telefonía que utiliza la institución que consta de un rack de telefonía de la marca beaucoup de 24UR, que cuenta con 50 puntos de voz para su comunicación, este rack tampoco cumple con un etiquetado apropiado.

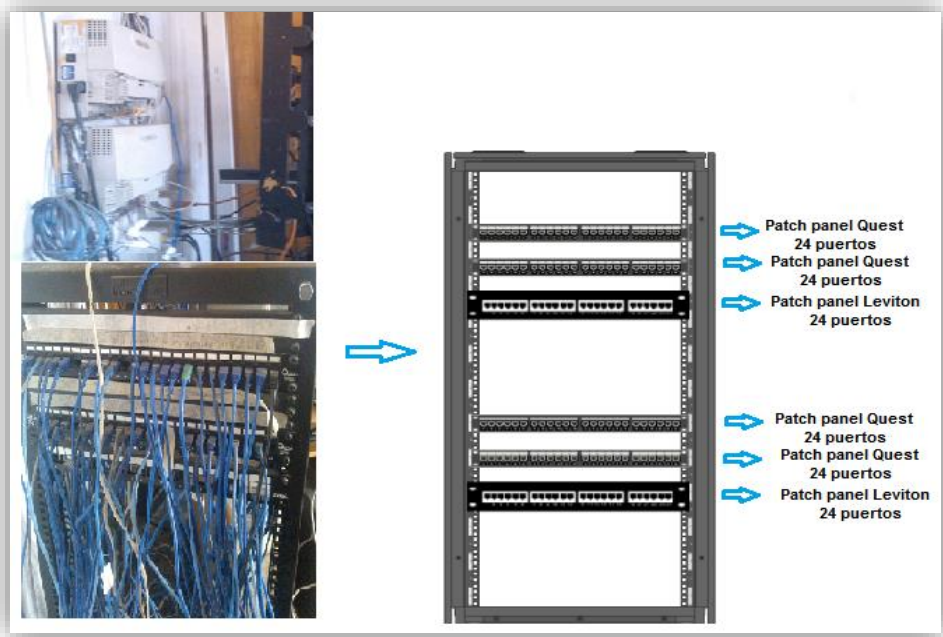


Figura 41: Infraestructura de telefonía

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.4.5 Cuarto piso

Este último piso no posee un rack ya que no se contó con labores futuras en él, pero a medida que el tiempo paso se fue dando la necesidad de tener conectividad a internet por lo que se hizo una conexión desde el switch CISCO 3550 hasta la biblioteca ubicada en este piso con switches que distribuyen a diferentes áreas.



Figura 42: Equipos de distribución

Fuente: Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

## **3.2.5 RED ACTIVA ACTUAL**

### **3.2.5.1 Topología de red**

La topología de red actual se encuentra conformada por equipos no administrables en su mayoría, y los pocos equipos administrables que existen están funcionando por defecto en su modo más básico similar a los equipos no administrables; la red no posee segmentación por lo que todos sus equipos poseen un solo dominio de broadcast, y su topología es una distribución en árbol como se muestra en la Figura 43.

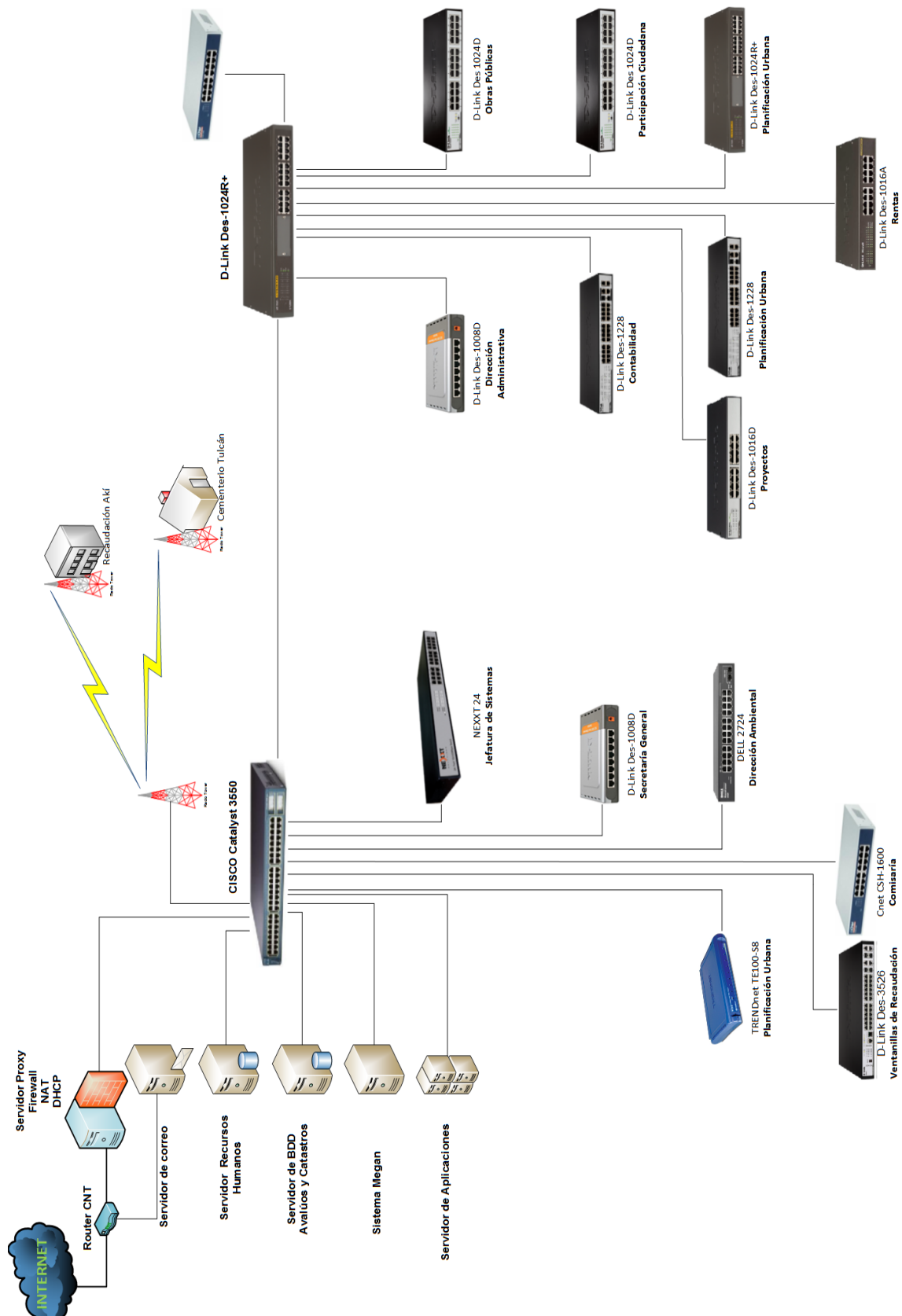


Figura 43: Topología de red GAD-MT




Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.5.2 Equipos de conmutación

#### 3.2.5.2.1 Equipos planta baja

Los equipos de conmutación de esta planta no poseen características administrables, por lo que existe lazos redundantes debido a que no cuentan con algún protocolo para solucionar este problema; y se encuentran funcionando como equipos de distribución para los diferentes departamentos, estos equipos se encuentran descritos en la Tabla 2.

Tabla 2: Equipos de conmutación planta baja

Modelo	Velocidad	Puertos	Administrable	Ubicación	Imagen
<b>D-Link Des-3526</b>	10/100 Mbps	24	NO	Ventanillas de recaudación	
<b>D-Link Des-1016A</b>	10/100 Mbps	16	NO	Rentas	
<b>Cnet CSH-1600</b>	10/100 Mbps	16	NO	Comisaría	

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

La distribución se encuentra de acuerdo a la Tabla 3.

Tabla 3: Distribución de usuarios Planta Baja

Departamento	Hosts
<b>Control de Bienes y Activos</b>	3
<b>Policía Municipal</b>	3
<b>Administración de Mercados</b>	4
<b>Rentas</b>	5
<b>Ventanillas de Recaudación</b>	4
<b>Cibercafé</b>	5
<b>Imprenta</b>	1
<b>Farmacia</b>	1
<b>Total</b>	<b>26</b>

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.






#### 3.2.5.2.2 Equipos primer piso

La mayoría de equipos de este piso tampoco son administrables, exceptuando el equipo D-Lnk Des-1228 que es administrable, pero ninguna de sus funciones ha sido configurada;



por lo que también existen conexiones con lazos redundantes. Los equipos de este piso se encuentran descritos en la Tabla 4.

Tabla 4: Equipos de conmutación Primer piso

Modelo	Velocidad	Puertos	Administrable	Ubicación	Imagen
<b>D-Link Des-12284</b>	10/100 Mbps (4 puertos) 1000 Mbps	28	SI (Vía web)	Planificación Urbana	
<b>D-Link Des-1024R+</b>	10/100 Mbps	24	NO	Planificación Urbana	
<b>TRENDnet TE100-S8</b>	10/100 Mbps	8	NO	Planificación Urbana	
<b>D-Link Des-1016D</b>	10/100 Mbps	16	NO	Proyectos	
<b>DELL 2724</b>	10/100 Mbps	24	NO	Dirección Ambiental	

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.5.2.2.1 Switch D-Link Des-1228

Este equipo presenta algunas ventajas de administración la cual se la realiza mediante la aplicación Console Utility, por medio de un navegador Web; sus características se encuentran detalladas en la Tabla 5.

Tabla 5: Características principales Switch D-Link 1228

Switch D-Link Des 1228	
<b>Velocidad de conmutación</b>	12.8 Gbps
<b>Protocolos soportados</b>	Snmp v1
	802.1x
	802.3x
	802.1d
	802..1p
	802.1q

Fuente: Elaboración Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

La distribución de se encuentra de acuerdo a la Tabla 6.

Tabla 6: Distribución de usuarios Piso 1



Departamento	Hosts
<b>Avalúos y Catastros</b>	10
<b>Ambiente e Higiene</b>	1
<b>Manejo de Desechos</b>	2
<b>Calidad Ambiental</b>	3
<b>Parque y Jardines</b>	1
<b>Proyectos de Inversión</b>	4
<b>Patrimonio Arquitectónico</b>	3
<b>Movilidad Tránsito y Transporte</b>	3
<b>Control Urbano y Rural</b>	1
<b>Dirección de planificación</b>	3
<b>Proyectos</b>	6
<b>Comisaria de construcción</b>	3
<b>Registro de la Propiedad</b>	6
<b>Zona azul</b>	6
<b>Topografía y dibujo</b>	3
<b>Total</b>	<b>55</b>

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.5.2.3 Equipos segundo piso

Al igual que en los pisos anteriores en este piso se encuentran equipos no administrables a excepción del Switch D-link 1228, pero que tampoco se encuentra configurado con ninguna de sus funciones, sus características se encuentran descritas en la Tabla 4. El detalle de los equipos de este piso se encuentra en la Tabla 7.

Tabla 7: Equipos de conmutación segundo piso

Modelo	Velocidad	Puertos	Administrable	Ubicación	Imagen
<b>D-Link Des-1228</b>	10/100 Mbps (4 puertos) 1000 Mbps	28	SI (Vía web)	Contabilidad	
<b>D-Link Des 1024D</b>	10/100 Mbps	24	NO	Participación Ciudadana	
<b>D-Link Des-1008D</b>	10/100 Mbps	16	NO	Secretaría General	

Fuente: Elaboración. Recuperado de: GAD Tulcán.

La distribución de usuarios se describe en la Tabla 8.

Tabla 8: Distribución de usuarios Segundo piso

Departamento	Hosts
<b>Alcaldía</b>	1
<b>Secretaría General</b>	4
<b>Recepción</b>	2
<b>Compras Públicas</b>	3
<b>Comunicación y protocolo</b>	4
<b>Participación ciudadana</b>	4
<b>Planificación</b>	5
<b>Dirección de planeación Estratégica</b>	5
<b>Control interno</b>	1
<b>Presupuesto</b>	2
<b>Tesorería</b>	5
<b>Contabilidad</b>	4
<b>Dirección Financiera</b>	3
<b>Coactivas</b>	2
<b>Total</b>	<b>45</b>

Fuente: Elaboración Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

#### 3.2.5.2.4 Equipos tercer piso

En este piso es donde se encuentran los equipos donde convergen todos los demás equipos de conmutación de cada piso, debido a que en este piso se encuentra el cuarto de telecomunicaciones, este piso posee equipos no administrables en su mayoría y un equipo administrable que actúa como switch de core, y es aquí donde se encuentran conectados los servidores que utiliza la institución; cabe mencionar que no existe una configuración para la formación de lazos redundantes en el cuarto de telecomunicaciones, los equipos de este piso se describen a continuación en Tabla 9.

Tabla 9: Equipos de conmutación tercer piso.

Modelo	Velocidad	Puertos	Administrable	Ubicación	Imagen
<b>CISCO Catalyst 3550</b>	10/100 Mbps	48	SI (Vía CLI)	Jefatura de Sistemas	
<b>D-Link Des-1024R+</b>	10/100 Mbps	24	NO	Jefatura de Sistemas	
<b>NEXXT 24</b>	10/100 Mbps	24	NO	Jefatura de Sistemas	
<b>D-Link Des 1024D</b>	10/100 Mbps	24	NO	Obras Públicas	
<b>CNET 8</b>	10/100 Mbps	8	NO	Consejo de la Niñez y Adolescencia	
<b>D-Link Des-1008D</b>	10/100 Mbps	8	NO	Dirección Administrativa	

Fuente: Elaboración Propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

La distribución de usuarios se encuentra de acuerdo a los departamentos ubicados en el tercer piso y se encuentran descritos en la Tabla 10.

Tabla 10: Distribución de usuarios tercer piso

Departamento	Hosts
<b>Sindicatura</b>	4
<b>Auditoría interna</b>	2
<b>Talento humano</b>	5
<b>Sistemas Informáticos y networking</b>	7
<b>Servicios Generales</b>	2
<b>Dirección Administrativa</b>	2
<b>Cultura y Deportes</b>	2
<b>Dirección de desarrollo Sostenible</b>	2
<b>Construcción y Mantenimiento</b>	2
<b>Talleres maquinarias y equipos</b>	1
<b>Dirección de Obras Públicas</b>	2
<b>Fiscalización</b>	9
<b>Archivo General</b>	2

Total	42
-------	----

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

#### 3.2.5.2.4.1 Switch de Core 3550

Este equipo de conmutación es un equipo administrable de gama fast ethernet y gigabit ethernet que permite mejorar las operaciones de red, sus características más principales se encuentran detalladas en la Tabla 11.

Tabla 11: Características principales de Cisco Catalyst 3550


Cisco Catalyst 3550	
<b>Velocidad de Conmutación</b>	13.6 Gbps
<b>Puertos de Conexión Troncal</b>	2XSPF <sup>4</sup> (No instalados en equipo)
<b>MTBF<sup>5</sup></b>	163.000 horas
<b>Protocolos Soportados</b>	Snmp v1, v2, v3
	IEEE 802.1x
	IEEE 802.3x
	IEEE 802.3z
	IEEE 802.3u
	IEEE 802.1d
	IEEE 802.1q
	IEEE 802.3ab
	IEEE 802.1p
IEEE 802.1w	

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: [http://www.cisco.com/web/ES/products/switches\\_lan.html](http://www.cisco.com/web/ES/products/switches_lan.html)

#### 3.2.5.3 Equipos cuarto piso

En este piso se encuentra únicamente instalado un equipo que no administrable, que brinda las conexiones para este piso, sus características se encuentran descritas en la Tabla 12.

Tabla 12: Equipos de conmutación cuarto piso

Modelo	Velocidad	Puertos	Administrable	Ubicación	Imagen
<b>Cnet CSH-1600</b>	10/100 Mbps	16	NO	Biblioteca	

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

<sup>4</sup> [SPF]: Small Form Factor pluggable.

<sup>5</sup> [MTBF]: Medium Time Between Failure. Tiempo promedio dado por el fabricante en el cual el equipo no presentara fallas

Tabla 13: Distribución de usuarios cuarto piso

Departamento	Hosts
Salón Máximo de convenciones	1
Biblioteca	4
Asociación de empleados	1
<b>Total</b>	<b>6</b>

### 3.2.5.4 Equipos de enrutamiento

La institución no cuenta con un propio equipo de enrutamiento, únicamente un router proporcionado por el proveedor de servicios de internet.

#### 3.2.5.4.1 Enlace a internet

El GAD-MT Tulcán contrata una capacidad de 30 MB simétricos a la Corporación Nacional de telecomunicaciones, cuya conexión se detalla a continuación.

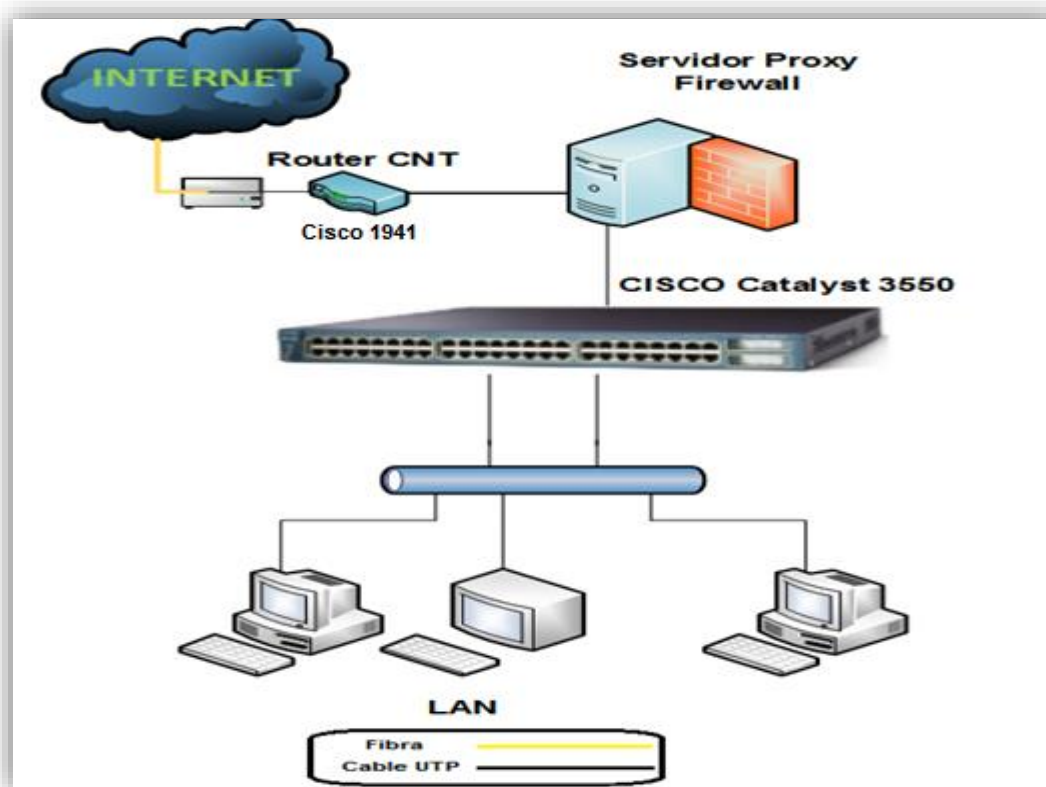


Figura 44: Conexión a Internet

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

#### 3.2.5.4.1.1 Direccionamiento publico

El direccionamiento asignado se lo detalla en la siguiente tabla.

Tabla 14: Asignación de ip públicas

Dirección	Asignación
<b>190.152.X.X</b>	Puerta de Enlace(Router CNT Cisco 1941)
<b>190.152.X.X</b>	Servidor Correo(Web mail)

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.6 ENLACES INALÁMBRICOS

#### 3.2.6.1 Enlace al cementerio de Tulcán

Este enlace está provisto para dar conexión a internet a trabajadores que se encuentran realizando labores en el cementerio; fue implementado hace 2 años para lo cual se utilizó equipos Ubiquiti NanoStation M5 de 16 dBi con una potencia de transmisión de 27 dBm tanto para el transmisor como el receptor para realizar el radio enlace, este enlace se tiene una distancia de 1 Km aproximadamente.



Figura 45: Enlace GAD-MT-Cementerio

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

#### 3.2.6.2 Enlace a centro comercial AKÍ

Este enlace tiene fines de recaudación de una ventanilla que se encuentra en este lugar, y se encuentra implementado con equipos Ubiquiti NanoStation M5 mencionado en el enlace Gad-mt – Tulcán, este enlace tiene una distancia de 1 Km aproximadamente.

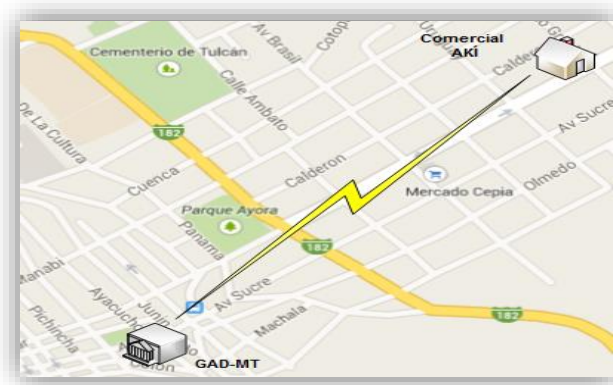




Figura 46: Enlace GAD-MT- Comercial AKÍ

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.7 DETALLE DE SERVIDORES

A continuación se detallaran los servidores de la intranet del GAD-MT Tulcán y las aplicaciones, servicios que prestan cada uno, sus características tal como se indica en la Tabla 15.

Tabla 15: Características de los servidores GAD-MT

Nombre/ Función	Marca/ Modelo	Procesador	Ram	Hdd	Imagen
<b>Servidor 1</b>					
<b>Proxy DHCP Firewall NAT Enrutamiento</b>	HP PROLIANT ML-150 G2	Intel Xeon .8 Ghz  1MB cache L2	4  GB  Max: 8 GB	150 GB	
<b>Servidor 2</b>					
<b>Correo Trámites Documentos</b>	HP PROLIANT DL-380 G6	Intel Xeon X5560 Quad Core .8 Ghz  8MB cache L2	12 GB  MAX: 144 GB	500 GB	
<b>Servidor 3</b>					
<b>RRHH</b>	HP PROLIANT ML- 350 G4	Intel Xeon 3.2 Ghz	2GB  MAX:	160 GB	




1 MB cache L2 8GB



Continúa →

Función	Modelo	Procesador	Ram	Hdd	Imagen
<b>Servidor 4</b> <b>BDD</b>	HP PROLIANT ML-350 G4	Intel Xeon 3.2 Ghz  1 MB cache L2	2GB  MAX: 8GB	160 GB	
<b>Servidor 5</b> <b>Sistema Megan</b>	HP PROLIANT ML-350P G8	Intel Xeon E5-2609 4 nucleos 2.5 Ghz  10 MB cache L3	4 GB  MAX: 128 GB	500 GB	
<b>Servidor 6</b>					

<b>Aplicación</b>	PROLIANT ML-110 G1	2.8 Ghz	256 GB	146 GB	
			MAX: 4 GB		

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.7.1 Servidor Proxy, DHCP, Firewall y NAT

Este servidor se encuentra implementado en una distribución CentOS 5.0, y brinda servicios necesarios para la red interna del GAD-MT.

#### 3.2.7.1.1 Proxy

Este servicio se encuentra configurado en base a la herramienta Squid<sup>6</sup>, utilizando una política de bloqueo a páginas no permitidos a clientes de la red interna; tales como (redes sociales, páginas de contenido para adultos y sitios de descarga masiva).

#### 3.2.7.1.2 Dhcp

Este servicio se encuentra implementado en el mismo servidor antes mencionado mediante el paquete que trae la distribución para su funcionamiento, el rango de asignación de direcciones se encuentra detallado en la Tabla 16.

Tabla 16: Rango del servidor DHCP

DNS	192.168.100.252 (dirección del servidor proxy)
Rango	192.168.100.10-192.168.100.250

Fuente: Propia. Recuperado de GAD-MT

<sup>6</sup> [Squid]: Programa que implementa un proxy en un servidor, mediante políticas de acceso a ciertos recursos de la red para clientes específicos.

### 3.2.7.1.3 Firewall

Se encuentra implementado en el mismo servidor físico antes mencionado, utiliza el servicio iptables con una configuración por defecto, siendo una gran vulnerabilidad para ataques y filtrado de elementos maliciosos.

### 3.2.7.1.4 NAT

Este servicio contiene también la configuración de traducción de las direcciones ip privadas a la dirección ip pública, configurada en el servicio iptables.

## 3.2.7.2 Servidor de correo, Trámites y Documentos

Este servidor provee los servicios de trámites y documentos institucionales, se encuentran distribuido en una maquina física que a su vez contiene dos máquinas virtualizadas tal como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17: Servidor de correo, trámites y documentos

Máquina	Sistema operativo	Aplicación
<b>Máquina Física</b>	Open Suse	Servidor de documentos institucionales
<b>Máquina virtual 1</b>	Ubuntu	Servidor de trámites institucionales
<b>Máquina virtual 2</b>	Open Suse	Servidor de correo

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

Estos servidores se encuentran conectados directamente al internet mediante una dirección ip pública cada uno y su conexión está de acuerdo a la Figura 47.

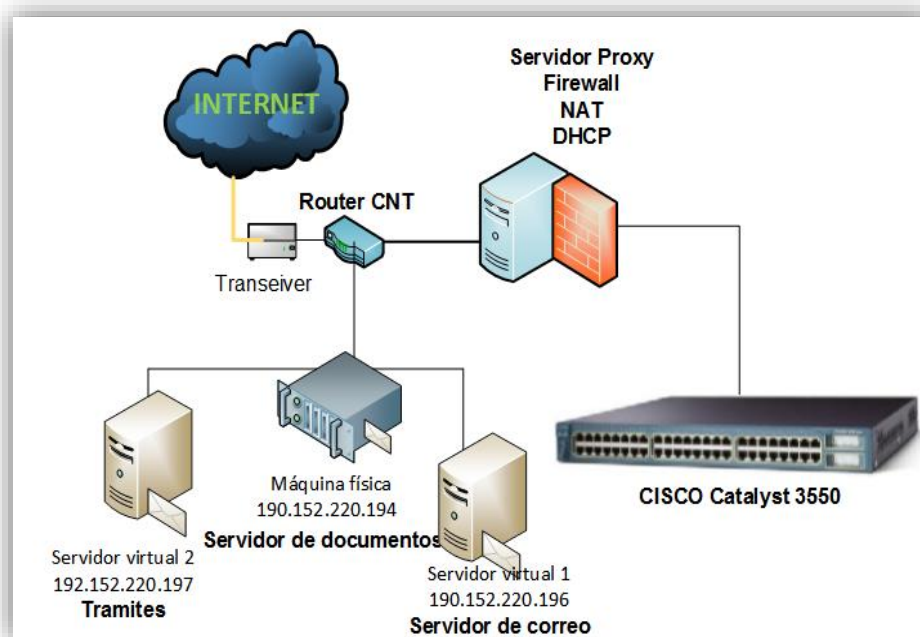


Figura 47: Esquema de conexión del servidor de Correo, Trámites y Documentos

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: GAD Tulcán.

### 3.2.7.2.1 Servidor de correo

Este servidor utiliza la herramienta Zimbra en su versión licenciada para proveer el servicio de correo en el GAD-MT; Su funcionamiento está basado en el software de correo electrónico Postfix<sup>7</sup>; su esquema de conexión presenta un amplio rango de inseguridad debido a que se encuentra conectado directamente a internet sin ninguna política de seguridad.

### 3.2.7.2.2 Servidor de trámites

Este servidor almacena procesos y trámites realizados en el GAD-MT, tales como solicitudes, tramites ciudadanos, y permisos; las áreas de acceso a este servidor son los departamentos de avalúos y catastros, ventanillas de recaudación, rentas y tesorería.

<sup>7</sup> [Postfix]: Software de correo electrónico de código abierto

### *3.2.7.2.3 Servidor de documentos*

Este servidor se encuentra maneja la parte operativa del GAD-MT y es utilizado principalmente por la parte administrativa de la entidad.

### **3.2.7.3 Servidor de Recursos Humanos**

En este servidor maneja información personal de los trabajadores del GAD-MT, así como pagos de sueldos, permisos, memos, etc. Y lo utiliza el personal de talento humano, el ingreso a este servidor se lo hace mediante la dirección ip privada 192.168.100.240.

### **3.2.7.4 Sistema Megan**

Este sistema está relacionado a mejorar la operatividad del GAD-MT, automatizando los procesos de compras, ventas, finanzas contabilidad, etc. El accesos a este sistema se lo realiza internamente a través de la dirección 192.168.100.242, el personal que accede a este servicio es el área de recaudación, rentas, contabilidad.

### **3.2.7.5 Sistema de aplicaciones y base de datos**

Este servidor es el encargado de procesar la información de consultas a base de datos que se realiza al ejecutar un pago en ventanillas de recaudación, el ingreso a este servidor se lo realiza internamente mediante la dirección ip privada 192.168.100.69, el departamento de acceso a este servicio es el departamento de ventanillas de recaudación.

El levantamiento de información de este capítulo ha permitido evidenciar el servicio a comunicar en el diseño, luego de haber analizado la red actual de datos y de acuerdo a la propuesta de descentralizar el sistema de recaudación mediante una red inalámbrica; se establece que el servicio a conectar es el servicio de recaudación, que hará uso de las base de datos del sistema de aplicaciones para el establecimiento de conexión cliente servidor.

## CAPÍTULO IV

### 4 DISEÑO Y DESARROLLO

El presente capítulo detalla la propuesta de diseño y desarrollo de acuerdo a la necesidad solicitada por la institución; tales como el diseño de radioenlaces basado en cálculos de enlaces y presupuestos de potencia, a fin de obtener un enlace adecuado para la transferencia de información con las diferentes parroquias propuestas a comunicarse; para la descentralización del sistema de recaudación cuyo esquema se muestra a continuación.

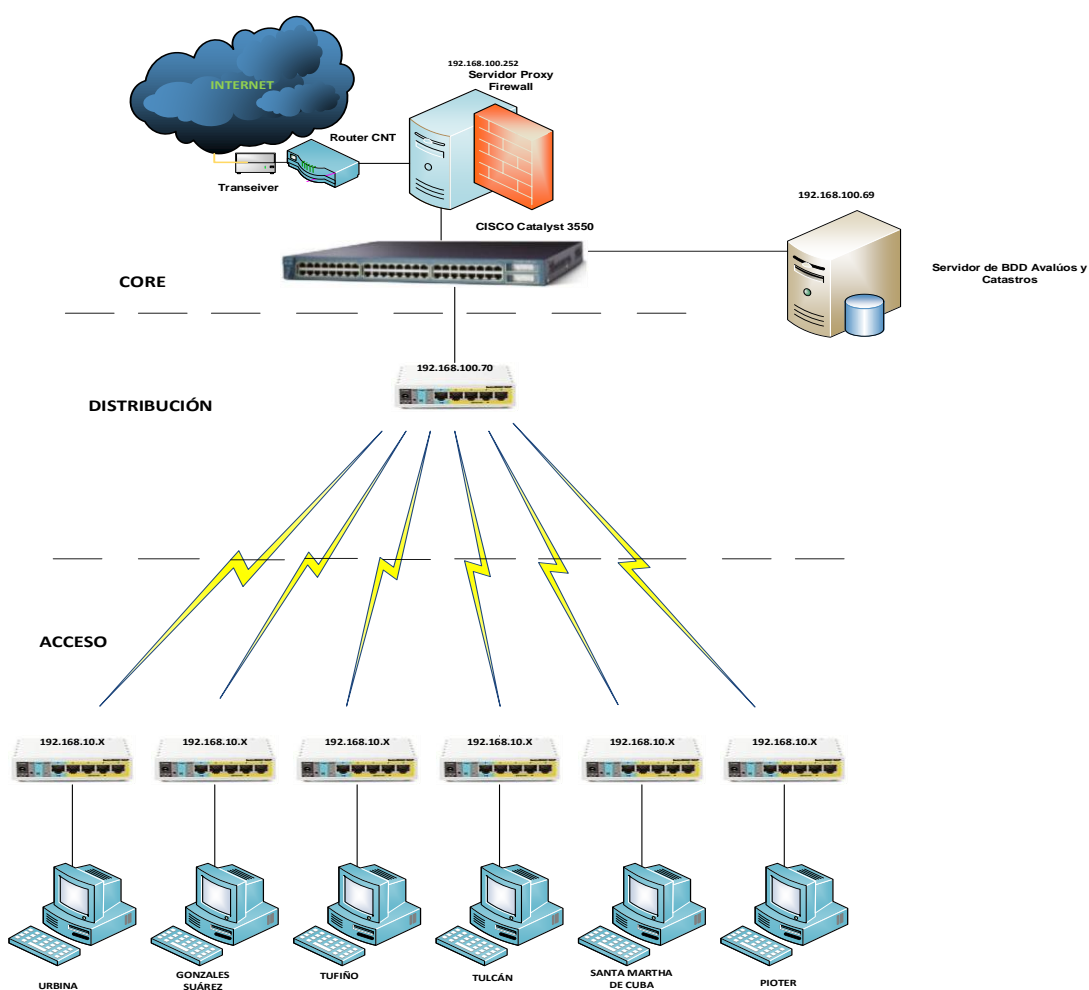


Figura 48: Topología de red

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 48 describe el diagrama de red, distribuido en sus tres capas Core, Distribución y Acceso, de acuerdo a la propuesta de diseño, como se puede observar cada capa encierra un campo a solucionar para lograr la conectividad del sistema de radioenlaces.

## **4.1 CRITERIO DE DISEÑO**

El diseño del proyecto se lo realizará en base al modelo jerárquico de red, estructurado en sus tres capas, core, distribución y acceso, de manera que el desarrollo del proyecto sea organizado tanto física como lógicamente tomando los aspectos más relevantes para el diseño, que describa los fundamentos técnicos necesarios previo a la implementación.

### **Capa de núcleo**

En esta capa se realizará la comunicación de usuarios con la información del servidor de base de datos ya existente en el GAD-MT, para la recaudación del impuesto predial y suministro de agua, mediante la creación de usuarios en el servidor de base de datos para cada uno de los emplazamientos.

### **Capa distribución**

Esta capa tratará la ubicación y diseño de radioenlaces para el establecimiento de comunicación de los diferentes emplazamientos con el GAD-MT, además se analiza las zonas de fresnel, el ancho de banda, presupuestos de potencia y el seleccionamiento de equipos para el establecimiento de conexión adecuada del sistema de radioenlaces.

### **Capa acceso**

En la capa acceso se detallará la conexión de los equipos para el establecimiento de comunicación, también se describirá el diseño del sistema de puesta a tierra y pararrayos para proteger los equipos ante variaciones de voltaje y asegurar el bienestar del personal.

## **4.2 CAPA NÚCLEO**

Esta capa describe la comunicación de los emplazamientos a conectar con el GAD-MT, de manera que cada usuario que va a realizar el cobro del servicio de impuesto predial o suministro de agua pueda manipular la información de la base de datos, para llevar a cabo la recaudación de dichos servicios, en esta capa es donde se encuentran todos los servicios de red y es la encargada que los usuarios accedan lo más rápido posible al repertorio de servicios, los datos a manipular para la recaudación es la base de datos de recaudación en el servidor de base de datos ya existente en el municipio, para lo cual se realiza la creación de usuarios en el servidor de base de datos para el acceso a la información.

## 4.2.1 COMUNICACIÓN DEL SISTEMA DE RECAUDACIÓN CON LAS ENTIDADES PARROQUIALES

A continuación, se presenta el esquema de conexión entre el cliente y el servidor para la comunicación entre la base de datos y la aplicación del cliente.

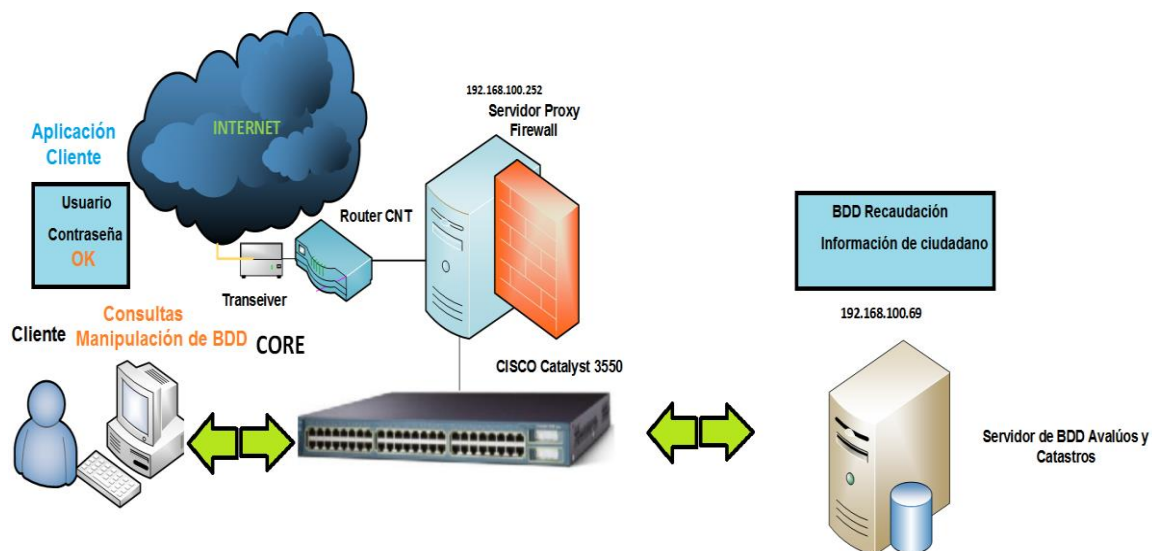


Figura 49: Diagrama de comunicación del sistema de recaudación con el cliente.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 49, es un esquema que representa la comunicación entre el servidor de base de datos de recaudación y el cliente en la capa de core, que se establece mediante una aplicación de usuario y contraseña para el acceso al sistema de grafico de recaudación, el cual si el usuario y contraseña son correctas el cliente accede a la aplicación para realizar las consultas y cambios necesarios en la base de datos de recaudación. El sistema de recaudación se maneja mediante el sistema integrado de catastros SIC.

### 4.2.1.1 Comunicación del sistema

En la capa de core se encuentran todos los servidores que utiliza la entidad para su funcionamiento, pero para este caso se centrará en uno en especial que es el servidor que contiene las bases de datos del sistema de recaudación.



La comunicación del sistema de recaudación con las entidades propuestas en el diseño se comunicará en un entorno cliente servidor, para el establecimiento de conexión a las bases de datos.

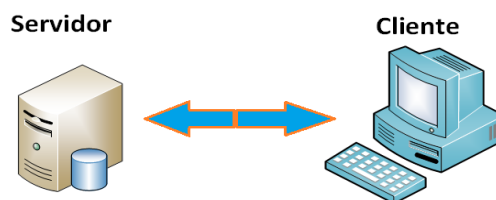


Figura 50: Comunicación servidor-cliente

Fuente: Elaboración propia

Este tipo de configuración nos permite acceder de forma eficiente y rápida a una información específica del servidor mediante el uso de un puerto para la comunicación.

#### 4.2.1.2 Configuración del servidor

El servidor actual que contiene las bases de datos y el sistema de recaudo se encuentra ejecutando Windows server 2008. La base de datos se encuentra desarrollada en Mysql server 5.5 instalado en el mismo servidor existente en el GAD-MT. Cabe recalcar que al tratarse de un servicio de consulta y actualización de información a base de datos se debe tomar en cuenta el ancho de banda que cada conexión debe de tener, la cual se describe de mejor manera en el punto 4.3.7 donde se trata el cálculo de ancho de banda para cada enlace.

Para la configuración del servidor se debe crear cuentas con un usuario y una contraseña para los clientes que van a acceder al servicio, este parámetro es configurado previamente por el administrador de la red en Mysql server que es el servidor de base de datos, y es a donde se quiere acceder.

Para el acceso al servidor Mysql se lo realiza mediante un usuario, una contraseña y un puerto creado previamente en la instalación de Mysql server tal como se observa en la Figura 51.

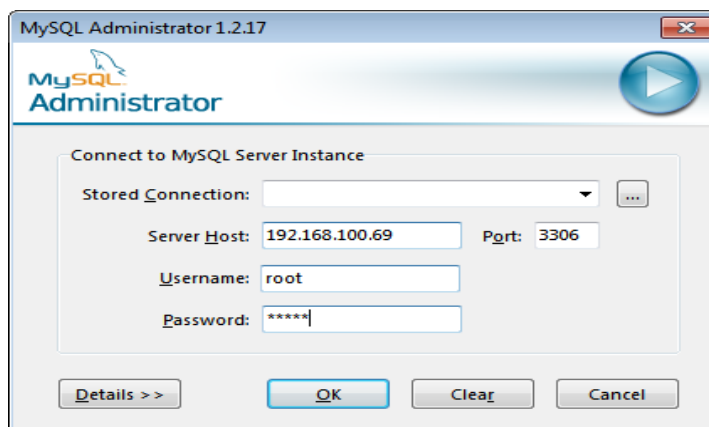


Figura 51: Interfaz de acceso a Mysql server

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Mysql server.

La creación de cuentas de usuarios se lo realiza dentro del servidor Mysql server en administración de usuarios, donde se debe ingresar un usuario y una contraseña la cual nos va servir para la conexión al servidor mediante un cliente.

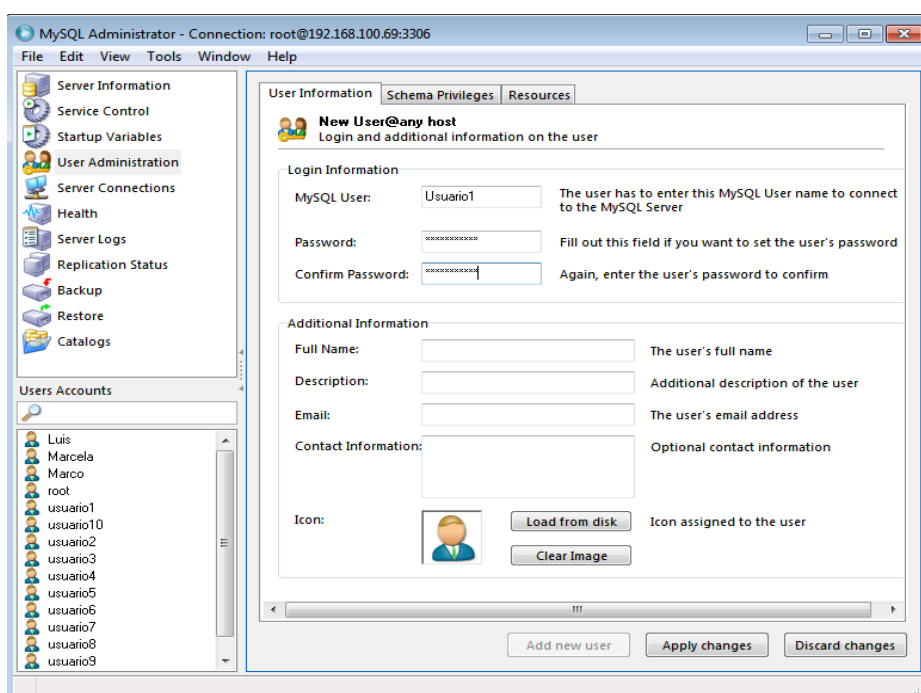


Figura 52: Creación de cuentas para las entidades parroquiales.

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Mysql server

A cada una de las cuentas creadas se les debe asignar la base de datos a la cual van a tener acceso y proporcionar privilegios para consultas e inserción de datos, en la pestaña de esquema de privilegios mostrada en la figura siguiente.

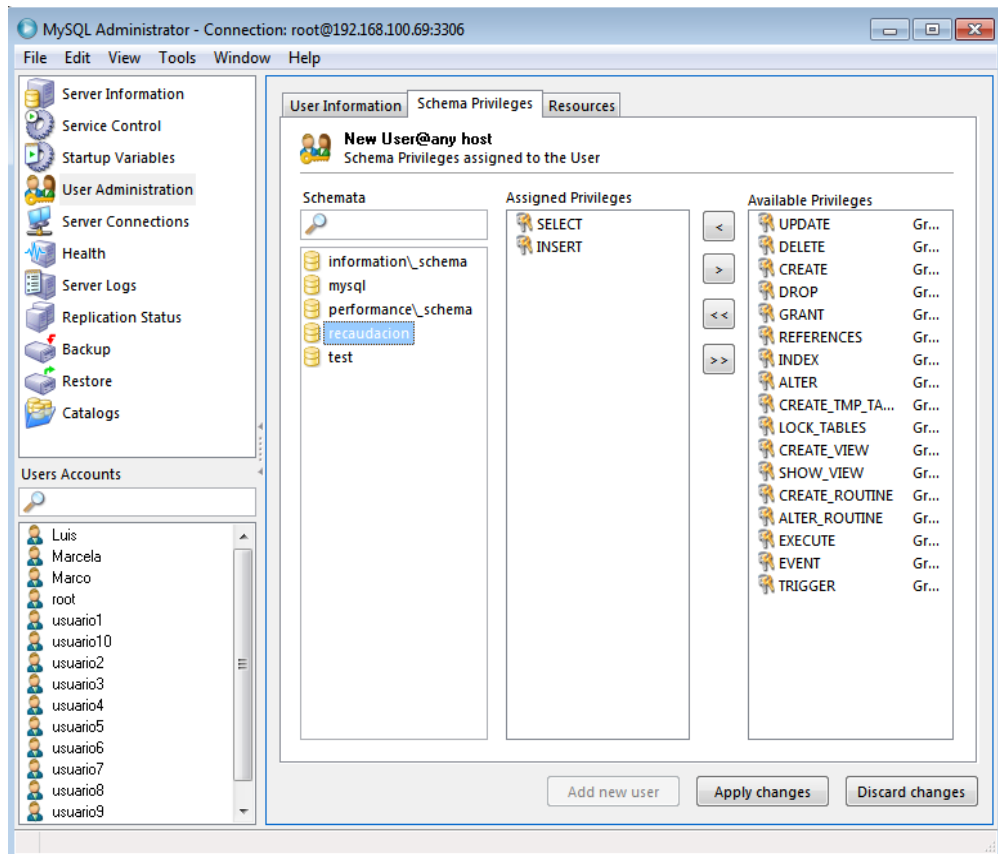


Figura 53: Asignación de privilegios a base de datos a usuarios

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Mysql server.

Además se debe de asignar requisitos de conexión para cada usuario de acuerdo al número de consultas y actualizaciones máximo que debe realizar en una hora; para esto nos dirigimos la pestaña fuente y agregamos un valor.

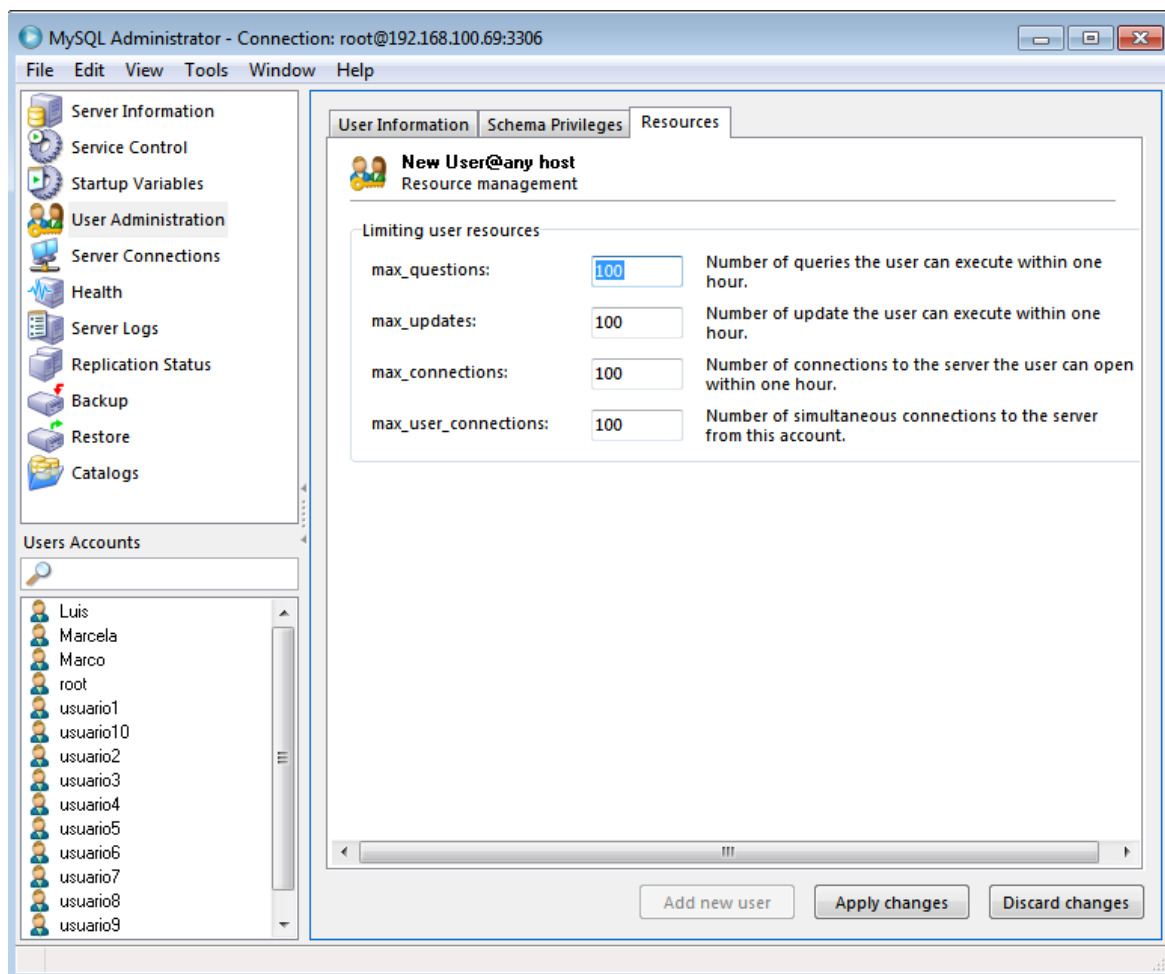


Figura 54: Asignación de requisitos para la conexión de usuario

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Mysql server.

Una vez configurado el servidor se procede a hacer un JDBC<sup>8</sup> para la comunicación del sistema con la base de datos a utilizar. Con estos parámetros configurados en el servidor la comunicación ya se encuentra lista para ser utilizada, basta con instalar un cliente en las máquinas remotas.

#### 4.2.1.3 Conexión desde cliente

Para la conexión desde los emplazamientos se lo realiza mediante un cliente que se lo instala en la máquina que va acceder al sistema de recaudación. Permitiendo manipular la información de la base de datos a través del sistema. El acceso se lo hace a través de una cuenta de usuario creada en el servidor anteriormente, la cual apunta a la dirección del

<sup>8</sup> [JDBC] Java DataBase Connectivity: Es un API que permite acceder desde una aplicación java a cualquier base de datos sin importar su naturaleza.

servidor y el puerto por donde se van a comunicar por medio de un usuario y una contraseña, y es de suma importancia poner a que base de datos se va conectar.

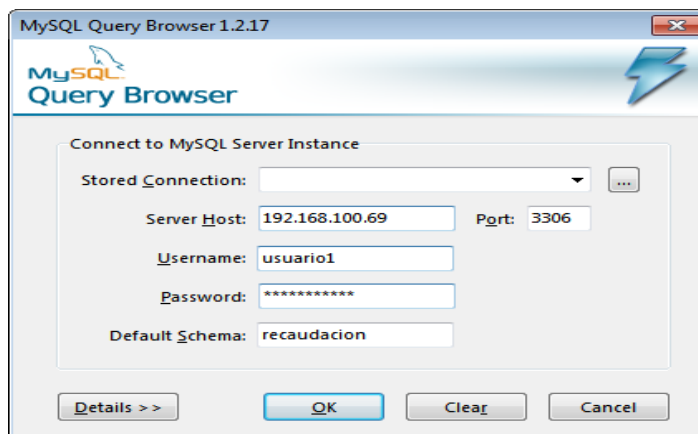


Figura 55: Conexión al sistema desde cliente

Fuente: Elaboración Propia. Recuperado de: Mysql cliente.

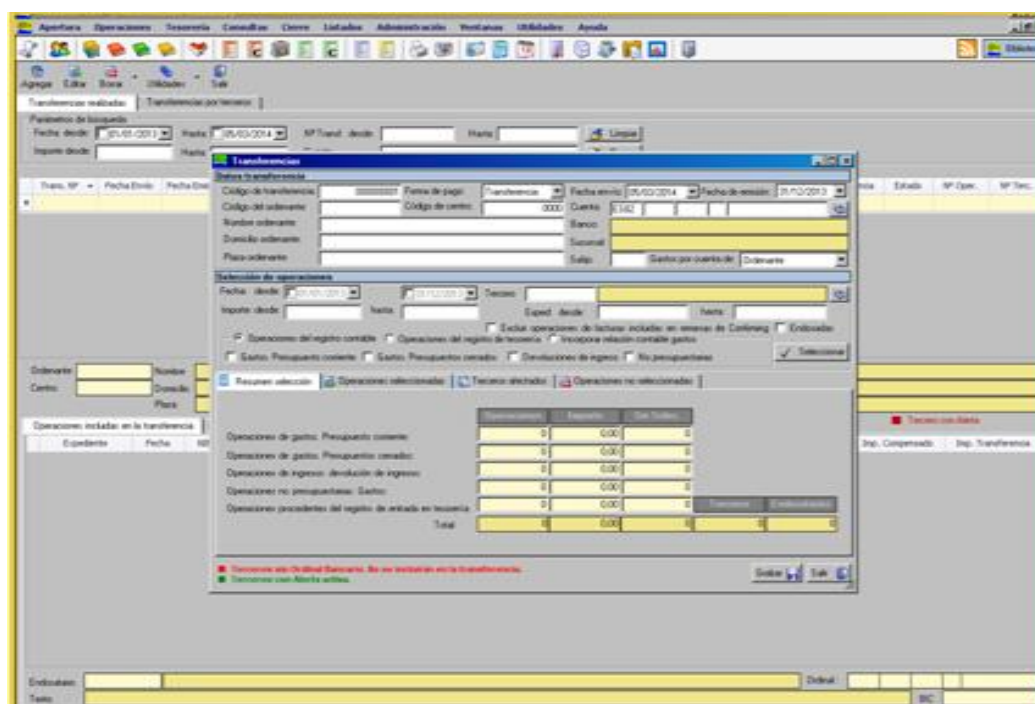


Figura 56: Sistema de recaudación

Fuente: Sistema de recaudación.

#### 4.2.1.4 Descripción de equipos en la capa de core

Los equipos a utilizar en la capa de core para el establecimiento de comunicación con los radioenlaces a diseñarse, serán los ya existentes en el cuarto de telecomunicaciones del GAD-MT, ya que todos los equipos existentes en esta capa se encuentran descritos en el

análisis de situación actual, solo se mencionan para tener claro cuales intervienen en el establecimiento de comunicación, los cuales son: Servidor de base de datos de recaudación y Switch Cisco catalyst 3550

### 4.3 CAPA DISTRIBUCIÓN

Esta capa tratará la ubicación y diseño de radioenlaces para el establecimiento de comunicación de los diferentes emplazamientos con el GAD-MT, además se analiza las zonas de fresnel, el ancho de banda, presupuestos de potencia y el seleccionamiento de equipos para el establecimiento de conexión adecuada del sistema de radioenlaces. A continuación se muestra los puntos tentativos situados geográficamente en un mapa de modo que muestre un panorama general de los puntos a comunicar.

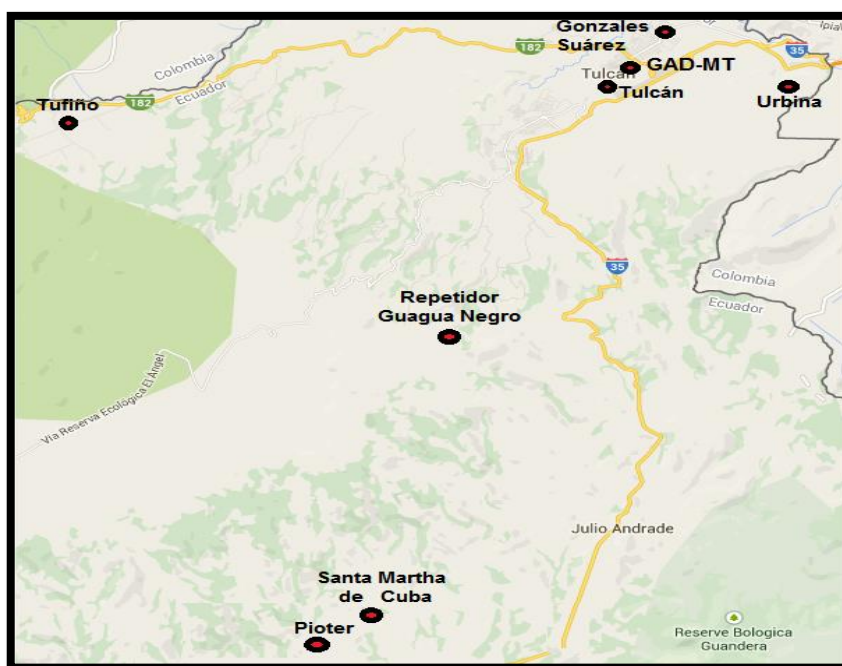


Figura 57: Ubicación de emplazamientos

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Google maps.

#### 4.3.1 UBICACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS

Se describirá los puntos de cada parroquia y repetidores donde estarán ubicados los equipos para realizar los radioenlaces con el fin de descentralizar el sistema de recaudación, los cuales son: Urbina, Tulcán, Gonzales Suarez, Tufiño, Repetidor, Santa Martha de cuba y Pioter. A continuación se muestra cada uno de los emplazamientos con las coordenadas en

latitud y longitud tomadas en el estudio de campo, además de su altura y distancia existente entre el nodo central y los emplazamientos propuestos.

Tabla 18: Ubicación de emplazamientos

Emplazamientos	Latitud	Longitud	Altura msnm	Distancia
<b>GAD Tulcán</b>	00° 48' 41,58" N	77° 43' 1,14" W	2988	
<b>González Suárez</b>	00° 49' 14,04" N	77° 42' 29,64" W	2957	1,40 km
<b>Tulcán</b>	00° 48' 27,4" N	77° 43' 22,9" W	2992	0,8 km
<b>Urbina</b>	00° 48' 18,72" N	77° 40' 31,5" W	2934	4,46 km
<b>Tufiño</b>	00° 48' 3,48" N	77° 51' 20,58" W	3231	15,46 km
<b>Repetidor</b>	00° 43' 18,4" N	77° 44' 3,8 W	3402	10,16
<b>Santa Marta de cuba</b>	00° 38' 16,8" N	77° 45' 2,28" W	2880	9,48 km
<b>Pioter</b>	00° 38' 41,04" N	77° 47' 2,52" W	2996	3,79 km

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 18 muestra toda la información de coordenadas y alturas de los nodos, las distancias descritas están representadas desde el punto principal GAD-MT a los nodos a ubicarse en el diseño, a excepción de Santa Martha y Pioter, ya que dichas distancias están tomadas desde el repetidor a santa Martha de Cuba, y de este punto a Pioter.

#### 4.3.1.1 Urbina

Este punto se encuentra en la parroquia Urbina perteneciente al cantón Tulcán, consta de una población aproximada de 2264 habitantes en la actualidad y posee una extensión de 47,4 Km<sup>2</sup>, se encuentra ubicado en las coordenadas 00° 48' 18,72" N y 77° 40' 31,5" W a una altura aproximadamente de 2934 m.s.n.m. La infraestructura en la cual se tiene previsto instalar los equipos es un mástil asegurado encima de la junta parroquial.



Figura 58: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Urbina

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de google earth.

#### 4.3.1.2 Tulcán

Este punto se encuentra en la parroquia Tulcán perteneciente al cantón Tulcán, es una parroquia dentro del ámbito urbano, el número de habitantes y extensión es desconocido ya que no se encuentra realizado un estudio, debido a que se es parte de la ciudad, se encuentra ubicado en las coordenadas  $00^{\circ} 48' 27,4''$  N y  $77^{\circ} 43' 22,9''$  W a una altura aproximada de 2992 m.s.n.m. la infraestructura donde se tiene previsto instalar los equipos es un mástil asegurado sobre la junta parroquial.



Figura 59: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Tulcán

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de google earth.

#### 4.3.1.3 Gonzales Suárez

Este punto se encuentra en la parroquia Gonzales Suarez perteneciente al cantón Tulcán, al igual que el punto descrito anteriormente es una parroquia que se encuentra dentro del ámbito urbano, de manera el número de habitantes y extensión terrenal son desconocidos; se encuentra ubicado en las coordenadas  $00^{\circ} 49' 14,04''$  N y  $77^{\circ} 42' 29,64''$  W a una altura aproximada de 2957 m.s.n.m. la infraestructura donde se tiene previsto instalar los equipos es un mástil asegurado sobre la junta parroquial.





Figura 60: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Gonzales Suárez

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de google earth.

#### 4.3.1.4 Tufiño

Este punto se encuentra en la parroquia Tufiño perteneciente al cantón Tulcán, consta de una población aproximada de 1771 habitantes en la actualidad y posee una extensión de 127 Km<sup>2</sup>, se encuentra ubicado en las coordenadas 00<sup>o</sup> 48' 3,48" N y 77<sup>o</sup> 51' 20,58" W a una altura aproximadamente de 3231 m.s.n.m. la infraestructura donde se tiene previsto instalar los equipos es una torre con la que ya cuenta la junta parroquial asegurada en su terraza.



Figura 61: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Tufiño

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de google earth.

#### 4.3.1.5 Santa Martha de Cuba

Este punto se encuentra en la parroquia Santa Marta de Cuba perteneciente al cantón Tulcán, consta de una población aproximada de 2431 habitantes en la actualidad y posee una extensión de 6,1 Km<sup>2</sup>, se encuentra ubicado en las coordenadas 00<sup>0</sup> 38' 16,8" N y 77<sup>0</sup> 45' 2,28" W a una altura aproximada de 2880 m.s.n.m. la infraestructura donde se tiene previsto instalar los equipos es un mástil asegurado sobre la junta parroquial.



Figura 62: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Santa Martha de Cuba.

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de google earth.

#### 4.3.1.6 Pioter

Este punto se encuentra en la parroquia Pioter perteneciente al cantón Tulcán, consta de una población aproximada de 845 habitantes en la actualidad y posee una extensión de 16,20 km<sup>2</sup>, se encuentra ubicado en las coordenadas 00<sup>0</sup> 38' 41,04" N y 77<sup>0</sup> 47' 2,52" W a una altura aproximada de 2996 m.s.n.m. la infraestructura donde se tiene previsto instalar los equipos es un mástil asegurado sobre la junta parroquial.



Figura 63: Ubicación de emplazamiento en la parroquia Pioter

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de google earth.

#### 4.3.1.7 Repetidor Guagua Negro

Este punto se encuentra ubicado en la parroquia Santa Martha de Cuba, en la montaña que colinda con la parroquia Tulcán, y se estableció durante el estudio de campo ya que entre Santa Martha de Cuba y el GAD-MT no existe línea de vista para el radioenlace, de manera que se opta por utilizar un repetidor para llevar a cabo el diseño, este punto se encuentra ubicado en las coordenadas  $00^{\circ} 43' 18,4''$  N y  $77^{\circ} 44' 3,8''$  a una altura aproximada de 3402 m.s.n.m. la infraestructura en la que se tiene previsto instalar los equipos es una torre prevista en el diseño para la comunicación entre el GAD-MT y las parroquias Santa Martha de Cuba y Pioter.



Figura 64: Ubicación de emplazamiento de repetidor GAD-MT –Santa Martha de Cuba

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de google earth.

#### 4.3.1.8 GAD-MT

Este punto es el punto principal donde convergerá todo el sistema de radioenlaces, se encuentra ubicado en las coordenadas  $00^{\circ} 48' 41,58''$  N y  $77^{\circ} 43' 1,14''$  W a una altura

aproximada de 2988 m.s.n.m. la infraestructura en la que se tiene previsto instalar los equipos es en una torre asegurada sobre la institución.



Figura 65: Ubicación de emplazamiento principal GAD-MT

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de google earth.

#### 4.3.1.9 Diagrama de conexión de la red

A continuación se describe la estructura de conexión de red del GAD-MT con sus diferentes puntos a comunicarse de acuerdo al diseño a realizarse.

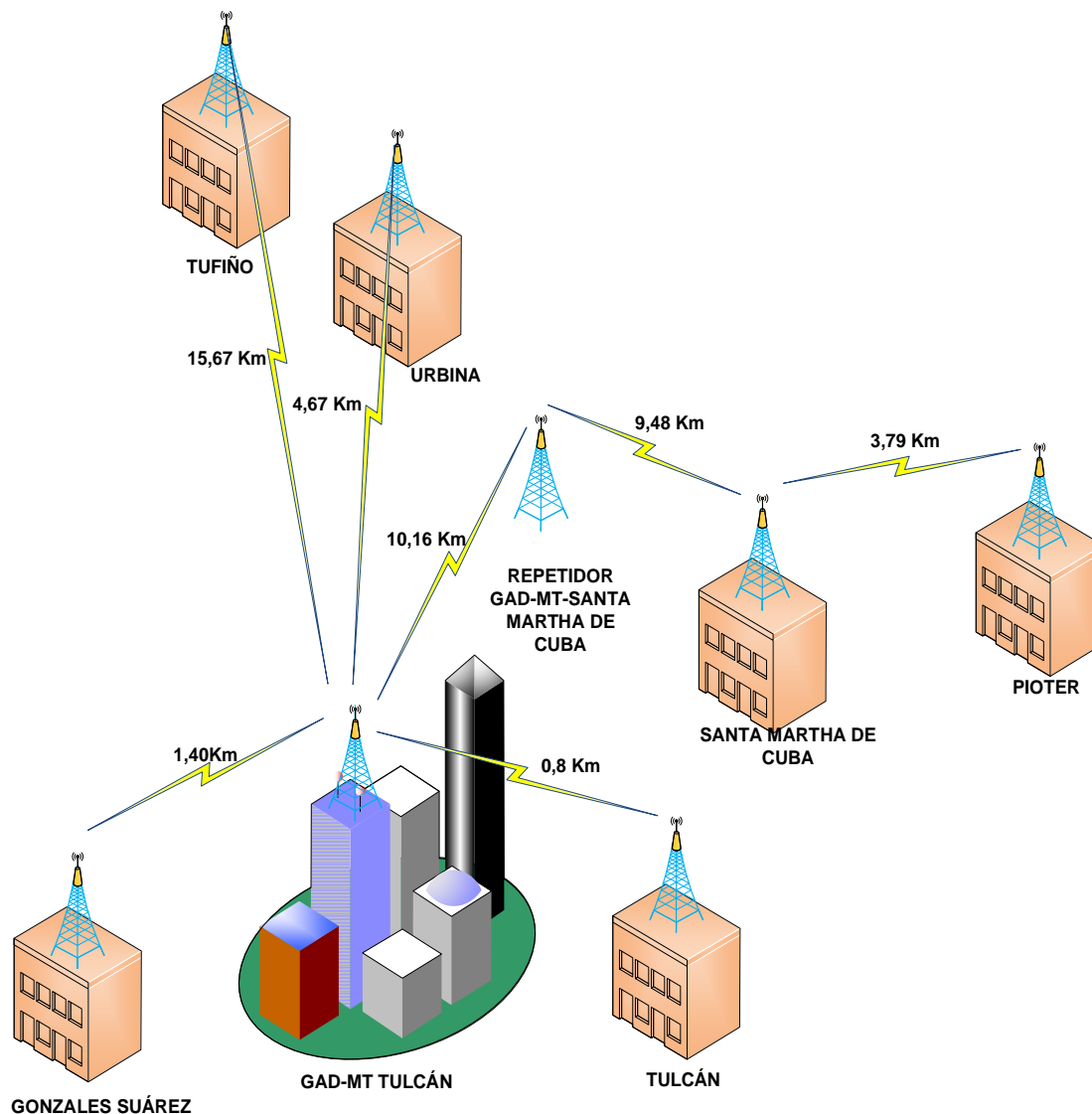


Figura 66: Diagrama de conexión de la red

Fuente: Elaboración propia

La Figura 66 detalla la conexión de la red basado en el diseño, como se puede observar la comunicación física determina la forma de conexión a utilizar, en este caso se visualiza que el establecimiento de los enlaces será punto multipunto, debido a que nos permiten abaratar costos y las distancias son relativamente medianas y es adecuado para este tipo de comunicación.

### 4.3.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS

En este punto se analiza la selección de equipos para el sistema de radioenlaces, que aporte una solución acorde al proyecto propuesto, además de obtener los costos adecuados para su adquisición y las características apropiadas para el establecimiento de radioenlaces, de modo que al momento de realizar el presupuesto de potencias se garantice un enlace

estable y adecuado para la transferencia de información, para lo cual se realizará un análisis técnico de ciertas características que los equipos deben de brindar, las cuales se describen a continuación.

- Una ganancia adecuada de la antena capaz de realizar un enlace estable.
- Una sensibilidad de recepción alta capaz de responder a señales débiles.
- Flexibilidad en canales capaz de interactuar en varios canales para el transporte de información.
- Escalable capaz de adaptarse al crecimiento de la red.
- Garantía del fabricante en caso de fallas del equipo.
- Bajos costos capaces de reducir el costo del proyecto.

#### 4.3.2.1 Determinación de los parámetros mínimos requeridos

En el diseño de radioenlaces es de vital importancia realizar un estimado de los parámetros mínimos que los equipos deben tener para que un enlace sea adecuado y garantice un desempeño óptimo.

Para la estimación de potencia de transmisión mínima requerida se utiliza la ecuación 6 descrita anteriormente en el punto 2.15.3.1. La misma que relaciona la potencia de transmisión y la potencia de recepción considerando pérdidas en la propagación.

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{BTX} - A_{WGTX} + G_{TX} - A_0 - A_{LL} + G_{RX} - A_{WGRX} - A_{BRX}$$

Donde:

$P_{RX}$ : Potencia nominal del recepción (dBm).

$P_{TX}$ : Potencia de transmisión (dBm).

$A_{BTX}$ : Pérdidas de branching en el lado de transmisión (dB).

$A_{WGTX}$ : Pérdidas en cable en lado de transmisión (dB).

$G_{TX}$ : Ganancia de la antena de transmisión (dB).

$A_0$ : Pérdidas en el espacio libre (dB).

$A_{LL}$ : Atenuación por lluvia (dB).

$G_{RX}$ : Ganancia de la antena de recepción

$A_{WGRX}$ : Pérdidas en cable en lado de recepción (dB).

$A_{BRX}$ : Pérdidas de branching en el lado de recepción (dB).

Se considerará una pérdida de 6,6 dB por cuestiones de pérdida en cable tanto de lado de transmisión como de lado de receptor, basado en datos técnicos del cable; las pérdidas en conectores se desprecian ya que su pérdida es mínima y no afecta al sistema. Véase el ANEXO 6.

Las ganancias de antenas de equipos Wifi 802.11n para exteriores oscila entre 14 dBi y 27 dBi por lo que tomamos un valor referencial de 21 dBi para recepción y 14 dBi para transmisión, según datos de fabricantes y según el enlace a diseñarse (Ubiquiti, 2015). Véase el ANEXO 6.

#### 4.3.2.2 Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Tufiño

##### 1. Cálculo de pérdida en espacio libre

La pérdida en el espacio libre es un punto importante a tomar en cuenta, ya que está relacionado a la frecuencia de operación y distancia de enlace, debido a esto cada enlace debe tratarse como un caso particular. Este enlace tiene una distancia de 15,46 Km para esto se utilizará la ecuación 5 descrita en el punto 2.15.2.1. La banda de frecuencia a utilizarse será la de 5 Ghz. En la banda de 5,8 Ghz.

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(15,46) + 20\log_{10}(5,8) + 92,4 \text{ (dB)}$$

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 131,452 \text{ dB}$$

##### 2. Cálculo de potencia de recepción

Ahora se determinará el valor de la potencia de recepción y el umbral de recepción, la tecnología Wifi 802.11n permite niveles de sensibilidad entre -75 dBm y -97 dBm para equipos externos según datos de fabricantes (Ubiquiti, 2015), de modo que se tomará un valor referencial de -90 dBm, siendo este un valor para que un enlace sea estable.

Otro punto a tomar en cuenta es el margen de desvanecimiento que va relacionada con el umbral mínimo requerido para un enlace en condiciones normales, el cual es un valor de 10 dB según la recomendación UIT-R P 530-15 , dato ya descrito en el punto 2.15.3.5.

Con estos datos ya se puede calcular la potencia de recepción o también llamada sensibilidad de recepción, de la ecuación 7 descrita en el punto 2.15.3.3.

$$M_U = P_{RX}(\text{dBm}) - P_U(\text{dBm})$$

Donde:

$M_U$ : Margen respecto al umbral.

$P_{RX}$ : Potencia nominal de recepción.

$P_U$ : Potencia umbral del receptor.

$$P_{RX}(\text{dBm}) = M_U + P_U(\text{dBm})$$

$$P_{RX}(\text{dBm}) = 10(\text{dBm}) - 90(\text{dBm})$$

$$P_{RX} = -80 \text{ (dBm)}$$

### 3. Cálculo de potencia de transmisión mínima requerida.

Una vez calculados todos estos datos ya se puede determinar la potencia de transmisión mínima que se requiere para los equipos.

$$P_{TX} = P_{RX} + A_{BTX} + A_{WGTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A_{WGRX} + A_{BRX}$$

$$P_{TX} = -80 + 0 + 6,6 - 14 + 131,452 + 0 - 21 + 6,6 + 0$$

$$P_{TX} = 29,65 \text{ dBm}$$

Requerimientos mínimos	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	>29,65 dBm
Umbral de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Tx:	14 dBi
Ganancia de Rx:	21 dBi

En los siguientes cálculos se tomará los mismos datos descritos en este punto el único cambio será la distancia de cada enlace.

#### 4.3.2.3 Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Urbina

Este enlace tiene una distancia de 4.67 Km.

##### 1. Cálculo de pérdida en espacio libre



$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(4,67) + 20\log_{10}(5,8) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB}) = 121,055 \text{ dB}$$

## 2. Cálculo de potencia de recepción

Margen respecto al umbral = 10 dB

$$P_{RX}(\text{dBm}) = M_U + P_U(\text{dBm})$$

$$P_{RX} = 10 - 90$$

$$P_{RX} = -80 \text{ dBm}$$

## 3. Cálculo de potencia de transmisión mínima requerida.

$$P_{TX} = P_{RX} + A_{BTX} + A_{WGTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A_{WGRX} + A_{BRX}$$

$$P_{TX} = -80 + 0 + 6,6 - 21 + 121,055 + 0 - 14 + 6,6 + 0$$

$$P_{TX} = 19,25 \text{ dBm}$$

### Requerimientos mínimos

Frecuencia de operación: 5,8 Ghz

Potencia de Tx: >19,25 dBm

Umbral de recepción: -90 dBm

Ganancia de Tx: 14 dBi

Ganancia de Rx: 21 dBi

#### 4.3.2.4 Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Gonzales Suárez

Este enlace tiene una distancia de 1,40 Km.

## 1. Cálculo de pérdida en espacio libre

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(1,40) + 20\log_{10}(5,8) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB}) = 110,591 \text{ dB}$$

2. Cálculo de potencia de recepción

Margen respecto al umbral = 10 dB

$$P_{RX}(dBm) = M_U + P_U(dBm)$$

$$P_{RX} = 10 - 90$$

$$P_{RX} = -80 \text{ dBm}$$

3. Cálculo de potencia de transmisión mínima requerida.

$$P_{TX} = P_{RX} + A_{BTX} + A_{WGTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A_{WGRX} + A_{BRX}$$

$$P_{TX} = -80 + 0 + 6,6 - 21 + 110,591 + 0 - 14 + 6,6 + 0$$

$$P_{TX} = 8,79 \text{ dBm}$$

Requerimientos mínimos	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	>8,79 dBm
Umbral de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Tx:	14 dBi
Ganancia de Rx:	21 dBi

#### 4.3.2.5 Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Tulcán

Este enlace tiene una distancia de 0,8 Km.

1. Cálculo de pérdida en espacio libre

$$PEA(dB) = A_0 = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 92.4$$

$$PEA(dB) = A_0 = 20 \log_{10}(0,8) + 20 \log_{10}(5,8) + 92.4$$

$$PEA(dB) = 105,730 \text{ dB}$$

2. Cálculo de potencia de recepción

Margen respecto al umbral = 10 dB

$$P_{RX}(dBm) = M_U + P_U(dBm)$$

$$P_{RX} = 10-90$$

$$P_{RX} = -80 \text{ dBm}$$

3. Cálculo de potencia de transmisión mínima requerida.

$$P_{TX} = P_{RX} + A_{BTX} + A_{WGTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A_{WGTX} + A_{BRX}$$

$$P_{TX} = -80 + 0 + 6,6 - 21 + 105,730 + 0 - 14 + 6,6 + 0$$

$$P_{TX} = 3,93 \text{ dBm}$$

Requerimientos mínimos	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	>3,93 dBm
Umbral de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Tx:	14 dBi
Ganancia de Rx:	21 dBi

#### 4.3.2.6 Requerimiento mínimo para enlace GAD-MT-Repetidor

Este enlace tiene una distancia de 10,16 Km.

1. Cálculo de pérdida en espacio libre

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 92,4$$

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(10,16) + 20 \log_{10}(5,8) + 92,4$$

$$PEA(\text{dB}) = 127,8064 \text{ dB}$$

2. Cálculo de potencia de recepción

Margen respecto al umbral = 10 dB

$$P_{RX}(\text{dBm}) = M_U + P_U(\text{dBm})$$

$$P_{RX} = 10-90$$

$$P_{RX} = -80 \text{ dBm}$$

3. Cálculo de potencia de transmisión mínima requerida.

$$P_{TX} = P_{RX} + A_{BTX} + A_{WGTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A_{WGRX} + A_{BRX}$$

$$P_{TX} = -80 + 0 + 6,6 - 21 + 127,8064 + 0 - 14 + 6,6 + 0$$

$$P_{TX} = 26 \text{ dBm}$$

Requerimientos mínimos	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	>26 dBm
Umbral de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Tx:	14 dBi
Ganancia de Rx:	21 dBi

#### 4.3.2.7 Requerimiento mínimo para enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba

Este enlace tiene una distancia de 9,48 Km.

##### 1. Cálculo de pérdida en espacio libre

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(9,48) + 20\log_{10}(5,8) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB}) = 127,2047 \text{ dB}$$

##### 2. Cálculo de potencia de recepción

Margen respecto al umbral = 10 dB

$$P_{RX}(\text{dBm}) = M_U + P_U(\text{dBm})$$

$$P_{RX} = 10 - 90$$

$$P_{RX} = -80 \text{ dBm}$$

##### 3. Cálculo de potencia de transmisión mínima requerida.

$$P_{TX} = P_{RX} + A_{BTX} + A_{WGTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A_{WGRX} + A_{BRX}$$

$$P_{TX} = -80 + 0 + 6,6 - 21 + 127,2047 + 0 - 14 + 6,6 + 0$$

$$P_{TX} = 25,4047 \text{ dBm}$$

Requerimientos mínimos

Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	>25,40 dBm
Umbral de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Tx:	14 dBi
Ganancia de Rx:	21 dBi

#### 4.3.2.8 Requerimiento mínimo para enlace Santa Martha de Cuba - Pioter

Este enlace tiene una distancia de 3,79 Km.

1. Cálculo de pérdida en espacio libre

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB}) = A_0 = 20 \log_{10}(3,79) + 20\log_{10}(5,8) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB}) = 119,241 \text{ dB}$$

2. Cálculo de potencia de recepción

Margen respecto al umbral = 10 dB

$$P_{RX}(\text{dBm}) = M_U + P_U(\text{dBm})$$

$$P_{RX} = 10 - 90$$

$$P_{RX} = -80 \text{ dBm}$$

3. Cálculo de potencia de transmisión mínima requerida.

$$P_{TX} = P_{RX} + A_{BTX} + A_{WGTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A_{WGRX} + A_{BRX}$$

$$P_{TX} = -80 + 0 + 6,6 - 21 + 119,241 + 0 - 14 + 6,6 + 0$$

$$P_{TX} = 17,441 \text{ dBm}$$

Requerimientos mínimos	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	>17,4 dBm
Umbral de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Tx:	14 dBi
Ganancia de Rx:	21 dBi

Tabla 19: Resumen de parámetros mínimos

Resumen de requerimientos mínimos					
Enlace	Banda de operación	Potencia de transmisión	Umbral de recepción	Ganancia de transmisión	Ganancia de Recepción
<b>Gad-Tufiño</b>	5,8 Ghz	>29,65 dBm	- 90 dBm	14 dBi	21 dBi
<b>Gad-Urbina</b>		>19,25 dBm	- 90 dBm	14 dBi	21 dBi
<b>Gad-Gonzales Suárez</b>	5,8 Ghz	>8,79 dBm	- 90 dBm	14 dBi	21 dBi
<b>Gad-Tulcán</b>	5,8 Ghz	>3,93 dBm	- 90 dBm	14 dBi	21 dBi
<b>Gad-Repetidor</b>	5,8 Ghz	>26 dBm	- 90 dBm	14 dBi	21 dBi
<b>Repetidor- S. Martha de Cuba</b>	5,8 Ghz	>25,40 dBm	- 90 dBm	14 dBi	21 dBi
<b>S. Martha de Cuba-Pioter</b>	5,8 Ghz	>17,4 dBm	- 90 dBm	14 dBi	21 dBi

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 19 describe los parámetros mínimos que los enlaces deben tener para el establecimiento de enlace adecuado, hay que mencionar que estos datos solo son datos tentativos para la elección de equipos correctos, basado en un análisis general de parámetros a tomar en cuenta, más adelante se realizará la elección de los equipos correctos con las características adecuadas para cada enlace a diseñar.

#### 4.3.2.9 Alternativas Wifi 802.11n

A continuación se describirá tres tipos de fabricantes para el análisis de selección de equipos según las especificaciones de requerimiento mínimo. Ya que son equipos que se encuentran con facilidad en el mercado nacional.

#### 4.3.2.9.1 *Tp-link*

Es un proveedor de equipos de red a nivel mundial, se despliega en la gama de producción de routers, switches utilizados a nivel home y equipos wireless marcando el mercado con sus productos.

##### TL-ANT5830B

La TL-ANT5830B es un equipo para utilizarse en exteriores para una conexión punto a punto, proporcionando conexiones inalámbricas estables operando en la banda de 5 Ghz.



Figura 67: Antena Grid TL-ANT5830B

Fuente: TP-LINK. Recuperado de: <http://www.tp-link.es/products/details/?model=TL-ANT5830B#fea>

#### 1. Prestaciones

Cumple con la norma 802.11a/n, en 5Ghz.

Posee 30 dBi en ganancia de señal.

Kit de montaje que permite una fácil instalación.

#### 2. Especificaciones

Tabla 20: Especificaciones técnicas de TL-ANT5830B.

Tp-link Grid TL-ANT5830B	
Dimensión	600×900(mm)
Frecuencia	5.15~5.85GHz
Impedancia	50 Ohms
Rendimiento	30dBi
VSWR(MAX.)	≤1.8
HPBW/H( °)	6
HPBW/V( °)	4
Polarización	Vertical u Horizontal
Tipo de Conector	Hembra Tipo N
Soporte	Montaje de Pared / Soporte
Temperatura de Operación	-40°C~60°C(-40°F~140°F)
Temperatura de Almacenamiento	de -40°C~60°C(-40°F~140°F)
F/B Ratio	> 30dB
Potencia máxima de entrada	100W
Diametro del mástil	Ø30~Ø50 mm
Material	Aluminio fundido a presión
Estandares	RoHS, WEEE
Resistencia al viento	241Km/hr
Costo	U\$115,61

Fuente: TP-LINK. Recuperado de: <http://www.tp-link.es/products/details/?model=TL-ANT5830B#fea>

#### 4.3.2.9.2 Ubiquiti

Es un proveedor de equipos de banda ancha a nivel mundial, especializado en ofrecer equipos wireless de alta calidad. Ofreciendo al mercado productos óptimos de acuerdo a las áreas de aplicación.

##### AirGrid M5

La AirGrid de ubiquiti es un equipo pensado para condiciones exteriores proporcionan enlaces inalámbricos estables y seguros.



Figura 68: AirGrid M5 Ubiquiti



Fuente: ubiquiti.com. Recuperado de: [http://dl.ubnt.com/datasheets/airgridm/airGrid\\_HP.pdf](http://dl.ubnt.com/datasheets/airgridm/airGrid_HP.pdf)

## 1. Prestaciones

El AirGrid High Power con mayor potencia de salida y la misma tecnología AirMax 802.11n que ofrece tasas de transferencia de datos reales de 100+ Mbps y distancias de enlace de 40Kms+.

Mediante el uso de la tecnología InnerFeed, la nueva serie AirGrid M representa la evolución de los dispositivos inalámbricos de banda ancha para exteriores.

El AirGrid cuenta con un diseño robusto que puede ser instalado en polarización vertical u horizontal y cuenta con LEDs que muestran la actividad e intensidad de señal al instalador.

Su diseño mecánico provee un desempeño completamente a prueba de elementos climáticos.

Los productos AirGrid utilizan el revolucionario protocolo TDMA AirMax de Ubiquiti que ofrece escalabilidad

## 2. Especificaciones

Tabla 21: Especificaciones técnicas de: AirGrid M5 Ubiquiti

<b>Ubiquiti AirGrid M5</b>	
<b>Procesador</b>	Atheros MIPS 24KC 400MHz
<b>Memoria</b>	32MB SDRAM y 8MB Flash
<b>Puerto</b>	Ethernet 10/100Mbps
<b>ganancia</b>	27dBi
<b>Polarización</b>	Horizontal y Vertical
<b>Potencia de Tx</b>	25 dBm
<b>Sensibilidad de recepcion</b>	-97 dBm
<b>Soporta encriptación</b>	WPA, WPA2, TKIP, AES, WEP
<b>Soporta diferentes modos de operación</b>	Acces Point, WDS, Cliente
<b>Temperatura de Operación</b>	-40C a 85C
<b>Ajuste de Canales</b>	10/20/40 MHz
<b>Banda de operación</b>	(5.475-5.825GHz)
<b>Max. Consumo energia</b>	3 W
<b>Angulo de haz</b>	20 grados
<b>Costo</b>	U\$ 135

Fuente: [www.ubiquiti.com](http://www.ubiquiti.com). Recuperado de: <http://www.ubiquiti.com.ec/index.php/airmax>

#### 4.3.2.9.3 Mikrotik

ES un proveedor de equipos de red orientado a dar soluciones wireless y equipos de administración de red, ofrece soluciones potentes y eficientes al mercado. Mediante su software Mikrotik RouterOS que funciona como un sistema operativo para convertir una placa de hardware en un router dedicado y está basado en Linux. Además ofrece gran flexibilidad en configuración con amplias propiedades de actualización.

##### SXTG-5HPnD-SAR2

EL SXTG-5HPnD-SAR2 es un equipo fabricado para soportar los ambientes exteriores, es un equipo pensado para enlaces punto a punto y enlaces punto multipunto.



Figura 69: Mikrotik SXTG-5HPnD-SAR2

Fuente: Routerboard. Recuperado de: [www.routerboard.com](http://www.routerboard.com).

#### 1. Prestaciones

Su configuración es flexible y dinámica con sus posibilidades para programar y automatizar el sistema.

Posibilita el control de ancho de banda por número de usuarios.

Posee un tipo de licencia de nivel 4

Facilidad en administración y mantenimiento

#### 2. Especificaciones

Tabla 22: Especificaciones técnicas de SXTG-5HPnD-SAR2

Mikrotik SXTG-5HPnD-SAR2	
CPU	AR9344 600MHz
Memoria	64MB DDR2
Ethernet	1x 10/100/1000 Gigabit
Tarjetas inalámbricas	5GHz 802.11a/n Atheros AR9280
Rango de frecuencia de operación	4920-5920MHz, Operating range
Extras	Pulsador de reset puerto USB 2.0
LEDs	Leds que identifican encendido, inalámbrica y Ethernet.
Opciones de alimentación	Alimentación a través de Ethernet utilizando POE
Dimensiones	140x140x56mm.
Consumo máximo	11W a 24V , 450mA
Temperatura de operación	-30C .. +80C
Nivel de licencia	4 AP
Angulo de haz	90 grados
Ganancia	14 dBi
Potencia Tx	30 dBm
Sensibilidad de recepción	-95 dBm
Certifications	FCC, CE, ROHS
Costo	U\$ 140

Fuente: routerboard.com: Recuperado de: [www.routerboard.com](http://www.routerboard.com)

Analizando estos tres fabricantes se puede concluir que cada uno es especialista en una área específica; tomando en cuenta Tp-Link es especialista en equipos que proveen conexión inalámbrica a nivel home; Ubiquiti es especialista en equipos que proveen conexión a nivel de exteriores ya que son dedicados a solventar solo soluciones wireless con sus diferentes gamas de equipos; y Mikrotik es especialistas en equipos que proveen conexiones wireless y equipos de administración.

Por otra parte a simple vista se diría que la tecnología a utilizar sería mikrotik; pero tiene sus desventajas en lo que se refiere a equipos wireless ya que no posee la misma gama de equipos que ubiquiti para las diferentes aplicaciones según el área y cobertura; debido a esto se concluye que se debe de realizar un diseño híbrido para los enlaces de manera que para administración en nodos y aps sea Mikrotik y clientes sean equipos ubiquiti con el fin de diseñar enlaces óptimos y administrables. En cada nodo se utilizará un router mikrotik RB 750 UP, cabe recalcar que la elección de este equipo es por experiencia personal y además por sus características de administración y costos reducidos.

#### 4.3.2.10 Análisis de requerimientos mediante el estándar IEEE 29148

A continuación se describirá brevemente el análisis de seleccionamiento de equipos enfocado a elegir los equipos para los radioenlaces; para lo cual nos enfocaremos en requerimientos del sistema según el estándar IEEE 29148 descrito en su punto 9.4.

##### 1. Especificación de los requerimientos del sistema

Tabla 23: Requerimientos de software

Numero	Requerimiento
1	El software debe permitir la flexibilidad de administración de los usuarios.
2	El software debe permitir crear, consultar, eliminar el número conexiones existentes
3	El software debe permitir dar seguridad de conexión mediante alguna técnica de identificación.
4	El software debe permitir al administrador establecer prioridades de trafico de acuerdo a su necesidad.
5	El Software debe de permitir la observación de resultados de tráfico que cruza a través de cada conexión.
6	El software debe permitir funcionalidades para el filtrado de páginas no acordes al lugar de trabajo.
7	El software debe permitir al administrador la facilidad de automatizar el funcionamiento de las conexiones.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 23 se puede observar los principales requerimientos que el software debe de poseer para solventar la necesidad de este proyecto. A continuación se describirá los requerimientos que el equipo debe tener como sistema.

Tabla 24: Requerimientos de equipos.

<b>Requerimientos de sistema</b>				
<b>Equipo</b>	<b>Funcionales</b>	<b>Usabilidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Atributos</b>
<b>Mikrotik</b>	Convierte cualquier placa en un router dedicado.	Provee una interfaz gráfica para la configuración.	Gestiona usuarios de acuerdo al gusto del administrador	Seguro Robusto
	Utilizado para realizar una administración eficiente.	Fácil de configurar	Ofrece niveles de licencia de acuerdo a la complejidad de las aplicaciones a solucionar.	Portable Disponibile
	Provee seguridad para conexiones de usuarios	Permite eliminar y configurar sus funciones sin perder una previa configuración.		Recuperable ante fallas.
	Permite gestionar tareas programadas	Permite actualizaciones de software sin perder la configuración.	Permite gestionar el tráfico para mayor eficiencia.	
<b>Ubiquiti</b>	Genera tecnología robusta y potente con funciones inalámbricas y de enrutamiento.	Intuitivo y fácil de configurar.	Ofrece anchos de canales de 20 y 40 Mhz para una mayor velocidad.	Robusto Escalable Eficiente
	Provee funcionalidades de seguridad para conexión	Permite enrutamiento de puertos acorde a la necesidad del administrador.	Ofrece actualizaciones	
	Sirve para enlaces punto a punto y punto multipunto	Ofrece una interfaz gráfica amigable.	Permite gestionar usuarios	
	Utilizado para redes inalámbricas externas			
<b>Tp-Link</b>	Provee funcionalidades de seguridad.	Software amigable pero limitado.	Permite administrar usuarios.	Robusto Escalable
	Utilizado más en redes home	Fácil de configurar.		Eficiente

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 24 se puede ver la descripción de equipos según parámetros por estándar IEEE 29148.

En base al análisis descrito en los puntos, de seleccionamiento de equipos de acuerdo a los requerimientos mínimos, alternativas de equipos y análisis de requerimientos según el estándar IEEE 29148 mencionados en la selección de equipos, se decide realizar un diseño Híbrido mediante enlaces punto-multipunto y se establece que la tecnología adecuada para este proyecto es Mikrotik y Ubiquiti debido a que se apegan de mejor manera a los parámetros requeridos, son tecnologías escalables y robustas en el campo Wireless, administración y conexión, los equipos a utilizar se eligen de acuerdo a la comunicación de los enlaces que es punto-multipunto, siendo el equipo mikrotik el equipo transmisor y los equipos ubiquiti servirán de clientes, los equipos a utilizar se detallan en la Tabla 25.

Tabla 25: Requerimientos de equipos

<b>Resumen de requerimientos</b>						
<b>Enlace GAD</b>	<b>Banda de operación (Ghz )</b>	<b>Potencia de transmisión Tx (dBm)</b>	<b>Ganancia de transmisión (dBi)</b>	<b>Potencia de transmisión Rx (dBm)</b>	<b>Ganancia de Recepción (dBi)</b>	<b>Umbral de recepción (dBm)</b>
<b>Tufiño</b>	5,8	27	14	28	27	- 90
<b>Urbina</b>	5,8	27	14	25	23	- 90
<b>Gonzales Suárez</b>	5,8	27	14	23	13	- 90
<b>Tulcán</b>	5,8	27	14	23	13	- 90
<b>Repetidor</b>	5,8	27	14	28	27	- 90
<b>Repetidor-S. Martha de Cuba</b>	5,8	27	14	28	27	- 90
<b>S. Martha de Cuba-Pioter</b>	5,8	27	14	25	23	- 90

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3 DISEÑO DE LOS RADIOENLACES

En esta sección se describirá cada uno de los radioenlaces con los equipos ya seleccionados anteriormente. El diseño de radioenlaces elegido es punto-multipunto, se pondrá dos equipos Mikrotik SXTG-5HPnD-SAR2 en el GAD-MT como puntos de acceso

y los equipos Ubiquiti harán de clientes en los emplazamientos ubicados en cada parroquia. El primer equipo Mikrotik servirá como conexión a los puntos ubicados en las parroquias Gonzales Suarez y Urbina y el segundo equipo para la conexión a los puntos Tufiño, Tulcán y el Repetidor ubicado en la montaña Guagua Negro el cual servirá como repetidor para la conexión a la Parroquia Santa Marta de Cuba y este a su vez será repetidor para llegar a Pieter.

#### **4.3.3.1 Enlace GAD-MT-Urbina**

Este enlace conformará los puntos ubicados en el GAD-MT Y Urbina, se utilizará un router Mikrotik RB 750 UP que estará ubicado en el cuarto de telecomunicaciones en el GAD-MT, el cual estará conectado al switch de core; el router RB 750 UP proveerá la conexión a los equipos de radiofrecuencia SXTG-5HPnD-SAR2 por medio de un bridge entre las interfaces mediante un cable Ethernet; los equipos SXTG-5HPnD-SAR2 estarán configurados como puntos de acceso, la distancia de este radio enlace es de aproximadamente de 4.67 Km; por lo que para conseguir establecer el enlace se utilizará una antena de rejilla o grilla de 23 dBi en el emplazamiento ubicado en la parroquia Urbina, este equipo funcionará como cliente y al igual que en la entidad principal también se utilizará un router RB 750 UP que receptorá la señal mediante la antena de rejilla, el direccionamiento utilizado para cada uno de los radioenlaces es de carácter privado.

El equipo transmisor se encontrará ubicado en una torre de 12 metros que posee el GAD-MT sobre su edificio; en tanto que el equipo receptor estará ubicado en un mástil de 5 metros de altura estándar que se elige para todos los puntos clientes debido a que se tiene línea de vista con el punto a enlazarse y se ha verificado mediante observación con Binoculares de la marca Gordon.

La selección de del canal se lo debe de asignar mediante un escaneo del espectro para evitar posibles interferencias.

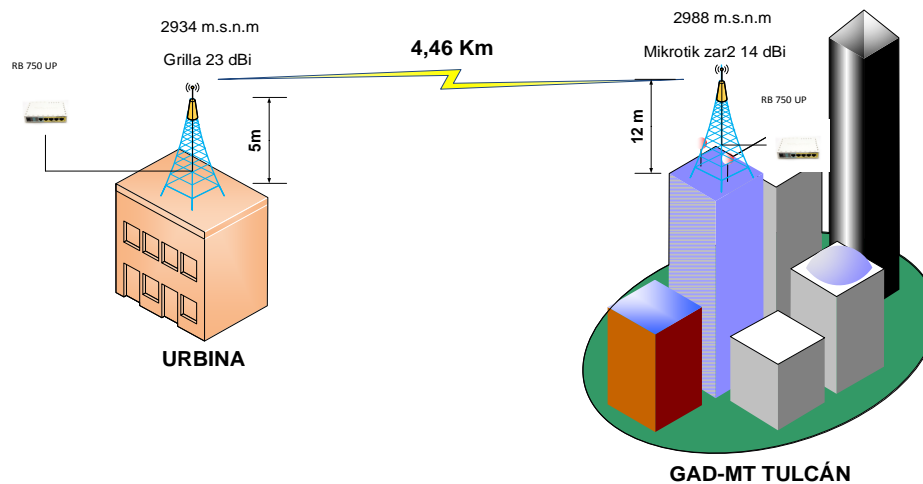


Figura 70: Esquema del enlace GAD-MT-Urbina

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.2 Enlace GAD-MT- Gonzales Suárez

Este enlace conformará los puntos ubicados en el GAD-MT y Gonzales Suárez, al igual que el enlace anterior utiliza un router RB 750 UP en cada entidad; El equipo transmisor es el ya descrito en el punto 4.3.3.1. La forma de conexión y comunicación es la misma antes mencionada. La distancia de este radioenlace es aproximadamente de 1,40 Km; por lo que para conseguir establecer el enlace se utilizará un equipo NanoStation loco M5 de 13 dBi en el emplazamiento ubicado en la parroquia Gonzales Suárez, el direccionamiento de este enlace será de carácter privado.

El equipo transmisor se encontrará ubicado en una torre de 12 metros que posee el GAD-MT sobre su edificio; en tanto que el equipo receptor estará ubicado en un mástil de 5 metros de altura estándar que se elige para todos los puntos clientes debido a que se tiene línea de vista con el punto a enlazarse y se ha verificado mediante observación con Binoculares de la marca Gordon.

La selección de del canal se lo debe de asignar mediante un escaneo del espectro para evitar posibles interferencias.



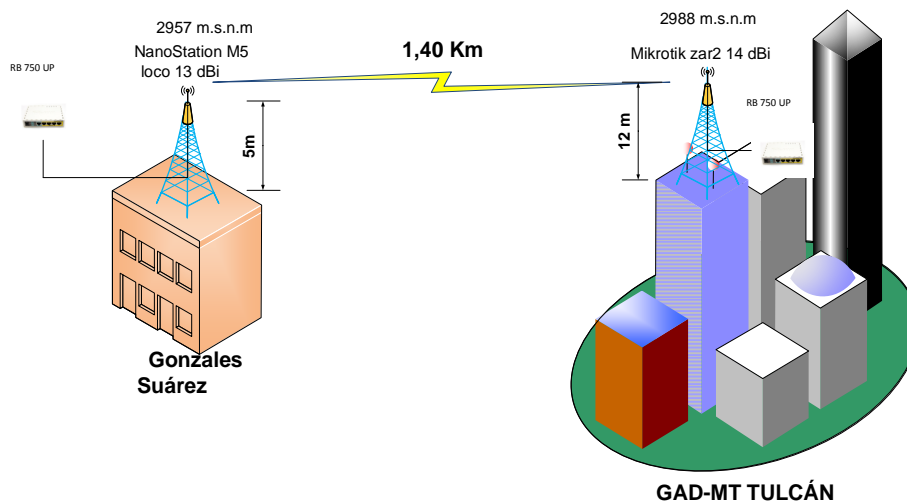


Figura 71: Esquema del enlace GAD-MT-Gonzales Suárez

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.3 Enlace GAD-MT-Tufiño

Este enlace conformará los puntos ubicados en el GAD-MT y Tufiño, utiliza equipos mikrotik RB 750 UP en sus nodos y su conexión se encuentra descrita en el punto 4.3.3.1. La distancia de este radioenlace es aproximadamente de 15.46 Km; por lo que para conseguir establecer el enlace se utilizará una antena Grilla de 27 dBi en el emplazamiento ubicado en la parroquia Tufiño y el transmisor SXTG-5HPnD-SAR2 DE 14 dBi ubicado en el GAD-MT, el direccionamiento de este enlace será de carácter privado.

El equipo transmisor se encontrará ubicado en una torre de 12 metros que posee el GAD-MT sobre su edificio; en tanto que el equipo receptor estará ubicado en una torre de 12 metros que posee la junta parroquial sobre su edificio, este punto posee línea de vista con el punto a enlazarse y se ha verificado mediante observación con Binoculares de la marca Gordon.

La selección de del canal se lo debe de asignar mediante un escaneo del espectro para evitar posibles interferencias.

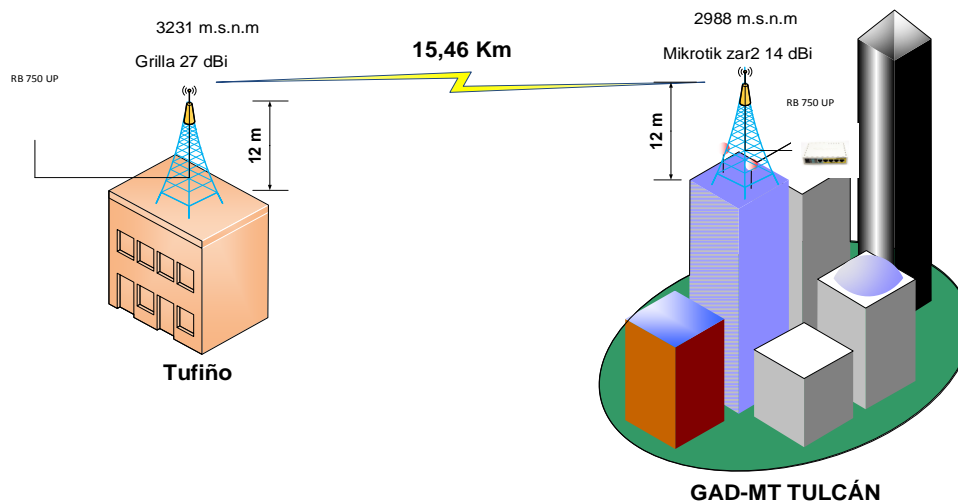


Figura 72: Esquema del enlace GAD-MT-Tufiño

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.4 Enlace GAD-MT-Tulcán

Este enlace conformará los puntos ubicados en el GAD-MT y Tulcán, utiliza equipos mikrotik RB 750 UP en sus nodos y su conexión se encuentra descrita en el punto 4.3.3.1. La distancia de este radioenlace es aproximadamente de 0,8 Km; por lo que para conseguir establecer el enlace se utilizará una NanoStation Loco M5 de 13 dBi en el emplazamiento ubicado en la parroquia Tulcán y el transmisor SXTG-5HPnD-SAR2 DE 14 dBi ubicado en el GAD-MT, el direccionamiento de este enlace será de carácter privado.

El equipo transmisor se encontrará ubicado en una torre de 12 metros que posee el GAD-MT sobre su edificio; en tanto que el equipo receptor estará ubicado en un mástil de 5 metros de altura estándar que se elige para todos los puntos clientes debido a que se tiene línea de vista con el punto a enlazarse y se ha verificado mediante observación con Binoculares de la marca Gordon.

La selección de del canal se lo debe de asignar mediante un escaneo del espectro para evitar posibles interferencias.

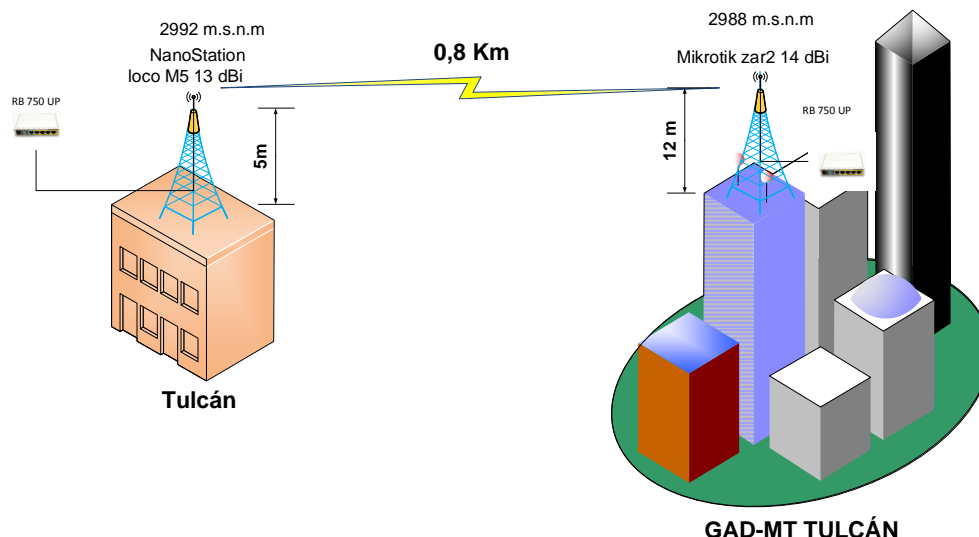


Figura 73: Esquema del enlace GAD-MT-Tulcán

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.5 Enlace GAD-MT-Repetidor

Este enlace conformará los puntos ubicados en el GAD-MT y Repetidor ubicado en la montaña Guagua Negro, utiliza equipos mikrotik RB 750 UP en sus nodos y su conexión se encuentra descrita en el punto 4.3.3.1. La distancia de este radioenlace es aproximadamente de 10.16 Km; por lo que para conseguir establecer el enlace se utilizará una antena Grilla de 27 dBi en el emplazamiento ubicado en la montaña Guagua negro y el transmisor SXTG-5HPnD-SAR2 DE 14 dBi ubicado en el GAD-MT, Este nodo servirá como repetidor para llegar a Santa Martha de Cuba, el direccionamiento de este enlace será de carácter privado.

El equipo transmisor se encontrará ubicado en una torre de 12 metros que posee el GAD-MT sobre su edificio; en tanto que el equipo receptor estará ubicado en una torre venteadada de 20 metros en la montaña Guagua negro, este punto posee línea de vista con el punto a enlazarse y se ha verificado mediante observación con Binoculares de la marca Gordon. Los equipos de conexión de red en el repetidor serán ubicados en una caja térmica para asegurar la protección contra humedad; además la energía para alimentar los equipos se obtendrá a través de un panel solar que será instalado.

La selección de del canal se lo debe de asignar mediante un escaneo del espectro para evitar posibles interferencias.

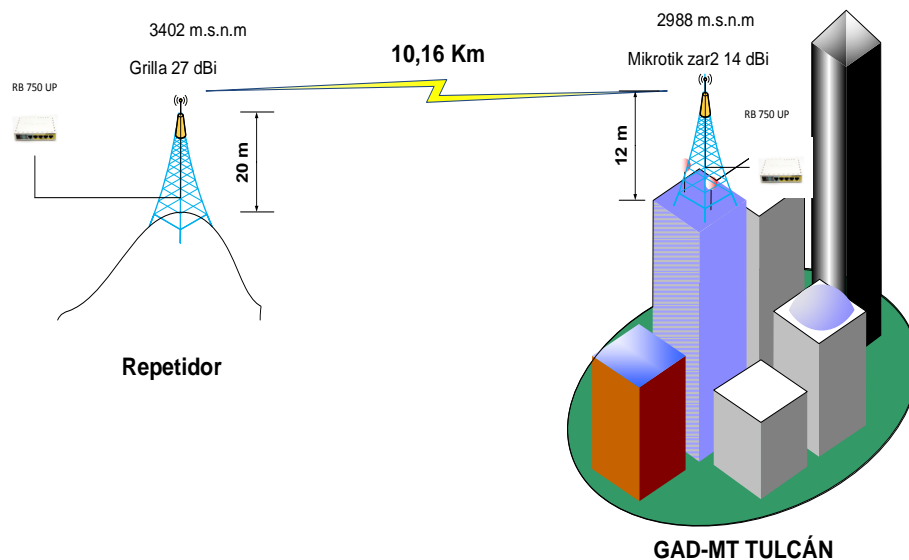


Figura 74: Esquema del enlace GAD-MT-Repetidor

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.6 Enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba

Este enlace conformará los puntos ubicados en el Repetidor ubicado en la montaña Guagua Negro y el punto ubicado en la parroquia Santa Martha de Cuba, utiliza equipos mikrotik RB 750 UP en sus nodos y su conexión se encuentra descrita en el punto 4.3.3.1. La distancia de este radioenlace es aproximadamente de 9.48 Km; por lo que para conseguir establecer el enlace se utilizará una antena Grilla de 27 dBi en el emplazamiento ubicado en la parroquia Santa Martha de Cuba y el transmisor SXTG-5HPnD-SAR2 DE 14 dBi ubicado en el Repetidor de la montaña Guagua Negro, Este nodo servirá como repetidor para llegar a Pioter, el direccionamiento de este enlace será de carácter privado.

El equipo transmisor se encontrará ubicado en una torre de 12 metros sobre la montaña Guagua Negro; en tanto que el equipo receptor estará ubicado en un mástil de 5 metros de altura estándar que se elige para todos los puntos clientes debido a que se tiene línea de vista con el punto a enlazarse y se ha verificado mediante observación con Binoculares de la marca Gordon.

La selección de canal se lo debe de asignar mediante un escaneo del espectro para evitar posibles interferencias.

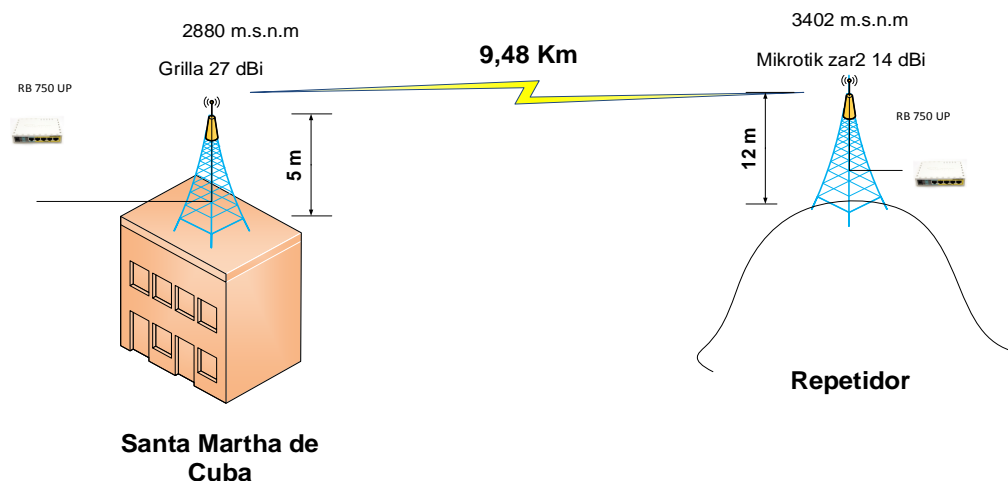


Figura 75: Esquema del enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.7 Enlace Santa Martha de Cuba-Pioter

Este enlace conformará los puntos ubicados en Santa Martha de Cuba y el punto ubicado en la parroquia Pioter, utiliza equipos mikrotik RB 750 UP en sus nodos y su conexión se encuentra descrita en el punto 4.3.3.1. La distancia de este radioenlace es aproximadamente de 3,798 Km; por lo que para conseguir establecer el enlace se utilizará una antena Grilla de 23 dBi en el emplazamiento ubicado en la parroquia Pioter y el transmisor SXTG-5HPnD-SAR2 DE 14 dBi ubicado en Santa Martha de Cuba, el direccionamiento de este enlace será de carácter privado.

El equipo transmisor se encontrará ubicado en un mástil sobre la infraestructura de la junta parroquial de Santa Martha de Cuba; en tanto que el equipo receptor estará ubicado en un mástil de 5 metros de altura estándar que se elige para todos los puntos clientes debido a que se tiene línea de vista con el punto a enlazarse y se ha verificado mediante observación con Binoculares de la marca Gordon.

La selección de canal se lo debe de asignar mediante un escaneo del espectro para evitar posibles interferencias.

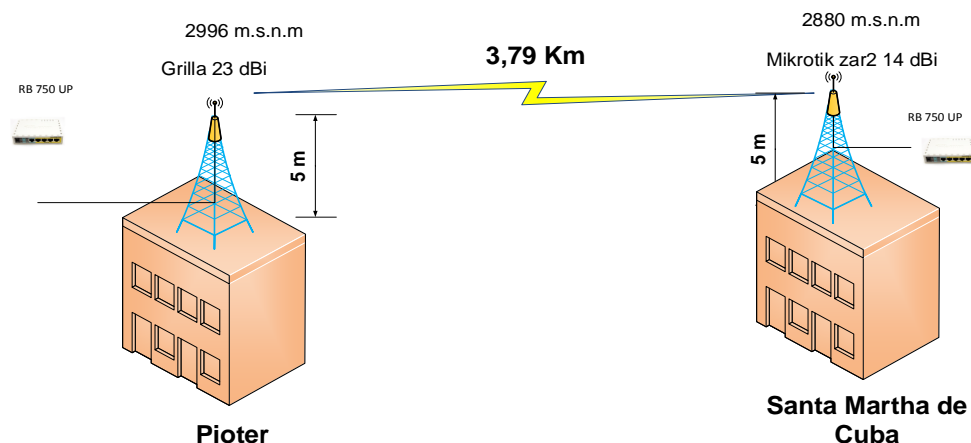


Figura 76: Esquema del enlace Santa Martha de Cuba-Pioter

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 ZONAS DE FRESNEL

A continuación se realizará el cálculo de las zonas de fresnel para cada radioenlace y se centrará en el cálculo de la primera zona de fresnel debido a que es en esta donde se encuentra concentrada el 50 por ciento de la potencia radiada y según lo predispuesto por la UIT-R-P530-15 menciona que la primera zona de fresnel debe de estar despejada por lo menos el 60% para que el enlace sea adecuado. Para esto se analiza los el objeto más elevado en la trayectoria del enlace a fin de detectar en este punto la penetración del objeto.

##### 4.3.4.1 Enlace GAD-MT-Urbina

El objeto más alto en este enlace se encuentra a los 3,2 Km en sentido del GAD-MT-Urbina a una altura de 2939 m.s.n.m. y a los 1.47 Km en sentido Urbina-GAD-MT. Para calcular la zona de fresnel se utilizara la ecuación descrita en el punto 2.13.2

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{f * d}}$$

d1=3200 m

d2=1470

f=5800 Mhz

d=4670 m

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(3200 * 1470)}{5800 * 4670}}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{4704000}{27086000}}$$

$$R=7,21 \text{ m}$$

Este valor es el 100 % despejado de la primera zona de fresnel, entonces el 60% seria 4,32 metros

#### 4.3.4.2 Enlace GAD-MT-Gonzales Suárez

El objeto más alto en este enlace se encuentra a los 0,9 Km en sentido del GAD-MT-Gonzales Suárez a una altura de 2928 m.s.n.m. y a los 0,5 Km en sentido Gonzales Suárez - GAD-MT. Para calcular la zona de fresnel se utilizara la ecuación descrita en el punto 2.13.2

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{f * d}}$$

$$d1=900 \text{ m}$$

$$d2=500$$

$$f=5800 \text{ Mhz}$$

$$d=1400 \text{ m}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(900 * 500)}{5800 * 1400}}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{450000}{8120000}}$$

$$R=4,07 \text{ m}$$

Este valor es el 100 % despejado de la primera zona de fresnel, entonces el 60% seria 2,44 metros.

#### 4.3.4.3 Enlace GAD-MT-Tufiño

El objeto más alto en este enlace se encuentra a los 10,3 Km en sentido del GAD-MT-Tufiño a una altura de 3132 m.s.n.m. y a los 5,16 Km en sentido Tufiño -GAD-MT. Para calcular la zona de fresnel se utilizara la ecuación descrita en el punto 2.13.2

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{f * d}}$$

$$d1=10300 \text{ m}$$

$$d2=5160$$

$$f=5800 \text{ Mhz}$$

$$d=15460 \text{ m}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(10300 * 5160)}{5800 * 15460}}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{53148000}{89668000}}$$

$$R=13,33 \text{ m}$$

Este valor es el 100 % despejado de la primera zona de fresnel, entonces el 60% seria 8 metros.

#### 4.3.4.4 Enlace GAD-MT-Tulcán

El objeto más alto en este enlace se encuentra a los 0,6 Km en sentido del GAD-MT-Tulcán a una altura de 2991 m.s.n.m. y a los 0,2 Km en sentido Tulcán -GAD-MT. Para calcular la zona de fresnel se utilizará la ecuación descrita en el punto 2.13.2

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{f * d}}$$

$$d1=600 \text{ m}$$

$$d2=200$$

$$f=5800 \text{ Mhz}$$



$$d=800 \text{ m}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(600 * 200)}{5800 * 800}}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{120000}{4640000}}$$

$$R=2,78 \text{ m}$$

Este valor es el 100 % despejado de la primera zona de fresnel, entonces el 60% seria 1,67 metros.

#### 4.3.4.5 Enlace GAD-MT-Repetidor

El objeto más alto en este enlace se encuentra a los 8,4 Km en sentido del GAD-MT-Repetidor a una altura de 3338 m.s.n.m. y a los 1.76 Km en sentido Repetidor -GAD-MT. Para calcular la zona de fresnel se utilizara la ecuación descrita en el punto 2.13.2

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{f * d}}$$

$$d1=8400 \text{ m}$$

$$d2=1760$$

$$f=5800 \text{ Mhz}$$

$$d=10160 \text{ m}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(8400 * 1760)}{5800 * 10160}}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{14784000}{58928000}}$$

$$R=8,67 \text{ m}$$

Este valor es el 100 % despejado de la primera zona de fresnel, entonces el 60% seria 5,20 metros.

#### 4.3.4.6 Enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba

El objeto más alto en este enlace se encuentra a los 1,1 Km en sentido del Repetidor-Santa Martha de Cuba a una altura de 3332 m.s.n.m. y a los 8,38 Km en sentido Santa Martha de Cuba-Repetidor. Para calcular la zona de fresnel se utilizara la ecuación descrita en el punto 2.13.2

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{f * d}}$$

$$d1=1100 \text{ m}$$

$$d2=8380$$

$$f=5800 \text{ Mhz}$$

$$d=9480 \text{ m}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(1100 * 8380)}{5800 * 9480}}$$

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{9218000}{54984000}}$$

$$R=7,09 \text{ m}$$

Este valor es el 100 % despejado de la primera zona de fresnel, entonces el 60% seria 4,25 metros.

#### 4.3.4.7 Enlace Santa Martha de Cuba-Pioter

El objeto más alto en este enlace se encuentra a los 3,5 Km en sentido del Santa Martha de Cuba-Pioter a una altura de 2950 m.s.n.m. y a los 0.29 Km en sentido Pioter -Santa Martha de Cuba. Para calcular la zona de fresnel se utilizara la ecuación descrita en el punto 2.13.2

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{f * d}}$$

$$d1=3500 \text{ m}$$

$$d2=290$$

$$f=5800 \text{ Mhz}$$

$$d=3790 \text{ m}$$

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{(3500 * 290)}{5800 * 3790}}$$

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{1015000}{21982000}}$$

$$R=3,72 \text{ m}$$

Este valor es el 100 % despejado de la primera zona de fresnel, entonces el 60% seria 2,23 metros.

Tabla 26: Resumen de cálculo de zonas de fresnel

Zona de Fresnel	Urbina	Gonzales Suárez	Tufiño	Tulcán	Repetidor	Sta Martha de Pioter	
<b>Radio de cobertura 100%(m)</b>	7,21	4,07	13,3	2,78	8,67	7,09	3,72
<b>Radio de cobertura 60%(m)</b>	4,32	2,44	8	1,67	5,20	4,25	2,23

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 26 muestra el resumen de los cálculos de las zonas de fresnel de los radioenlaces, para un despeje del 100% y un despeje del 60% de acuerdo al obstáculo más alto en sus trayectorias.

#### 4.3.5 PRESUPUESTOS DE POTENCIA DE LOS ENLACES

A continuación se realizara un presupuesto de potencia considerando los equipos elegidos para cada uno de los enlaces en el punto 4.3.3.

El presupuesto de potencia sigue la siguiente ecuación descrita en el punto 2.15

Para que un enlace sea viable se debe obtener que la relación de pérdidas y ganancias de un enlace sea mayor que el nivel mínimo de señal recibida en el receptor, cuya diferencia entre el nivel mínimo de señal recibida y la sensibilidad del receptor es el margen del enlace y debe ser tomado un valor de al menos 10 dB para que el enlace sea viable.

**Margen = Potencia de transmisión [dBm] – Perdidas en el cable Tx [dB] + Ganancia de antena Tx [dBi] – Perdida en la trayectoria del espacio abierto [dB] + Ganancia antena de recepción [dBi] – Perdida de cable Rx [dB] – Sensibilidad del receptor [dBm]**

$$P_{TX} = P_{RX} + A_{BTX} + A_{WGTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A_{WGRX} + A_{BRX}$$

#### 4.3.5.1 Cálculo de enlace GAD-MT-Urbina

Transmisor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	27 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	14 dBi
Perdidas en espacio libre:	121 dB

Receptor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	25 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	23 dBi

Presupuesto de potencia Tx-Rx	
Potencia de Tx AP:	+ 27 dBm
Ganancia de antena del AP:	+ 14 dBi
Pérdida en el cable de Ap:	- 6,6 dB
Ganancia de Antena de Rx:	+ 23 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	- 6,6 dB
Ganancia total:	+50,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	-121 dB
Nivel de señal recibida:	-70,2 dBm
Sensibilidad del receptor:	-(-90) dBm
Margen del enlace:	+19,8 dB

Presupuesto de potencia Rx-Tx	
Potencia de antena de Rx:	+25 dBm
Ganancia de antena del Rx:	+23 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	-6,6 dB
Ganancia de Antena de Tx Ap:	+14 dBi
Pérdida en el cable de AP:	- 6,6 dB
Ganancia total:	+48,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	-121 dB
Nivel de señal recibida:	-72,2 dBm
Sensibilidad del transmisor:	-(-90) dBm
Margen del enlace:	+17,8 dB

Como se observa en los presupuestos de potencia tanto para el lado de transmisión-recepción como recepción-transmisión se obtiene un margen de enlace mayor a 10 dB lo que indica que el enlace es viable.

#### 4.3.5.2 Cálculo de enlace GAD-MT-Gonzales Suárez

Transmisor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	27 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	14 dBi
Perdidas en espacio libre:	110,5 dB

Receptor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	23 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	13 dBi

Presupuesto de potencia Tx-Rx	
Potencia de Tx AP:	+ 27 dBm
Ganancia de antena del AP:	+ 14 dBi
Pérdida en el cable de Ap:	- 6,6 dB
Ganancia de Antena de Rx:	+ 13 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	- 6,6 dB
Ganancia total:	+40,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	-110,5 dB
Nivel de señal recibida:	-70,5 dBm
Sensibilidad del receptor:	-(-90) dBm
Margen del enlace:	+19,5 dB

Presupuesto de potencia Rx-Tx	
Potencia de antena de Rx:	+23 dBm
Ganancia de antena del Rx:	+13 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	-6,6 dB
Ganancia de Antena de Tx Ap:	+14 dBi
Pérdida en el cable de AP:	- 6,6 dB
Ganancia total:	+36,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	-110,5 dB
Nivel de señal recibida:	-73,7 dBm
Sensibilidad del transmisor:	-(-90) dBm
Margen del enlace:	+16,3 dB

Como se observa en los presupuestos de potencia tanto para el lado de transmisión-recepción como recepción-transmisión se obtiene un margen de enlace mayor a 10 dB lo que indica que el enlace es viable.

### 4.3.5.3 Cálculo de enlace GAD-MT-Tufiño

Transmisor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	27 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	14 dBi
Perdidas en espacio libre:	131,4 dB

Receptor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	28 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	27 dBi

Presupuesto de potencia Tx-Rx	
Potencia de Tx AP:	+ 27 dBm
Ganancia de antena del AP:	+ 14 dBi
Pérdida en el cable de Ap:	- 6,6 dB
Ganancia de Antena de Rx:	+ 27 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	- 6,6 dB
Ganancia total:	+54,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	-131,4 dB
Nivel de señal recibida:	-76,6 dBm
Sensibilidad del receptor:	-(-90) dBm
Margen del enlace:	+13,4 dB

Presupuesto de potencia Rx-Tx	
Potencia de antena de Rx:	+28 dBm
Ganancia de antena del Rx:	+27 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	-6,6 dB
Ganancia de Antena de Tx Ap:	+14 dBi
Pérdida en el cable de AP:	- 6,6 dB
Ganancia total:	<u>+55,8 dB</u>
Pérdida en el espacio libre:	<u>-131,4 dB</u>
Nivel de señal recibida:	-75,6 dBm
Sensibilidad del transmisor:	<u>-(-90) dBm</u>
Margen del enlace:	+14,4 dB

Como se observa en los presupuestos de potencia tanto para el lado de transmisión-recepción como recepción-transmisión se obtiene un margen de enlace mayor a 10 dB lo que indica que el enlace es viable.

#### 4.3.5.4 Cálculo de enlace GAD-MT-Tulcán

Transmisor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	27 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	14 dBi
Perdidas en espacio libre:	105,7 dB

Receptor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	23 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	13 dBi



Presupuesto de potencia Tx-Rx	
Potencia de Tx AP:	+ 27 dBm
Ganancia de antena del AP:	+ 14 dBi
Pérdida en el cable de Ap:	- 6,6 dB
Ganancia de Antena de Rx:	+13 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	<u>- 6,6 dB</u>
Ganancia total:	+40,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	<u>-105,7 dB</u>
Nivel de señal recibida:	-64,9 dBm
Sensibilidad del receptor:	<u>-(-90) dBm</u>
Margen del enlace:	+25,1 dB

Presupuesto de potencia Rx-Tx	
Potencia de antena de Rx:	+23 dBm
Ganancia de antena del Rx:	+13 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	-6,6 dB
Ganancia de Antena de Tx Ap:	+14 dBi
Pérdida en el cable de AP:	<u>- 6,6 dB</u>
Ganancia total:	+36,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	<u>-105,7 dB</u>
Nivel de señal recibida:	-68,9 dBm
Sensibilidad del transmisor:	<u>-(-90) dBm</u>
Margen del enlace:	+21,1 dB

Como se observa en los presupuestos de potencia tanto para el lado de transmisión-recepción como recepción-transmisión se obtiene un margen de enlace mayor a 10 dB lo que indica que el enlace es viable.

#### 4.3.5.5 Cálculo de enlace GAD-MT-Repetidor

Transmisor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	27 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	14 dBi
Perdidas en espacio libre:	127,8 dB

Receptor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	28 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	27 dBi

Presupuesto de potencia Tx-Rx	
Potencia de Tx AP:	+ 27 dBm
Ganancia de antena del AP:	+ 14 dBi
Pérdida en el cable de Ap:	- 6,6 dB
Ganancia de Antena de Rx:	+27 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	<u>- 6,6 dB</u>
Ganancia total:	+54,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	<u>-127,8 dB</u>
Nivel de señal recibida:	-73 dBm
Sensibilidad del receptor:	<u>-(-90) dBm</u>
Margen del enlace:	+17 dB

Presupuesto de potencia Rx-Tx	
Potencia de antena de Rx:	+28 dBm
Ganancia de antena del Rx:	+27 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	-6,6 dB
Ganancia de Antena de Tx Ap:	+14 dBi
Pérdida en el cable de AP:	<u>- 6,6 dB</u>
Ganancia total:	+55,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	<u>-127,8 dB</u>
Nivel de señal recibida:	-72 dBm
Sensibilidad del transmisor:	<u>-(-90) dBm</u>
Margen del enlace:	+18 dB

Como se observa en los presupuestos de potencia tanto para el lado de transmisión-recepción como recepción-transmisión se obtiene un margen de enlace mayor a 10 dB lo que indica que el enlace es viable.

#### 4.3.5.6 Cálculo de enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba

Transmisor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	27 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	14 dBi
Perdidas en espacio libre:	127,2 dB

Receptor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	28 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	27 dBi

Presupuesto de potencia Tx-Rx	
Potencia de Tx AP:	+ 27 dBm
Ganancia de antena del AP:	+ 14 dBi
Pérdida en el cable de Ap:	- 6,6 dB
Ganancia de Antena de Rx:	+27 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	<u>- 6,6 dB</u>
Ganancia total:	+54,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	<u>-127,2 dB</u>
Nivel de señal recibida:	-72,4 dBm
Sensibilidad del receptor:	<u>-(-90) dBm</u>
Margen del enlace:	+17,6 dB

Presupuesto de potencia Rx-Tx	
Potencia de antena de Rx:	+28 dBm
Ganancia de antena del Rx:	+27 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	-6,6 dB
Ganancia de Antena de Tx Ap:	+14 dBi
Pérdida en el cable de AP:	<u>- 6,6 dB</u>
Ganancia total:	+55,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	<u>-127,2 dB</u>
Nivel de señal recibida:	-71.4 dBm
Sensibilidad del transmisor:	<u>-(-90) dBm</u>
Margen del enlace:	+18,6 dB

Como se observa en los presupuestos de potencia tanto para el lado de transmisión-recepción como recepción-transmisión se obtiene un margen de enlace mayor a 10 dB lo que indica que el enlace es viable.

#### 4.3.5.7 Cálculo de enlace Santa Martha de Cuba-Pioter

Transmisor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	27 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	14 dBi
Perdidas en espacio libre:	119,2 dB

Receptor	
Frecuencia de operación:	5,8 Ghz
Potencia de Tx:	25 dBm
Sensibilidad de recepción:	- 90 dBm
Ganancia de Rx:	23 dBi

Presupuesto de potencia Tx-Rx	
Potencia de Tx AP:	+ 27 dBm
Ganancia de antena del AP:	+ 14 dBi
Pérdida en el cable de Ap:	- 6,6 dB
Ganancia de Antena de Rx:	+23 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	<u>- 6,6 dB</u>
Ganancia total:	+50,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	<u>-119,2 dB</u>
Nivel de señal recibida:	-68,4 dBm
Sensibilidad del receptor:	<u>-(-90) dBm</u>
Margen del enlace:	+21,6 dB

Presupuesto de potencia Rx-Tx	
Potencia de antena de Rx:	+25 dBm
Ganancia de antena del Rx:	+23 dBi
Pérdida en el cable de Rx:	-6,6 dB
Ganancia de Antena de Tx Ap:	+14 dBi
Pérdida en el cable de AP:	- 6,6 dB
Ganancia total:	+48,8 dB
Pérdida en el espacio libre:	-119,2 dB
Nivel de señal recibida:	-70.4 dBm
Sensibilidad del transmisor:	-(-90) dBm
Margen del enlace:	+19,6 dB

Como se observa en los presupuestos de potencia tanto para el lado de transmisión-recepción como recepción-transmisión se obtiene un margen de enlace mayor a 10 dB lo que indica que el enlace es viable.

Los márgenes de cada enlace se detallan en la Tabla 27.

Tabla 27: Margen de presupuesto de potencia

Enlace GAD	Presupuesto de potencia															
	Banda de operación (Ghz)	Potencia de transmisión Tx (dBm)	Ganancia de transmisión Tx (dBi)	Potencia de transmisión Rx (dBm)	Ganancia de transmisión Rx (dBi)	Pérdida en el cable Lado Tx, Rx (dB)	Ganancia Total (dB) Tx-Rx	Ganancia Total (dB) Rx-Tx	Pérdida en el espacio Libre (dB)	Nivel de señal recibida Tx-Rx (dBm)	Nivel de señal recibida Rx-Tx (dBm)	Sensibilidad del Rx (dBm)	Margen del enlace (dB) Tx-Rx	Margen del enlace (dB) Rx-Tx	Esquema de modulación	MCS
<b>Tufiño</b>	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	55,8	-131,4	-76,6	-75,6	-90	13,4	14,4	64 QAM	7
<b>Urbina</b>	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	48,8	-121	-70,2	-72,2	-90	19,8	17,8	64 QAM	7
<b>Gonzales Suárez</b>	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	36,8	-110,5	-70,5	-73,7	-90	19,5	16,3	64 QAM	7
<b>Tulcán</b>	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	36,8	-105,7	-64,9	-68,9	-90	25,1	21,1	64 QAM	7
<b>Repetidor</b>	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	55,8	-127,8	-73	-72	-90	17	18	64 QAM	7
<b>Repetidor-S. Martha de Cuba</b>	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	55,8	-127,2	-72,4	-71,4	-90	17,6	18,6	64 QAM	7
<b>S. Martha de Cuba-Pioter</b>	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	48,8	-119,2	-68,4	-70,4	-90	21,6	19,6	64 QAM	7

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.6 SIMULACIÓN DE LOS ENLACES

Luego de haber realizado los cálculos para establecer los enlaces y comprobar su viabilidad es importante estimar el comportamiento de radioenlaces.

En este apartado se procederá a simular cada uno de los radioenlaces mediante la herramienta Radio Mobile, de modo que nos permita observar su establecimiento y estimar el funcionamiento de acuerdo a los parámetros establecidos en el diseño, esta herramienta nos brinda un panorama completo de un sistema de radioenlaces y permite acercarnos un poco más a la realidad.

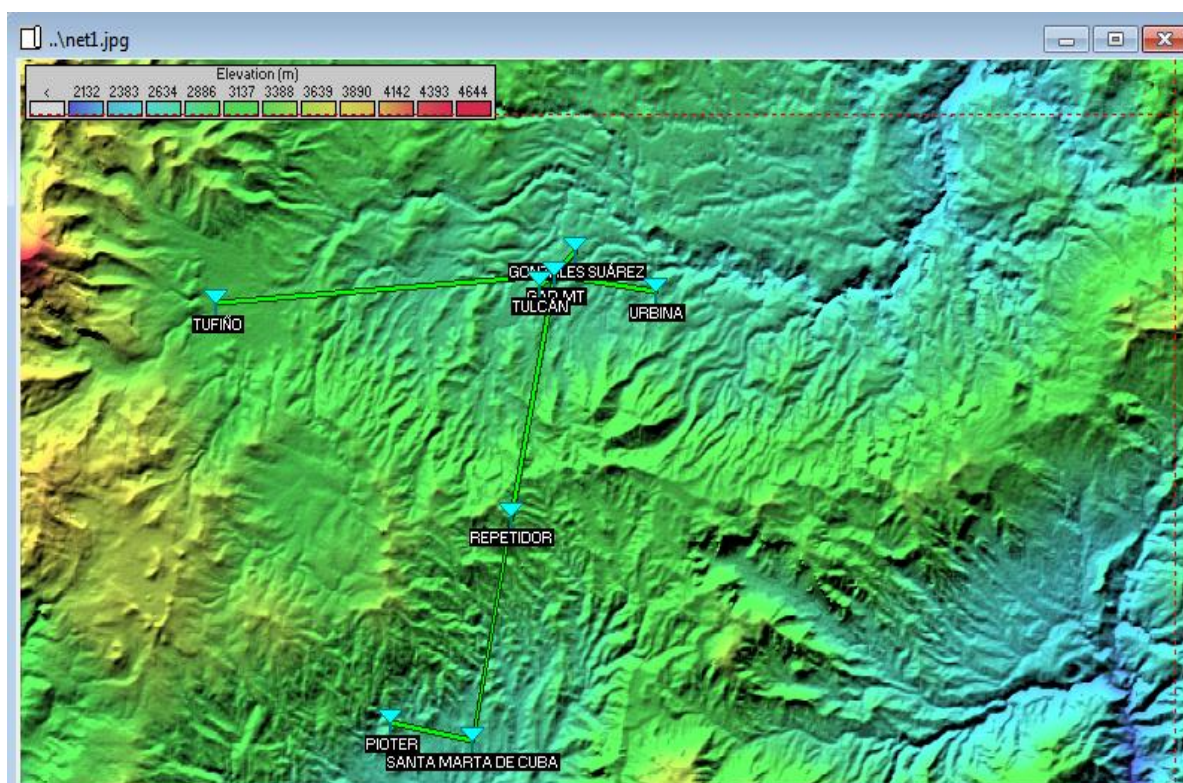


Figura 77: Conexión de Radioenlaces

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Radio Mobile.

Los valores y equipos utilizados a continuación se obtuvieron del presupuesto de potencia realizado en el punto 4.3.5, obtenidos a su vez con las hojas técnicas del fabricante.

### 4.3.6.1 Enlace GAD-MT-Urbina

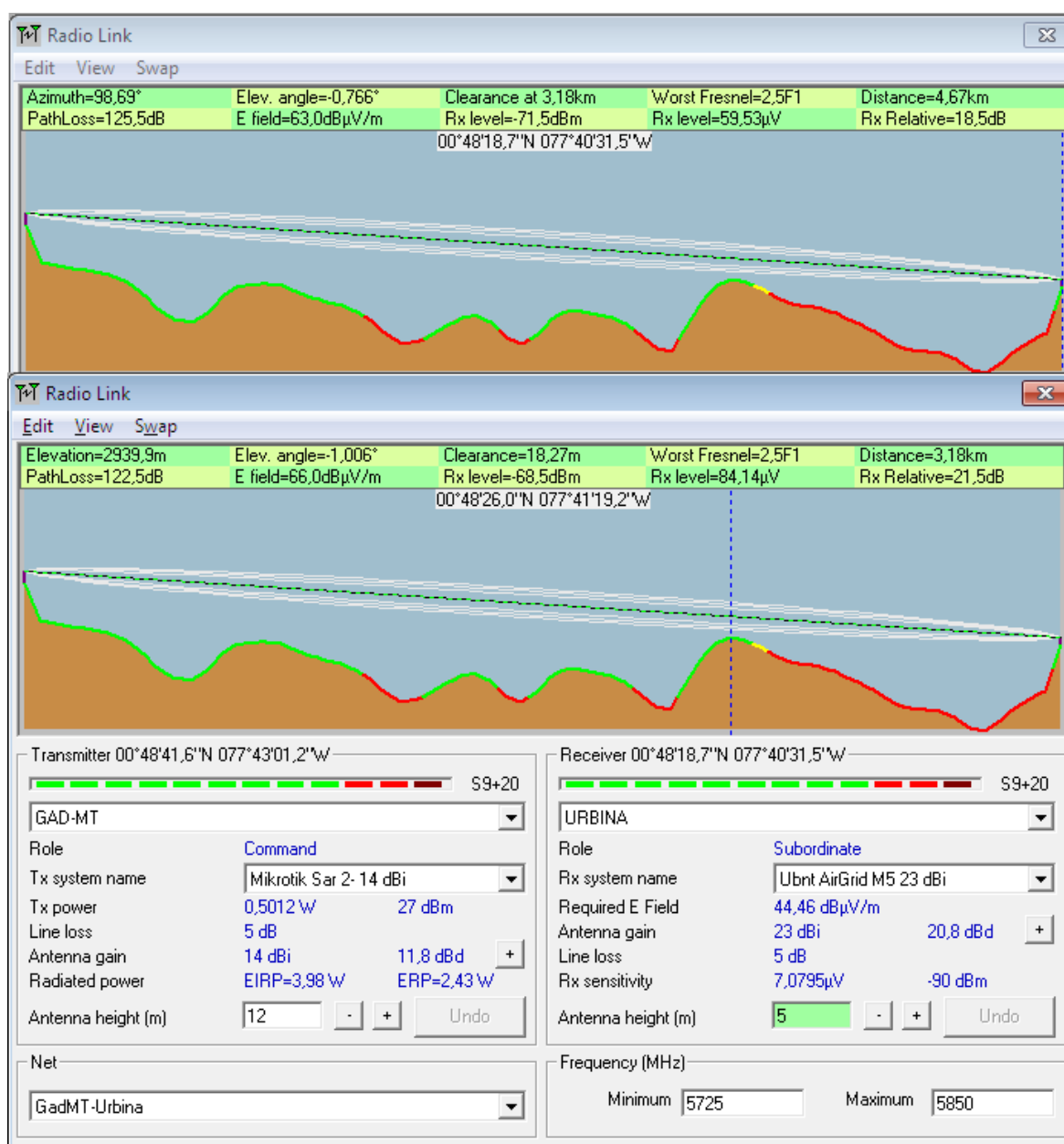


Figura 78: Enlace GAD-MT-Urbina

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: radio Mobile.

Como se puede observar en la Figura 78, este enlace posee línea de vista y un entorno despejado de 18,27 metros en el obstáculo más alto de la trayectoria, lo cual es adecuado para el establecimiento del enlace y cumple con el despeje de la primera zona de fresnel que se calculó para esta trayectoria que fue un radio de 7,21 en el obstáculo más alto.



### 4.3.6.2 Enlace GAD-MT-Gonzales Suárez

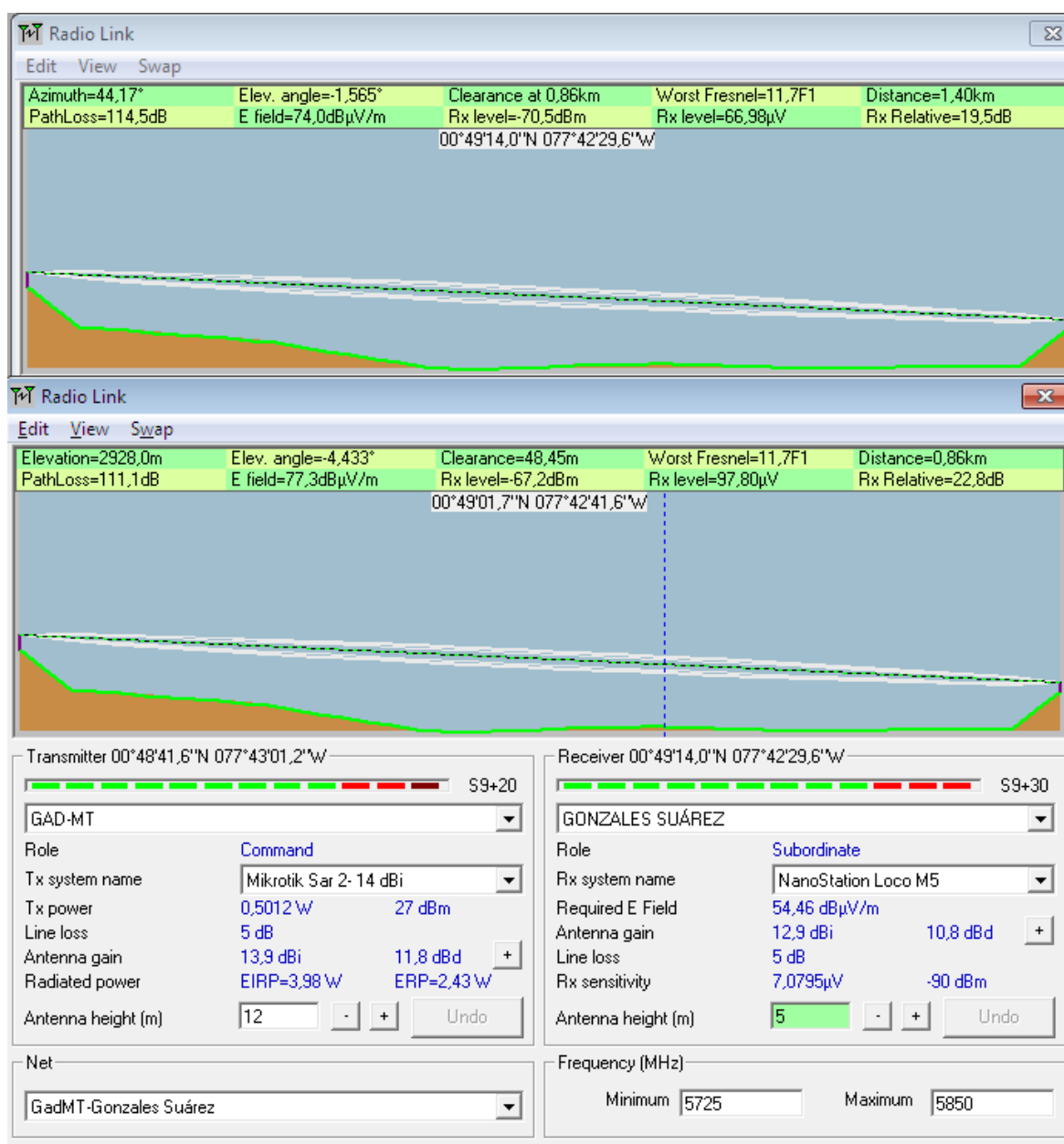


Figura 79: Enlace GAD-MT-Gonzales Suárez

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: radio Mobile.

Como se puede observar en la Figura 79, este enlace posee línea de vista y un entorno despejado de 48,45 metros en el obstáculo más alto de la trayectoria, lo cual es adecuado para el establecimiento del enlace y cumple con el despeje de la primera zona de fresnel que se calculó para esta trayectoria que fue un radio de 4,07 en el obstáculo más alto.

### 4.3.6.3 Enlace GAD-MT-Tufiño



Figura 80: Enlace GAD-MT-Tufiño

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: radio Mobile.

Como se puede observar en la Figura 80, este enlace posee línea de vista y un entorno despejado de 23,68 metros en el obstáculo más alto de la trayectoria, lo cual es adecuado para el establecimiento del enlace y cumple con el despeje de la primera zona de fresnel que se calculó para esta trayectoria que fue un radio de 13,33 en el obstáculo más alto.

#### 4.3.6.4 Enlace GAD-MT-Tulcán

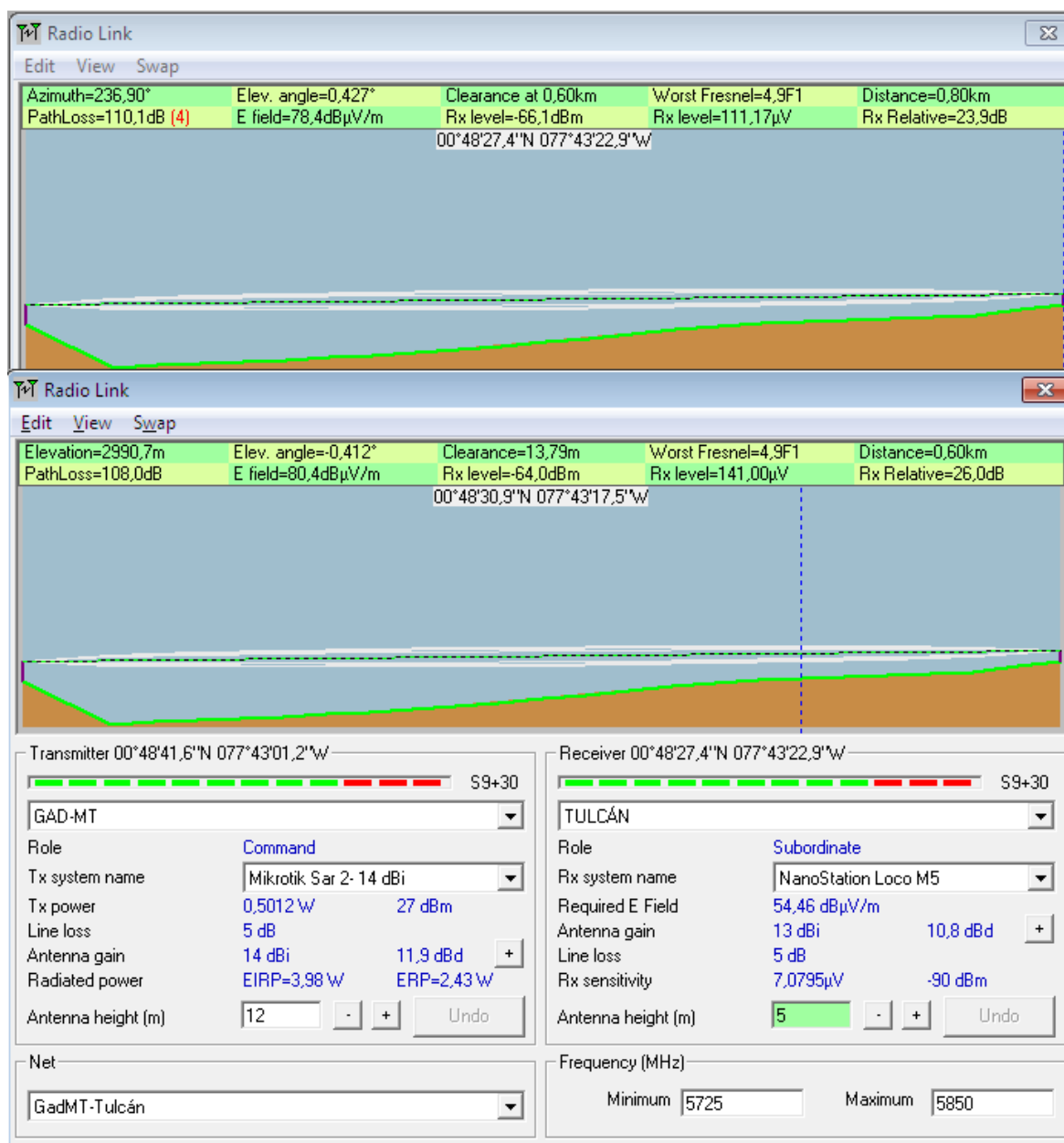


Figura 81: Enlace GAD-MT-Tulcán

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: radio Mobile.

Como se puede observar en la Figura 81, este enlace posee línea de vista y un entorno despejado de 13,79 metros en el obstáculo más alto de la trayectoria, lo cual es adecuado para el establecimiento del enlace y cumple con el despeje de la primera zona de fresnel que se calculó para esta trayectoria que fue un radio de 2,78 en el obstáculo más alto.

### 4.3.6.5 Enlace GAD-MT-Repetidor

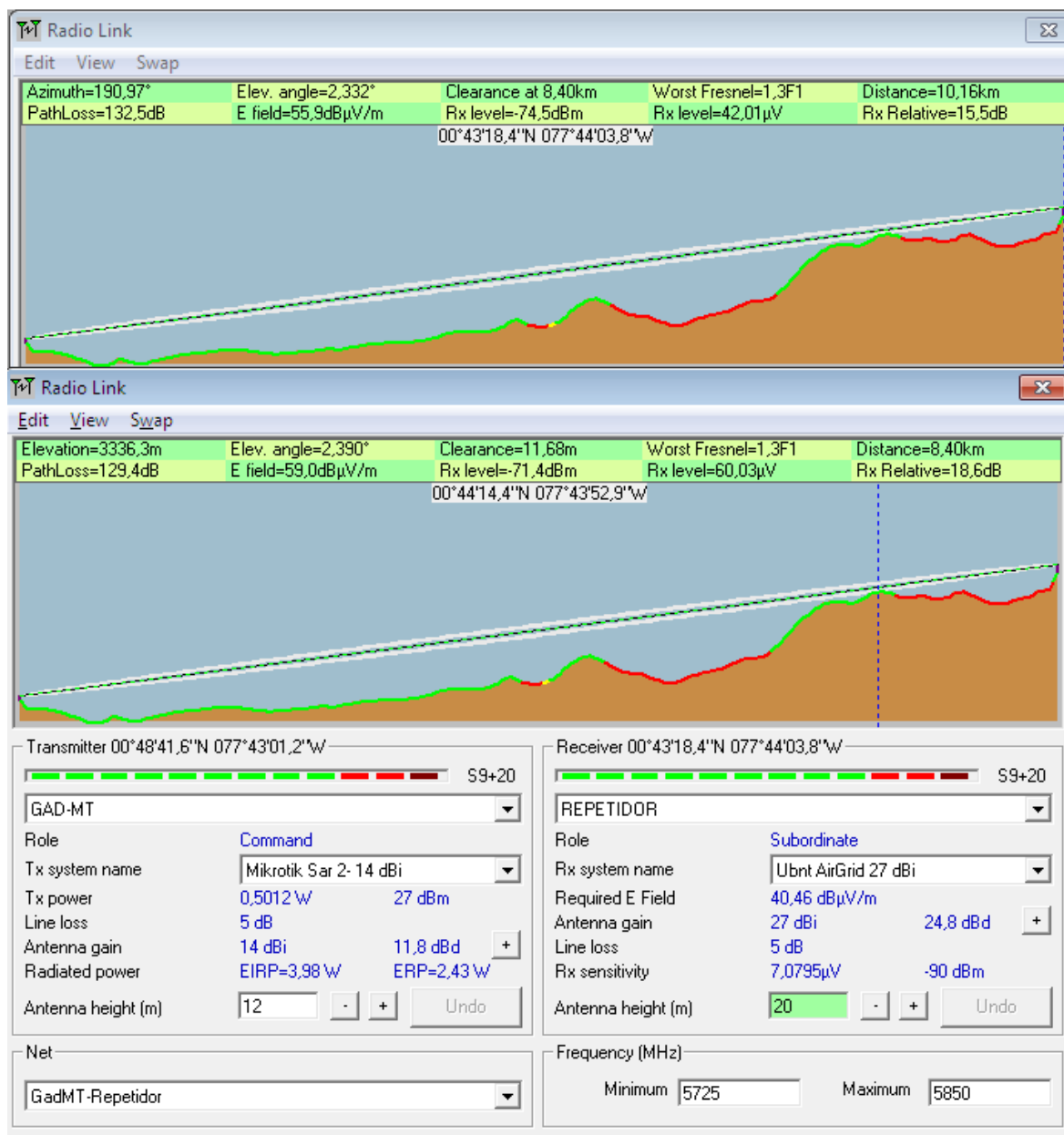


Figura 82: Enlace GAD-MT-Repetidor

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: radio Mobile.

Como se puede observar en la Figura 82, este enlace posee línea de vista y un entorno despejado de 11,68 metros en el obstáculo más alto de la trayectoria, lo cual es adecuado para el establecimiento del enlace y cumple con el despeje de la primera zona de fresnel que se calculó para esta trayectoria que fue un radio de 8,67 en el obstáculo más alto.

### 4.3.6.6 Enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba

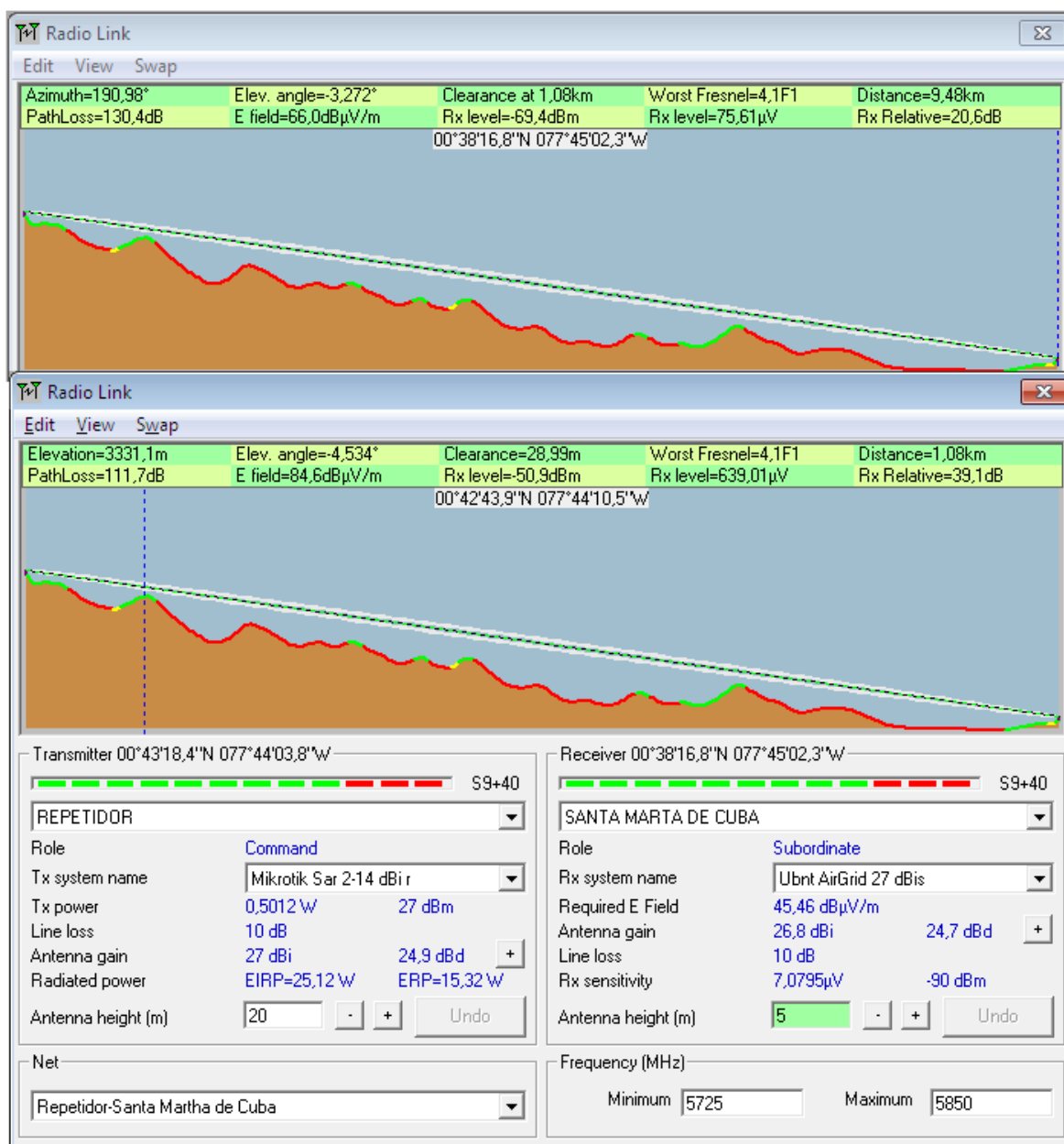


Figura 83: Enlace Repetidor-Santa Martha de Cuba

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: radio Mobile.

Como se puede observar en la Figura 83, este enlace posee línea de vista y un entorno despejado de 28,99 metros en el obstáculo más alto de la trayectoria, lo cual es adecuado para el establecimiento del enlace y cumple con el despeje de la primera zona de fresnel que se calculó para esta trayectoria que fue un radio de 7,09 en el obstáculo más alto.

### 4.3.6.7 Enlace Santa Martha de Cuba-Pioter

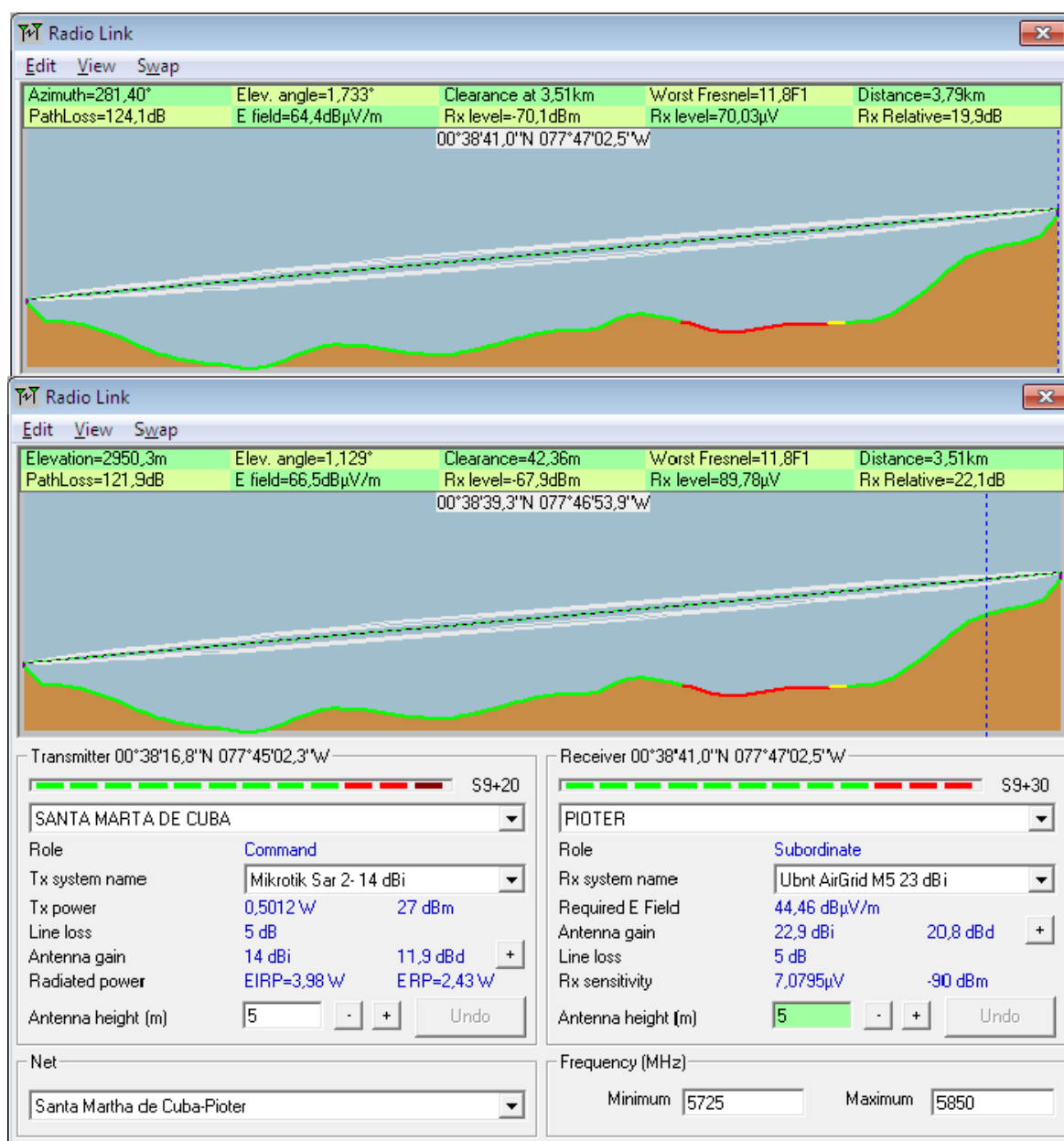


Figura 84: Enlace Santa Martha de Cuba-Pioter

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: radio Mobile.

Como se puede observar en la Figura 84, este enlace posee línea de vista y un entorno despejado de 42,36 metros en el obstáculo más alto de la trayectoria, lo cual es adecuado para el establecimiento del enlace y cumple con el despeje de la primera zona de fresnel que se calculó para esta trayectoria que fue un radio de 3,72 en el obstáculo más alto.

Con el análisis de simulación y los cálculos previos se puede concluir que el sistema de radioenlaces es factible para su instalación, una vez completado los formularios que corresponden a la legalización de enlaces.

Tabla 28: Comparación de datos calculados y simulados

Enlace GAD	Datos calculados										Radio Mobile	
	Banda de operación (Ghz)	Potencia de transmisión Tx (dBm)	Ganancia de transmisión Tx (dBi)	Potencia de transmisión Rx (dBm)	Ganancia de transmisión Rx (dBi)	Pérdida en el cable Lado Tx, Rx (dB)	Ganancia Total (dB) Tx-Rx	Perdida en el espacio Libre (dB)	Nivel de señal recibida Tx-Rx (dBm)	Perdida en el espacio Libre (dB)	Nivel de señal recibida Tx-Rx (dBm)	
<b>Tufiño</b>	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	-131,4	-76,6	-134,6	-77,6	
<b>Urbina</b>	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	-121	-70,2	-125,5	-71,5	
<b>Gonzales Suárez</b>	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	-110,5	-70,5	-114,5	-70,5	
<b>Tulcán</b>	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	-105,7	-64,9	-110	-66,1	
<b>Repetidor</b>	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	-127,8	-73	-132,5	-74,5	
<b>Repetidor-S. Martha de Cuba</b>	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	-127,2	-72,4	-130,4	-69,4	
<b>S. Martha de Cuba-Pioter</b>	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	-119,2	-68,4	-124	-70,1	

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 28 muestra un resumen de datos comparados entre los datos calculados y la simulación realizada en radio mobile, tal como se puede observar existe un error de +/- 5 en pérdida en el espacio libre y +/- 3 en el nivel de señal recibida, estos datos son los más importantes ya que describen la conectividad que tendrá cada enlace en un entorno más real.

#### 4.3.7 CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA PARA LOS RADIOENLACES

Una vez determinada la factibilidad de los enlaces es necesario realizar un cálculo del ancho de banda para cada radioenlace, de modo que permita estimar, gestionar y asignar un ancho de banda adecuado y no desperdiciar el recurso. Para lo cual se analiza el tipo de

tráfico que se va transportar por el sistema de radioenlaces. Se considera que en cada emplazamiento existen 2 equipos terminales, los cuales se conectarán a la red pero solo uno de ellos servirá para la recaudación.

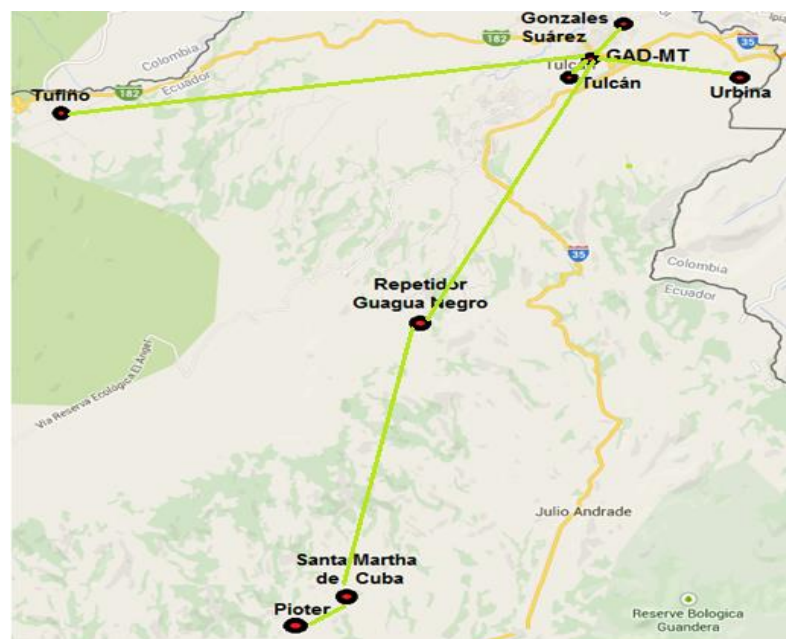


Figura 85: Diagrama de radioenlaces para el suministro de ancho de banda

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Google maps.

#### 4.3.7.1 Tráfico de datos

El tráfico de datos es de diferente naturaleza por lo que se considerará las categorías más representativas. Como el objetivo es el de descentralizar el sistema de recaudación se tomará que uno de los tráficos importantes es la consulta a bases de datos; Por otro lado al ser una institución pública el envío y recepción de correos es tema de todos los días y es este otro punto a considerar; por último al estar conectados a internet, la navegación por páginas web ya sea por búsqueda de información o cualquier otro tema es inevitable, de modo que este es un apartado más a tomar en cuenta.

Puesto que cada enlace está previsto para realizar consultas a bases de datos y tomando en cuenta que cada punto contará con una ventanilla de recaudación, los cálculos se realizarán en base solo a un usuario.



#### 4.3.7.1.1 Consultas al servidor de base de datos

Para el tráfico generado por cada consulta efectuada a la base de datos, se tiene un tamaño de 228 Kbytes dato verificado en servidor de base de datos véase el ANEXO 4, y se considera que un usuario en promedio realiza 30 consultas en una hora lo que nos da el siguiente cálculo.

$$\text{Trafico de BDD}_{X \text{ Usuario}} = \frac{228 \text{ Kbytes}}{1 \text{ Consulta}} * \frac{30 \text{ Consultas}}{1 \text{ Hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ Segundos}} * \frac{8 \text{ Bits}}{1 \text{ Byte}} = 912 \text{ Kbps}$$

#### 4.3.7.1.2 Tráfico de correo electrónico

Para el tráfico de correo electrónico se considera un tamaño de 1 a 3 Mbytes según los documentos que maneja la institución, para lo cual se estima un tamaño de 2 Mbytes: y se contempla que un usuario envía y recibe 5 correos en una hora lo que nos da el siguiente cálculo.

$$\text{Tráfico de Correo}_{X \text{ Usuario}} = \frac{2 \text{ Mbytes}}{1 \text{ Correo}} * \frac{5 \text{ Correos}}{1 \text{ Hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ Segundos}} * \frac{8 \text{ Bits}}{1 \text{ Byte}} = 1,33 \text{ Mbps}$$

#### 4.3.7.1.3 Tráfico de internet

Para el tráfico de internet se tomara una página promedio de 1,6 Mbytes según estadísticas<sup>9</sup> consultadas de las 1000 páginas principales del año 2014; se considera que un usuario visita 20 paginas en una hora y nos da el siguiente cálculo.

$$\text{Tráfico de Web}_{X \text{ Usuario}} = \frac{1,6 \text{ Mbytes}}{1 \text{ Pag Web}} * \frac{20 \text{ Pag Web}}{1 \text{ Hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ Segundos}} * \frac{8 \text{ Bits}}{1 \text{ Byte}} = 4,26 \text{ Mbps}$$

El GAD-MT contrata un ancho de banda de 30 Mbps simétricos a la corporación nacional de telecomunicaciones, dato obtenido de personal del departamento de Sistemas informáticos y networking de la institución y verificado mediante un medidor de velocidad, tal como indica el ANEXO 4.

Los valores antes calculados están estimados para un solo enlace y de acuerdo a los datos obtenidos se concluye que cada enlace debe de tener 6,5 Mbps; en el caso que el usuario cumpla con todo lo establecido en los cálculos, y como el diseño consta de 7 radioenlaces;

<sup>9</sup> <http://www.websiteoptimization.com/speed/tweak/average-web-page/>

el ancho de banda requerido para todo el sistema de radioenlaces sería un total de 45,5 Mbps los cuales están fuera de lo contratado por el GAD-MT. Pero como la probabilidad que suceda esto es mínima, ya que para que esto suceda debe de cumplirse que todos los usuarios realicen las 30 consultas, envíe los 5 mensajes y consulten las 20 páginas de internet todos al mismo tiempo, se estima que cada radioenlace debe de tener un ancho de banda de 3 Mbps, haciendo un promedio entre los tres tipos de tráfico y tomando en cuenta que son anchos de banda simétricos y no poseen compartición. Cabe recalcar que el promedio de tráfico daría un total de 2,16 Mbps, pero se le asigna el valor de 3Mbps debido a la preservación de futuros cambios ya que la red es robusta y escalable, dando un total de 21 Mbps.

#### **4.4 CAPA ACCESO**

A continuación se describirá la conexión de los equipos terminales al sistema de radioenlaces. El proyecto cuenta con 6 puntos en la red de acceso situados en las diferentes parroquias.

##### **4.4.1 DISEÑO DE CABLEADO**

Para la elección del tipo de cable utilizado en el diseño se contempla utilizar el cable UTP categoría 5e ya que es el que se encuentra instalado en la institución.

La ruta de cableado estructurado se lo realizara a través de canaletas debido a que la infraestructura civil no cuenta con un diseño de rutas de cableado estructurado. La instalación se lo realizará en base a la norma de cableado estructurado TIA/EIA 568 B y TIA/EIA 569 que es la que comprende la categoría UTP 5E. Véase el ANEXO 7.

#### 4.4.1.1 Diagrama de conexión

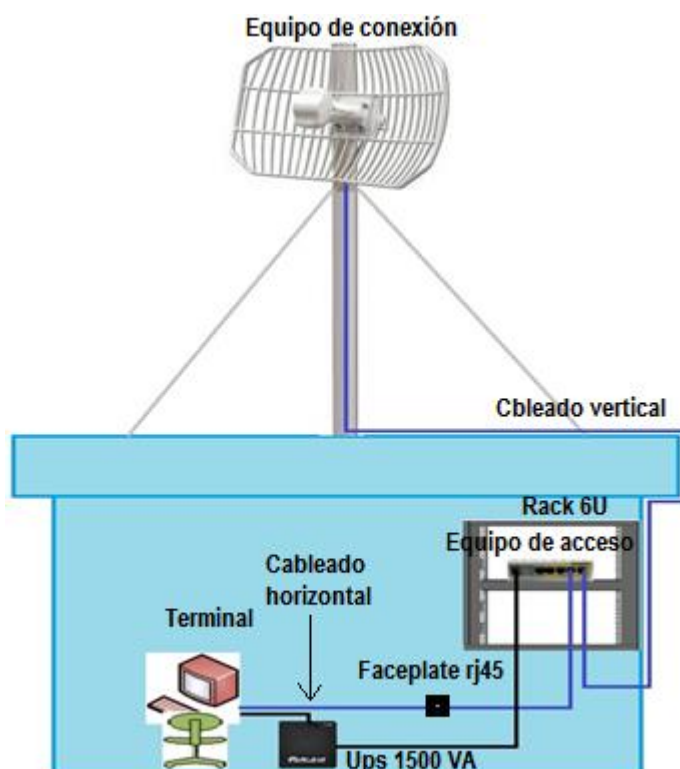


Figura 86: Diagrama de conexión de la capa de acceso

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 86, la conexión de los equipos se realiza desde el rack de pared al equipo terminal, y desde el rack a la antena que es la que va permitir el enlace, el diseño contempla las posibles fallas en el suministro eléctrico; proporcionando un equipo de almacenamiento de energía, de manera que en caso de falla del suministro eléctrico se asegure la funcionalidad de los equipos de red y el terminal para seguir laborando un cierto tiempo. Esta capa consta de un router RB750 UP y los equipos de radioenlaces elegidos en cada uno de los emplazamientos mencionado en el diseño de radioenlaces en punto 4.3.3. El acceso al servicio de recaudación se encuentra mencionado en el punto 4.2.1.4.

#### 4.4.1.2 Dimensionamiento eléctrico

El sistema contempla las posibles fallas del suministro eléctrico, para lo cual se proporciona equipos de almacenamiento de energía de manera que asegure el funcionamiento de los radioenlaces y un equipo terminal conectado que permita trabajar por un determinado tiempo y ayude a resguardar la información.

Para el punto de suministro de energía se considera que los diferentes emplazamientos constarán con un equipo de almacenamiento de energía, para lo cual se calculará tomando en cuenta los equipos a conectar.

- Antena mikrotik 11 W
- Antena Ubiquiti 8 W
- RB mikrotik 12 W
- Terminal CPU 600 W, Monitor 25 W
- Impresora empson Lx-300+ 72 W
- Total 728 W

Tomando en cuenta los puntos anteriores se realiza el cálculo suponiendo que se necesita como mínimo 728 vatios para abastecer de energía a los equipos que estarán conectados al soporte de energía, se analizará con un equipo de 1500 VA a un factor de potencia de 0,6 que es el peor factor que puede tener un equipo.

$$\text{Ups } 1500 \text{ Va} = 1500 \times 0.6 = 900 \text{ W}$$

Carga 728 W

$$\text{Número de equipos a soportar } \frac{900 \text{ W}}{728 \text{ W}} = 1,23 \text{ Equipos}$$

$$\text{Tiempo de respaldo } \frac{60 \text{ minutos}}{1.23} = 48 \text{ minutos de reserva}$$

De acuerdo a lo calculado se estima utilizar equipos UPS de 1500 VA para asegurar que los equipos funcionen por cierto tiempo.

#### **4.4.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y PARARRAYOS**

Para el sistema de puesta a tierra se utilizará la norma ANSI/EIA/TIA 607 que especifica las recomendaciones de puesta a tierra de equipos de telecomunicación, permitiendo la seguridad de los equipos y el usuario ante variaciones del suministro eléctrico por cualquier fenómeno físico o natural.

Para el sistema de puesta a tierra se utilizará barras TGB, TMGB y cable TBB para la conexión de equipos a la acometida, y un electrodo copperweld de 1,80 metros para el

aterrizaje, este electrodo será enterrado a 1,40 metros luego de haber acondicionado la resistencia del terreno.

Para el sistema de pararrayos se utilizará un pararrayos tipo fránklin de tres puntas, ya que es un sistema muy conocido y óptimo para la protección de descargas eléctricas. Al igual que en el sistema de puesta a tierra este ira conectado mediante un cable desnudo a un electrodo copperweld de 1,80 metros.

Para el sistema de puesta a tierra, se debe primeramente medir la resistencia del terreno con un telurímetro para conocer con qué medida se cuenta, y si es mayor a 10 Ohmios se debe realizar la preparación adecuada de la tierra realizando una fosa de aproximadamente de 1,80 metros, y rellenando de arenas y arcillas especiales que ayuden a reducir la resistividad del terreno, una vez terminado la preparación de la tierra debe medirse nuevamente para verificar que se encuentre bajo la medida correcta, en esta fosa se debe de enterrar el electrodo de cobre a 1,40 metros dejando 40 centímetros libres para la conexión de los cables.

La conexión de los cables se lo realiza utilizando placas que permitan una conexión convergente de todos los equipos, se parte conectando de la placa TGB que es la que se encuentra en el rack de comunicaciones, de donde sale el cable TBB 6 AWG hasta la placa TMGB que es la placa de distribución, y es donde convergen todas las conexiones, luego se tiene otro cable TBB 6AWG que permite la conexión al electrodo enterrado en la tierra física preparada mediante un conector de cobre ajustable.

Para el sistema de pararrayos se realiza el mismo procedimiento de acondicionamiento del terreno y se pone una barra de cobre enterrado a 1,40 metros dejando libre 40 cm para la conexión, la instalación se la hace desde el pararrayos a la cual se le debe conectar el cable 6 AWG mediante soldadura, el cable debe de bajar hasta el suelo sin que se formen ángulos de 90 grados y debe conectarse al electrodo mediante un conector de cobre ajustable.

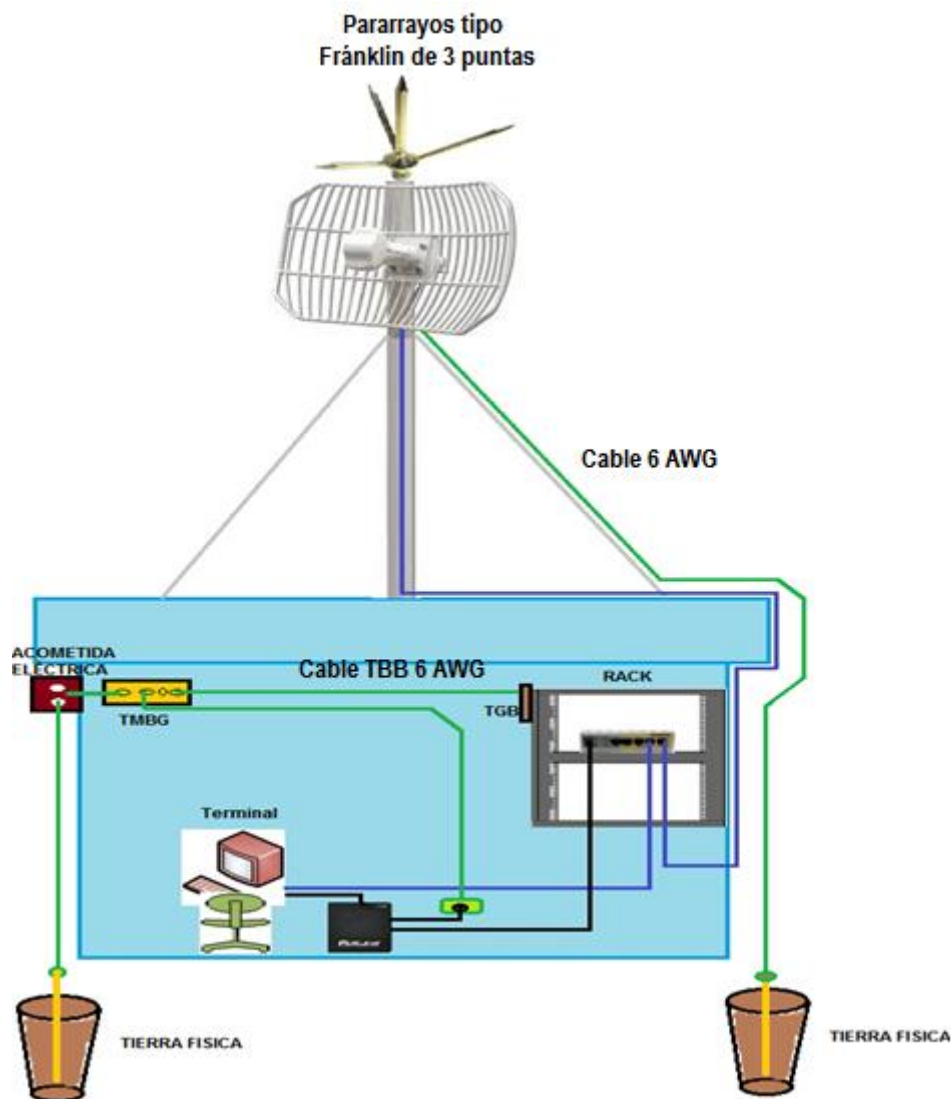


Figura 87: Sistema de puesta a tierra y Pararrayos

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la instalación de puesta a tierra se debe verificar la resistencia de la puesta a tierra que no debe de exceder los 9,38 Ohmios/100 metros que es un parámetro importante para que el sistema funcione adecuadamente.

## 4.5 MARCO LEGAL

En la actualidad la administración del espectro radioeléctrico juega un papel importante, ya que cada vez el desarrollo de las telecomunicaciones exige mayor uso del espectro radioeléctrico, pues hoy en día existe una competencia fuerte en el ámbito de servicios de internet que todos quieren aprovechar, que con el tiempo se ha vuelto una herramienta básica

de trabajo para cualquier persona, empresas o negocio, además de ser accesible y barata , es por esto que para su regulación existen entidades especializadas encargadas de poner las reglas de juego claras y concisas.

#### **4.5.1 ENTIDADES DE REGULACIÓN DEL ESTADO**

En nuestro país existen 3 entidades encargadas de la regularización, administración y control del espectro radioeléctrico y cada una cumple diferentes funciones.

Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) organismo encargado de las políticas de estado con respecto a las telecomunicaciones, tales como homologación de equipos, regulación y control de equipos y servicios.

Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) organismo encargado de de ejecutar las políticas dictadas por el CONATEL, administra el espectro radioeléctrico, asignación de frecuencias, permisos de operación de acuerdo a las normas establecidas.

Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) organismo encargado de controlar que los sistemas cumplan con las normas.

#### **4.5.2 FORMULARIOS PARA LA LEGALIZACIÓN DE LOS ENLACES**

La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones ha establecido los formularios respectivos para el trámite de concesión, y legalización un sistema de radioenlaces el proceso de trámite respectivo se detalla a continuación (Conatel, 2015):

#### 4.5.2.1 Permiso de servicios de valor agregado


		Cód. IT-ACL-19 Versión: 01	
PERMISO DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO (SERV. AUDIOTEXTO Y/O ACCESO A INTERNET)			
Información legal:		P.N.	P.J.
1	Solicitud dirigida al Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando: nombres y apellidos completos, dirección domiciliaria, acompañada de un Plan de Concesión.	SI	SI
2	Copia a color de la Cédula de Ciudadanía, Identidad o Pasaporte (en caso de personas jurídicas del representante legal)	SI	SI
3	Copia a color del Certificado de votación del último proceso electoral (en caso de personas jurídicas del representante legal)	SI	SI
4	Copia certificada o protocolizada del Registro Único de Contribuyentes (R.U.C)	SI	SI
5	Certificado (original) de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto a la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante, incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas.	SI	SI
6	Copia certificada o protocolizada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas, debidamente inscrita	NO	SI
7	Copia certificada o protocolizada del nombramiento del Representante Legal debidamente inscrito	NO	SI
8	Original del Certificado actualizado del cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos según el caso, a excepción de las instituciones estatales.	NO	SI
Información financiera:			
9	Original del Certificado de Obligaciones económicas de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones	SI	SI
10	Original del Certificado de no adeudar a la Superintendencia de Telecomunicaciones.	SI	SI
Información técnica:			
11	<p>Anteproyecto técnico firmado por un ingeniero en Electrónica y/o Telecomunicaciones (debidamente colegiado, adjuntar copia de la licencia profesional); debe contener: Descripción y alcance detallado de cada uno de los servicios que se desea ofrecer.</p> <p><b>Infraestructura:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama esquemático y descripción técnica detallada de todo el sistema</li> <li>• Ubicación Geográfica inicial del sistema, especificando la dirección de cada Nodo, incluyendo las coordenadas geográficas del caso</li> <li>• Descripción y diagrama técnico detallado de cada Nodo</li> <li>• Descripción detallada de las modalidades de acceso al servicio</li> <li>• Requerimientos de conexión con las redes Públicas de Telecomunicaciones</li> <li>• Conexión Internacional (Si es aplicable): si la infraestructura es propia presentar la correspondientes solicitud, con todos los requisitos que se establecen para el efecto, y si es provista por una empresa portadora autorizada, deberá presentar la carta compromiso de la provisión del servicio</li> <li>• Conexión entre nodos (Si es aplicable): si la infraestructura es propia, presentar todos los requisitos que se establecen para el efecto, y si es provista por una empresa portadora autorizada, deberá presentar la carta compromiso de la provisión del servicio</li> <li>• Características técnicas y especificaciones de los equipos a utilizar. Para Audiotexto los equipos deben permitir registrar las llamadas recibidas y duración en tiempo real</li> <li>• Estudio y proyecto de factibilidad económica, mismo que debe incluir: inversión inicial de los tres primeros años, recuperación y plan comercial</li> </ul>	SI	SI
12	Otros documentos que la SENATEL requiera, con la debida justificación. Estos requisitos deben ser presentados de manera: vigente, legible y en el orden establecido.		

Figura 88: Proceso a seguir para la obtención del permiso de radioenlaces

Fuente: Secretaria nacional de Telecomunicaciones. Recuperado de:  
[http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/11/2012-REQUISITOS-OTH\\_final.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/11/2012-REQUISITOS-OTH_final.pdf)



Los formularios que deben tomarse en cuenta para la operación legal de los radioenlaces se numeran a continuación y se han recuperado de: (SENATEL, 2014).

- Formulario RC-1A (Formulario para Información Legal)
- Formulario RC-1B (Formulario para Información Legal Modulación Digital de Banda Ancha)
- Formulario RC-2A, (Formulario para Información de la Estructura del Sistema de Radiocomunicaciones)
- Formulario RC-3A (Formulario para Información de Antenas)
- Formulario RC-3B, (Formulario para patrones de radiación de antenas)
- Formulario RC-4A (Formulario para Información de Equipamiento)
- Formulario RC-9A (Formulario para Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha Enlaces Punto-Punto)
- Formulario RC-9B (Formulario para Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha Enlaces Punto-Multipunto)
- Formulario RC-14A (Formulario para Esquema del Sistema de Radiocomunicaciones)
- Formulario RC-15A (RNI-T1) (Formulario para Estudio Técnico de Emisiones de RNI)

En el anexo I se muestra un ejemplo del llenado de los formularios.

## **4.6 RECOMENDACIONES TÉCNICAS**

Cabe destacar que para que el diseño realizado funcione acorde a lo establecido, la infraestructura de cableado estructurado del GAD-MT, debe encontrarse funcionando en condiciones óptimas de manera que permita una conectividad íntegra de toda la infraestructura de telecomunicaciones.

Tomando en cuenta que el proyecto diseñado utiliza un ancho de banda de 21 Mbps para que el establecimiento de comunicación y transferencia de información se garanticen, es necesario señalar que el GAD-MT es el encargado de facilitar este recurso y deberá contar con el suficiente ancho de banda; o contratar si es necesario de modo que solvante la demanda de la institución y del diseño de radioenlaces sin afectar a la entidad, para lo cual el GAD-MT debe proporcionar el ancho de banda propuesto para la plena operatividad del proyecto caso contrario no se garantiza su funcionamiento.

Se ha mencionado que cada radioenlace tiene un ancho de banda de 3Mbps, los cuales se encuentran dimensionados máximo hasta dos usuarios, siempre y cuando uno de ellos sirva para la recaudación y el otro utilice el servicio como cliente de acceso a consultas en internet, el proyecto no está dimensionado para que existan dos puntos de recaudación en cada enlace o que se conecten más de 2 usuarios infringiendo las condiciones antes mencionadas, de modo que si esto llega a suceder no se garantiza la transferencia de datos íntegros. Por lo que se sugiere respetar las condiciones propuestas en el diseño para el buen funcionamiento.

En el seleccionamiento de equipos un parámetro analizado fue el estándar IEEE 29148, donde se determinó los requerimientos de software de los equipos de manera simple y sin complicaciones, basado en un enfoque del estándar IEEE 830 ya que permite analizar un requerimiento de manera fácil y flexible, sin tomar en cuenta tantos detalles como lo hace el estándar IEEE 29148, debido a que establece tres tipos de documentos para el análisis de requerimientos de software haciendo el proceso más estricto y complicado, por lo que se sugiere tener en cuenta el estándar IEEE 830 para situaciones donde no implique un análisis minucioso de requerimientos de software.

Hay que mencionar que la seguridad en los radio enlaces es de suma importancia, ya que cualquier persona podría conectarse a la red si tuviera un equipo que funcione en la banda de 5 GHz poniendo en riesgo el tráfico circulante, debido a esto se aconseja que una vez implementados los radioenlaces se debe hacer uso obligatorio de alguna técnica de autenticación; tal como WPA o WPA2, y se deja como sugerencia realizar el establecimiento de conectividad de los radioenlaces, mediante la utilización de PPOE para obtener mayor seguridad y controlar los usuarios a conectarse a la red, ya que los equipos utilizados permiten realizar este tipo de administración.

## CAPÍTULO V

### 5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis del costo beneficio es de gran importancia ya que esto nos permite determinar la rentabilidad de un proyecto desde un punto de vista social, apoyado en una mínima valoración económica y sin limitarse estrictamente al nivel financiero. Este capítulo describirá la estimación de costos y beneficio económico-social en base a la inversión del proyecto.

#### 5.1 ESTIMACIÓN DE COSTOS

Basándose en el desarrollo del diseño realizado en el capítulo 4, las cuestiones a considerar con respecto a costos es la siguiente:

##### 1. Costo de inversión

Estos costos encierran un conjunto de esfuerzos económicos y personales para cumplir con un objetivo de un proyecto, considerando estos aspectos dentro del proyecto se consideran los siguientes costos:

**Equipos:** Considera todos los equipos de red y radioenlaces utilizados en el proyecto.

**Infraestructura:** Considera los aspectos de torres, obras civiles, suministro de energía.

**Ingeniería:** Considera todo el trabajo realizado por la persona o grupo de personas que hayan colaborado en el proyecto, tales como diseño, estudio de campo, configuraciones, etc.

**Uso de frecuencias:** Considera el pago por la utilización del espectro radioeléctrico.

##### 5.1.1 COSTOS DE EQUIPOS

Para este análisis se tomará en cuenta los equipos utilizados para la conexión a la red, equipos de radioenlaces, medio de transmisión, racks, cajas térmicas.

La estimación de costos para estos equipos se lo realizará basado en precios del mercado nacional, obtenido de una proforma ya seleccionada ya que es la mejor oferta y trabajan con precios de distribuidor de equipos ubiquiti, mikrotik y una variedad de productos adicionales.

En la Tabla 29 se presenta el precio unitario estimado de cada equipo, la cantidad requerida y el costo total en equipos tomados de la mejor propuesta ofertante, véase el ANEXO 5.

Tabla 29: Costos de equipos

Equipos	Precio Unitario \$	Cantidad	Urbina	Gonzales Suárez	Tufiño	Tulcán	Repetidor	Sta Martha de Pioter	GAD-MT	Suministr	Subtotal
<b>Mikrotik SXTG-5HPnD-SAR2</b>	140	4					1	1	2		560
<b>Mikrotik RB 750 UP</b>	95	8	1	1	1	1	1	1	1		760
<b>AirGrid M5 27 dBi</b>	85	3			1		1	1			255
<b>AirGrid M5 23 dBi</b>	78	2	1						1		156
<b>NanoStation loco M5 13 dBi</b>	72	2		1		1					144
<b>Rack Beaucoup 6UR</b>	70	6	1	1	1	1		1	1		420
<b>Caja Hermética</b>	180						1				180
<b>Conectores rj 45 cat 5e Qpcom</b>	20									1	20
<b>Caja de cable UTP (305m) cat 5e Qpcom</b>	165									1	165
<b>Canaletas 20x12mm</b>	3,50	40									140
<b>Faceplate 2 rj45</b>	10	6									60
<b>Etiquetado</b>	20	16									320
<b>Costo Total</b>										<b>\$</b>	<b>3180</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA

Dentro de los costos de infraestructura se considera torres, obra civil, suministro de energía. Los costos de estos equipos están estimados en precios de distribuidores nacionales obtenidos de páginas web.

En lo que respecta a torres, se tomará en cuenta dos situaciones, la primera son los puntos que cuentan con torres ya existentes para la ubicación de antenas, el GAD-MT y la parroquia Tufiño constan con torres propias sobre su infraestructura civil y se hará uso de ellas; la segunda son las ubicaciones que no cuentan con una torre o mástil para la ubicación de antenas y se realizará el respectivo calculo a tomar en cuenta en los costos. Para esto se

tomara un número de 2 personas por el pago diario en instalación de mástiles y 4 para instalación de torre.

Existen 6 puntos los que no cuentan con infraestructura para la ubicación de los equipos de radio, en 5 puntos se empleará mástiles de 5 metros que serán asegurados sobre la infraestructura civil mediante tensores, tal como se mencionó en el diseño de radioenlaces descrito en el punto 4.3.3. El último punto es el repetidor, que se tiene entre el enlace GAD-MT-Santa Marta de Cuba, en este punto se ubicará una torre venteadada triangular de 20 metros de altura; también se hará uso de una caja hermética donde irán los equipos de red para protegerlos de la intemperie y humedad.

En lo que se refiere a trabajos de obra civil se considera la instalación de los mástiles sobre la construcción de la infraestructura de cada entidad y materiales utilizados para este fin. Además del sistema de puesta a tierra y pararrayos.

La Tabla 30 muestra los costos asociados a la infraestructura tal como se muestra a continuación y se encuentran elegidos en base a la mejor propuesta ofertante, véase el ANEXO 5.

Tabla 30: Costos de Infraestructura

<b>Costos de Infraestructura</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario \$</b>	<b>Subtotal \$</b>
<b>Torre venteadada triangular de 30x30 20 metro de altura</b>	1	1350	1350
<b>Mástiles 5 metros</b>	5	60	300
<b>Cable tensor 3mm rollo 100 m</b>	1	240	240
<b>Cable tensor 6mm rollo 100 m</b>	2	520	1040
<b>Tensores Din 1480 6mm</b>	42	1,40	58,80
<b>Electrodos cobre 1,80 m</b>	14	14	196
<b>Barras TGB 5x25mm</b>	6	35	210
<b>Barras TMGB 5x25mm</b>	6	38	228
<b>Cable TBB 6 AWG</b>	290 m	1,90	551
<b>Pararrayos tipo fránklin 3 puntas</b>	7	180	1260
<b>Postes de luz de fibra 12 metros</b>	2	200	400
<b>Gastos Varios</b>			
<b>Bentonita 25 kg</b>	42	50	2100
<b>Material para instalación de mástiles</b>	1	280	280
<b>Personal para instalación de mástiles y torre</b>	4	80	320
<b>Instalación pararrayos y puesta a tierra</b>	14	80	1120
<b>Instalación suministro eléctrico</b>			150
<b>UPS Tripp lite 1500 VA</b>	6	295	1770
<b>UPS Tripp lite 350 VA</b>		85	85
<b>Total Costos de Infraestructura</b>			<b>\$ 11658,80</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3 COSTOS DE INGENIERÍA

En los costos de ingeniería se considera los honorarios de la persona o grupo de personas encargadas del diseño del sistema y el estudio de campo.

El estudio de campo será valorado de acuerdo a la dificultad de acceso y condiciones climáticas.

El costo del diseño se lo valora con un costo 500 dólares mensuales de acuerdo al tiempo e investigación realizada.

Tabla 31: Costos de ingeniería

Equipos	Urbina	Gonzales Suárez	Tufiño	Tulcán	Repetidor	Sta Martha de Cuba	Pioter	GAD-MT	Sistema completo	Subtotal
<b>Estudio de campo Y verificación de infraestructura Diseño</b>	45	35	72	35	120	52	74	35		468
									2000	2000
<b>Costo total</b>										<b>\$ 2468</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.4 AUTORIZACIÓN Y USO DE FRECUENCIAS

El proyecto operará en la banda de 5,8 GHz para lo cual se calculara las tarifas por uso de frecuencias para el sistema de radioenlaces de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico establecido por el CONATEL, haciendo uso de la siguiente ecuación.

$$T (\text{US\$}) = K_a * \alpha_3 * \beta_3 * A * (D)^2 \quad \text{Ecuación (10)}$$

T(US\$): Tarifa mensual en dólares de los estados unidos de América, por frecuencia asignada.

$K_a$ : Factor de ajuste por inflación.

$\alpha_3$ : Coeficiente de valoración del espectro del servicio fijo para enlaces punto a punto o enlaces punto multipunto.

$\beta_3$ : Coeficiente de corrección para el sistema fijo, enlace punto a punto o enlace punto multipunto.

A: Anchura de banda de la frecuencia asignada, en MHz.

$(D)^2$ : Distancia de cobertura desde la estación base que para este caso es de 8 Km por ser un sistema punto multipunto multiacceso.

Los factores  $K_a$ ,  $\alpha_3$  y  $\beta_3$  mencionados anteriormente proporciona el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

$$K_a = 1$$

$$\alpha_3 = 0,019 \text{ para la Banda de 5 GHz a 10GHz}$$

$$\beta_3 = 1$$

Los enlaces punto – multipunto se consideran como enlaces punto – punto para el pago de tarifas, el cambio se da en el coeficiente de valoración.

$$\alpha_3 = 0,0237509$$

Para la tarifa por total de abonados se considera la siguiente formula.

$$T (\text{US\$}) = K_a * \alpha_5 * F_d \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

T (US\$): Tarifa mensual en dólares de los estados unidos de América por estaciones de abonado móviles y fijas activadas en el sistema.

$K_a$ : Factor de ajuste por inflación.

$\alpha_5$ : Coeficiente de valoración del espectro por Estaciones de Abonado móviles y fijas para el Servicio Fijo y Móvil y es igual a 1 para nuestro caso.

$F_d$ : Factor de capacidad, y es igual a 31 por ser un sistema multiacceso.

También se debe considerar un valor por derecho de concesión para el sistema de radioenlaces según el reglamento contemplado, para la obtención de un título habilitante para lo cual se hace uso de la siguiente ecuación.

$$D_c (\text{US\$}) = T (\text{US\$}) * T_c * F_{cf} \quad \text{Ecuación (12)}$$

$D_c$  (US\$): Tarifa mensual por uso de frecuencias.

$T$  (US\$): Tarifa mensual en dólares de los estados unidos de América, por frecuencia asignada. Correspondiente al sistema de radioenlaces considerado.

$T_c$ : Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse al respectivo servicio del sistema. Se considera un tiempo de 5 años.

$F_{cf}$ : Factor de concesión de frecuencias de acuerdo al reglamento del CONATEL.

Tabla 32: Tarifas por concesión y uso de frecuencias

		Urbina	Gonzales Suárez	Tufiño	Tulcán	Repetidor	Sta M. de Cuba	Pioter	Total
Tarifa por enlace punto a Multipunto	Ka	1	1	1	1	1	1	1	
	$\alpha_3$	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	
	$\beta_3$	1	1	1	1	1	1	1	
	A(MHz)	40	40	40	40	40	40	40	
	D(Km)	8	8	8	8	8	8	8	
<b>DATO 1</b>	<b>T<sub>1</sub> (US\$)</b>	<b>48,64</b>	<b>48,64</b>	<b>48,64</b>	<b>48,64</b>	<b>48,64</b>	<b>48,64</b>	<b>48,64</b>	<b>340,48</b>
Tarifa por número total de estación De abonados	Ka		1						
	$\alpha_5$		1						
	Fd		31						
	<b>T<sub>2</sub> (US\$)</b>		<b>31</b>						
Derecho de concesión	<b>T<sub>3</sub> (US\$)</b>		<b>T<sub>1</sub> (US\$)+ T<sub>2</sub> (US\$)</b>			<b>371,48</b>			
	T <sub>c</sub>					60			
	F <sub>cf</sub>					0,0477714			
	<b>D<sub>c</sub>(US\$)</b>					<b>1064,77</b>			

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 33: Resumen de costos por concesión y uso de frecuencias

		Anual
<b>Tarifa por enlace punto Multipunto</b>	340,48	
<b>Tarifa por número total de estación de abonados</b>	31	
<b>Tarifa mensual</b>	371,48	4457,7
<b>Derecho de concesión</b>	1064,77	
<b>Total \$</b>	1807,73	

Elaboración propia.

Cabe recalcar que la tarifa por concesión de frecuencias es un rubro que se paga una sola vez al empezar la concesión.

A continuación se muestra el resumen de costos de inversión del proyecto y se considera un 5 % adicional del valor total de todo el proyecto, valor estimado por imprevistos

Tabla 34: Resumen de costos de inversión de todo el sistema

<b>Resumen de costos de inversión</b>		
<b>Costos de equipos</b>		3180
<b>Costos de infraestructura</b>		11658,80
<b>Costos de ingeniería</b>		2468
<b>Autorización y uso de frecuencias</b>		1807,73
<b>Subtotal \$</b>		19114,53
<b>Adicional</b>	<b>5%</b>	955,73
<b>Total \$</b>		20070,26

Elaboración propia.

## 5.2 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis costo beneficio es de suma importancia en un proyecto, los parámetros de este análisis determina la viabilidad basado en los costos de inversión para implementarlo o no, verificando si hay un aumento de riqueza en un determinado tiempo.

Sin embargo existen situaciones en las que no es posible retribuir la inversión realizada mediante un parámetro de alto de rentabilidad, por tratarse de proyectos que van orientados al beneficio de la sociedad, tal como lo es este proyecto.

Se partirá del siguiente análisis, el proyecto está constituido por puntos ubicados en las diferentes parroquias, los cuales se encuentran comunicados por una red inalámbrica y proporcionarán el servicio de recaudación por un costo de 0,50 centavos, valor adicional al servicio de recaudación, de manera que los ciudadanos pertenecientes a cada parroquia

realicen sus pagos de ordenanza municipal en sus lugares de residencia, incentivando de esta manera que los ciudadanos paguen sus impuestos sin retrasos y sin multas adicionales.

Las parroquias Urbina, Tufiño, Santa Martha de Cuba y Pioter suman un número de familias total de 1937 según datos suministrados por el INEC<sup>10</sup> del año 2010, y considerando este dato se establece el beneficio del proyecto. Estimando que las 1937 familias pagan su servicio de agua potable mensualmente e impuesto predial anual se considera los siguientes valores.

Tabla 35: Flujo de ingreso anual

	<b>Beneficiarios</b>	<b>Valor adicional</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Pago de agua</b>	1937	0,50	12		11622
<b>Pago de impuesto predial</b>	1937	0,50		1	968,5
<b>Total</b>					<b>\$ 12590,50</b>

Elaboración propia.

## 5.2.1 PARÁMETROS FINANCIEROS

Existen variables que determinan si el proyecto es viable o no económicamente de acuerdo a la inversión de un proyecto las cuales se presentan a continuación.

VAN: Valor actual neto

TIR: tasa interna de retorno

B/C: Relación beneficio costo

PRI: Periodo de retorno de inversión

### 5.2.1.1 VAN (Valor actual neto)

Es una técnica de análisis financiero para determinar el flujo futuro real de un proyecto en un tiempo determinado.

$$VAN = -Vi + \sum \frac{Ft}{(1+i)^n} \quad \text{Ecuación (13)}$$

<sup>10</sup> [INEC] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

VAN: Valor actual neto.

Vi: Valor de inversión inicial.

Ft: Flujo de efectivo neto.

i: Tasa de descuento

n: Periodo

Para la tasa de descuento será 10% ya que es un valor normal de acuerdo a un proyecto de inversión.

### 5.2.1.2 TIR (Tasa interna de retorno)

Es una variable que proporciona el rendimiento de los flujos de cobro y pago actualizados.

$$VAN = -Vi + \sum \frac{Ft}{(1+i)^n} \quad \text{Ecuación (14)}$$

VAN: Valor actual neto.

Vi: Valor de inversión inicial.

Ft: Flujo de efectivo neto.

i: Tasa de descuento, convertido en TIR

n: Periodo

### 5.2.1.3 B/C (Relación costo beneficios)

Es un método que relaciona los costos actuales con los costos de inversión determina la rentabilidad de un proyecto.

$$B/C = \frac{\text{Flujo de efectivo neto}}{\text{Inversión inicial}} \quad \text{Ecuación (15)}$$

### 5.2.1.4 PRI (Periodo de retorno de la inversión)

Es un parametro que determina la rentabilidad del proyecto en base a un periodo

$$PRI=(n - 1) + \frac{FAn-1}{FNn}$$

PRI: Periodo de retorno de inversión.

Fan-1: Flujo acumulado descontado el año previo a n.

FNn: Flujo neto de efectivo en el año n

N: Periodo.

Los cálculos para estas variables fueron realizados en Excel por facilidad en un periodo de 5 años y se muestra a continuación.

Tabla 36: Cálculo de variables

A Flujo ingresos		B Flujo egresos		A-B Flujo de efectivo neto		
Año	Ingresos anual	Año	Engreso anual	Año	Valor	
1	12590,5	1	4457,76	1	8132,74	20070,26
1	12590,5	2	4457,76	2	8132,74	8132,74
1	12590,5	3	4457,76	3	8132,74	8132,74
1	12590,5	4	4457,76	4	8132,74	8132,74
1	12590,5	5	4457,76	5	8132,74	8132,74
					<b>40663,7</b>	
n=	5			TIR		29%
i%=	10%=0,10	tasa de interes		B/C		2,03
IO	20070,26	inversion inicial		PRI		2,46783495

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de viabilidad del proyecto se analizan los siguientes aspectos que determinan si dicho proyecto se pone en marcha o no. Los cuales deben de cumplir las características de los parámetros mostrados a continuación.

VAN > 0. Genera ganancia por encima de la inversión realizada.

TIR > Tasa de descuento. Proyecto factible

B/C > 1. Proyecto económicamente aceptable

PRI < Periodo de funcionamiento del proyecto.

Una vez analizados los datos de la Tabla 35, se concluye que el proyecto genera las ganancias sobre la inversión realizada y por lo tanto es factible y aceptable para la implementación.

## CAPÍTULO 6

### 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo al proyecto realizado se realizan las respectivas conclusiones y recomendaciones.

#### CONCLUSIONES

El GAD-MT de Tulcán pretende dar soluciones óptimas orientadas al bienestar ciudadano y centrado en aplicar esas demandas, permite la elaboración de estudios a través de proyectos de diseño que opten por aportar soluciones para el desarrollo del cantón, y es en este contexto donde este proyecto contribuye, ofreciendo un servicio para la recaudación cercana y eficiente.

El sistema de radioenlaces diseñado permitirá a los ciudadanos un ahorro en su economía por cuestiones de transporte y tiempo, beneficiando la canasta familiar de cada uno de sus hogares y un mejoramiento social en el entorno parroquial.

La tecnología ubiquiti y Mikrotik utilizada en este proyecto determinan un factor importante con respecto a la funcionalidad, ya que estos equipos están diseñados y contruidos en una placa base con características similares, permitiendo la compatibilidad entre plataformas sin ningún inconveniente ni contratiempo como sucede con otras tecnologías, permitiendo acoplarse y trabajar eficientemente.

La utilización de routers mikrotik en los nodos se la considero debido a que es una tecnología realmente barata, pero con alta potencialidad en manejo de redes, permitiendo administrar el ancho de banda de forma fácil y amigable, mediante su interface visual, además permite automatizar el sistema para trabajar de forma óptima gestionando las diferentes configuraciones de manera independiente.

Las tecnologías de la información y comunicación Tics, hoy en día se desarrollan cada vez más rápido, permitiendo la comunicación y el acceso a la información con fines de brindar un bien social a los pueblos y mantener la estrecha relación y confianza de que pueden contar con la ayuda del GAD-MT para brindar soluciones.

Una estimación de requerimiento al momento de seleccionar equipos nos permite obtener datos mínimos para el funcionamiento y establecimiento de los radioenlaces basado en

cálculos donde se establece los parámetros teóricos de funcionamiento, permitiendo visualizar un panorama de características al elegir los equipos correctos.

El diseño de radioenlaces se fundamenta en parámetros calculados con equipos elegidos y la cobertura que existe entre dos puntos a comunicarse, ya que si no existe línea visual entre ellos la comunicación no sería posible, para lo cual se realiza una simulación de radioenlaces, de manera que se pueda verificar y fundamentar a un más el diseño ya que nos permite conocer de mejor manera la situación de comunicación y nos acerca a un más a la realidad.

El análisis de costo benéfico permite verificar la rentabilidad económica del proyecto de manera que este genere ganancias mayores a la inversión propuesta en un determinado tiempo, analizando variable de situación financiera para realizar la toma de decisión con respecto a su implementación, pues como cualquier proyecto siempre se incurre en obtener la retribución de por lo menos el costo invertido.

### **RECOMENDACIONES**

Este proyecto esta acogido al cableado estructurado que el GAD-MT Tulcán tiene instalado en su infraestructura civil, por lo que se recomienda realizar un etiquetado y organización de su cableado estructurado a fin de solventar de forma eficiente el control de fallas en la red.

Los costos de los equipos utilizados en el diseño son referenciales acordes al diseño en ese momento, por lo que si se piensa realizar la instalación luego de un tiempo se recomienda informarse en de los costos en ese tiempo y tomar esos datos para la compra de equipos.

En un futuro sería recomendable utilizar la infraestructura del punto de repetidor ubicado en la montaña Guagua Negro para proveer el servicio de internet a otros lugares pertenecientes al cantón, ya que es un punto que se encuentra en una ubicación estratégica y se puede observar casi todo el cantón.

En la selección de equipos se debe poner cierta atención y analizar qué características y prestaciones ofrece cada uno de ellos, pues cada uno se elige para cierta aplicación, enlace o servicio lo que conlleva escoger el adecuado para no tener inconvenientes al momento de su funcionamiento.

Se recomienda que al momento de realizar el presupuesto de costos se tome en cuenta el trabajo de investigación y diseño de la persona que lo realiza, puesto que es un costo estrechamente olvidado por conceptos injustificados.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcubierre, M. (2014). Ondas de espacio, ondas de tiempo. *Revista ¿Como ves ? Divulgación de la ciencia de la UNAM*. Obtenido de <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/68/ondas-de-espacio-ondas-de-tiempo>
- Arauz, Á. (2010). *Equipos de imagen*. Obtenido de Parámetros de una antena: <https://sites.google.com/site/equiposdeimagengmfp/1-transmision-de-television/2-antenas-de-television/parmetros-de-una-antena>
- Barajas, S. (s.f). Protocolos de seguridad en redes inalámbricas. *Saulo.net*. Obtenido de <http://www.saulo.net/pub/inv/SegWiFi-art.htm>
- Bautista, L. (13 de 10 de 2014). Física y optica. (Físicanet, Ed.) *Fisicanet*.
- Beltran, K. (18 de 3 de 2013). *Manejo de redes*. Obtenido de Estandares 802.11 a,b,g,n: <http://kenniacionerosredescomputo.blogspot.com/2013/02/estandares-80211-abgn.html>
- Bernal, I. (2008). Obtenido de Revision de conceptos basicos de antenas y propagación: [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fclusterfie.epn.edu.ec%2Frad-iomobile%2FClase%2FBreveRevAntenasPropag.pdf&ei=ioFCVleHJ4i7ggSP2oLwDg&usg=AFQjCNG9YGnUrkH0RaDt5gOcwJHIXf\\_L0g&bvm=bv](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fclusterfie.epn.edu.ec%2Frad-iomobile%2FClase%2FBreveRevAntenasPropag.pdf&ei=ioFCVleHJ4i7ggSP2oLwDg&usg=AFQjCNG9YGnUrkH0RaDt5gOcwJHIXf_L0g&bvm=bv)
- Buettrich, S. (2 de 12 de 2007). *Itrainonline*. (A. E. Pascual, Ed.) Obtenido de Unidad 06: Cálculo de Radioenlace: [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.itrainonline.org%2Fitrainonline%2Fmmtk%2Fwireless\\_es%2Ffiles%2F06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf&ei=\\_GREVJ\\_pEcXOggSSkoLgCA&usg=AFQj](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.itrainonline.org%2Fitrainonline%2Fmmtk%2Fwireless_es%2Ffiles%2F06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf&ei=_GREVJ_pEcXOggSSkoLgCA&usg=AFQj)
- cetus, R. (2011). *Red cetus*. Obtenido de Enlaces punto-multipunto: <http://www.redcetus.cl/telefonosip/soluciones-redcetus/wireles-redcetus/redcetus-wireless-link/enlaces-punto-multipunto.html>



- Contreras, J. (10 de 3 de 2010). *Fundamento de antenas*. Obtenido de [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F15%2F8%2FCapitulo1.pdf&ei=jUc\\_VJLJK43IgwSH\\_4LACg&usg=AFQjCNGF\\_2qhUt1SZlu1XEck2aXA0UxxQg&bvm=b](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F15%2F8%2FCapitulo1.pdf&ei=jUc_VJLJK43IgwSH_4LACg&usg=AFQjCNGF_2qhUt1SZlu1XEck2aXA0UxxQg&bvm=b)
- Espuelas, D. (14 de 10 de 2013). El espectro radioeléctrico. *El rincón de la tecnología*. Obtenido de <http://tecnologia-escolapioslogrono.blogspot.com/2010/12/el-espectro-radioelectrico.html>
- Esquivel Ruvalcava, Y. (11 de 12 de 2007). Tecnologías inalámbricas. *Gestiopolis*. Obtenido de <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/tecnologias-inalambricas.htm>
- Hiru.com. (2010). Reflexión y refracción de ondas. *Hiru.com*. Obtenido de <http://www.hiru.com/fisica/reflexion-y-refraccion-de-ondas>
- Internacional, C. (2008). *Internet y Redes Inalámbricas* (Vol. 1). Perú: sn. Obtenido de <http://depositfiles.org/files/muyfttrbr>
- Javier. (19 de 3 de 2014). *Ecured*. Obtenido de Antena yagui-uda: [http://www.ecured.cu/index.php/Antena\\_Yagi\\_Uda](http://www.ecured.cu/index.php/Antena_Yagi_Uda)
- Martínez, E. (11 de 7 de 2007). Modos simplex half-duplex y full-duplex. *Eveliux*. Obtenido de <http://www.eveliux.com/mx/Modos-Simplex-Half-Duplex-y-Full-Duplex.html>
- Melendez, M. (23 de 1 de 2013). Radioaficion.com. *Diferencia de ganancia entre dB Y dBi*. Obtenido de <http://www.radioaficion.com/HamNews/mr-aluminio/preguntas-y-respuestas/12666-diferencia-de-ganancia-entre-db-y-dbi.html>
- Monsalve, J. (24 de 6 de 2011). Diarioradioelectronico.com. *Antenas una explicación de su funcionamiento (II)*. Obtenido de <http://www.diarioradioelectronico.com/antenas-una-explicacion-de-su-funcionamiento-ii/>
- Pérez Gonzales, J. (21 de 3 de 2014). *Prezi.com*. Obtenido de Clasificación de las antenas: <http://prezi.com/kbdxelrv7qly/clasificacion-de-lasm-antenas/>
- Pérez, G. (1 de 2 de 2014). Espectro electromagnético. *Espectrometría.com*. Obtenido de [http://www.espectrometria.com/espectro\\_electromagnético](http://www.espectrometria.com/espectro_electromagnético)

- RC.net. (2003). *Radiocomunicaciones.net*. Obtenido de Antenas tipo dipolo: <http://www.radiocomunicaciones.net/antenas-dipolo.html>
- Sandoval, F. (9 de 6 de 2009). Fralbe. *Antena Grilla*. Obtenido de <http://fralbe.com/2009/06/09/antena-grilla/>
- Solutions, W. (s.f.). *Wireless*. Obtenido de Entendiendo 802.11n: [http://www.wni.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=63:80211n&catid=31:general&Itemid=79](http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=63:80211n&catid=31:general&Itemid=79)
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y redes de computadoras* (Septima Edicion ed.). (J. E. Díaz Verdejo, & Á. d. Telemática, Trads.) Madrid: Pearson educacion,S.A.
- Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de computadoras* (Cuarta ed.). (E. N. Ramos, Trad.) México: Pearson educación,. Obtenido de <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/15232018/Redes-de-Computadoras-4-Edicion---Andrew-S-Tanenbaum.html>
- Wndw. (10 de 2013). *Redes inalambricas de los paises en desarrollo*. Obtenido de <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwndw.net%2Fpdf%2Fwndw3-es%2Fwndw3-es-ebook.pdf&ei=CZE2VMrPGYupyATXtYGYBA&usg=AFQjCNELiJs5j68ybNH0x1qaFbVRlc8TBQ&bvm=bv.76943099,d.eXY>
- Zabala Ayala, S. A., Buonaffina Fuentes, R. E., & Marcano Rojas, I. R. (25 de 3 de 2011). Espacios. *Antenas caseras: una forma de enseñar los fundamentos de comunicación de datos*, 55. Obtenido de <http://www.revistaespacios.com/a12v33n01/123301251.html>

## **8 ANEXOS**

### **ANEXO1-FORMULARIOS PARA LEGALIZACIÓN DE RADIOENLACES**

En este apartado se describirá un ejemplo sobre el llenado de los formularios para la operación legal de radioenlace, cabe recalcar que la información para el llenado de formularios se utilizó de un enlace punto a punto tomada del documento de: (Suqui Carchipulla, 2010).




**FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES**

RC – 2A  
Elab.: DGGGER  
Versión: 02

1)  
Cod. Cont.:

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES				
2) ESTRUCTURA 1				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre Auto soportada			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2321 m.s.n.m	
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: S1			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 12 m	
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:				
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
CARCHI	TULCAN	TUFIÑO	00° 48' 3,48" N	77° 51' 20,58" W
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:				
PUESTA A TIERRA		SI (X) NO ( )	PARARRAYOS	
			SI ( ) NO ( )	
OTROS (Describe):				
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:				
LINEA COMERCIAL ( X )		GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( X ) NO ( )
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ( )		BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( X )	OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:				
2) ESTRUCTURA 2				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre auto soportada			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2988 m	
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 12 m	
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:				
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:				
PUESTA A TIERRA		SI (x) NO ( )	PARARRAYOS	
			SI (x) NO ( )	
OTROS (Describe):				
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:				
LINEA COMERCIAL ( x )		GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( x ) NO ( )
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ( )		BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( x )	OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:				
2) ESTRUCTURA 3				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):	
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):	
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:				
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:				
PUESTA A TIERRA		SI ( ) NO ( )	PARARRAYOS	
			SI ( ) NO ( )	
OTROS (Describe):				
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:				
LINEA COMERCIAL ( )		GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ( )		BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( )	OTRO: _____

	<b>FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL</b> (SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)		<b>RC - 1B</b> Elab.: DGGER Versión: 02
			1) No. Registro:
<b>SOLICITUD:</b>			
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	( G )	<u>R</u> EGISTRO	<u>R</u> ENOVACION <u>M</u> ODIFICACION
3) TIPO DE SISTEMA:	( PRI )	<u>P</u> RIVADO	<u>E</u> XPLOTAION
<b>DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:</b>			
4) <b>PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL</b>			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	Cl:
5) CARGO:			
PERSONA JURIDICA			
6) NOMBRE DE LA EMPRESA: GAD-MT			
7) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA:			RUC: 100568987001
8) <b>DIRECCION</b>			
PROVINCIA:	CIUDAD:	DIRECCION:	
e-mail:	CASILLA:		TELEFONO / FAX:
9) <b>CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)</b>			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO: Bejarano	NOMBRES: Rosita	LIC. PROF.: 21-36-654
e-mail:	CASILLA:		TELEFONO / FAX: 06-8954621
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No):		FECHA:	_____ FIRMA
10) <b>CERTIFICACION Y DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación			
<b>Declaro que:</b>			
1. En caso de que el presente sistema cause interferencia a sistemas debidamente autorizados, asumo el compromiso de solucionar a mi costo, dichas interferencias, o en su defecto retirarme de la banda. 2. Acepto las interferencias que otros sistemas debidamente autorizados acusen al presente sistema.			
NOMBRE:		FECHA:	_____ FIRMA


**FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS**

 RC – 3A  
 Elab.: DGGER  
 Versión: 2

Cod. Cont:

**2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS**

CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 1	ANTENA 2
CODIGO DE ANTENA:	A1	A1
MARCA:	Mikrotik	Ubiquiti
MODELO:	HG5158DP-32D	AG-HP-5G27
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	5725-5850 MHz	5725-5850 MHz
TIPO:	MikroTik SA - 5GHz AP	AirGrid M5
IMPEDANCIA (ohmios):	100 Ohm	100 Ohm
POLARIZACION:	Horizontal-Vertical	Horizontal-Vertical
GANANCIA (dBd):	14	27
DIÁMETRO (m):	0,15m	0,7m
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):	265.64°	85.64°
ANGULO DE ELEVACION (°):	-0.829°	0.069°
ALTURA BASE-ANTENA (m):	12m	12m

**2 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS**

CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 3	ANTENA 4
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		



**FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACION DE ANTENAS**

**RC - 3B**  
Elab.: DGER  
Versión. 01  
1) Cod. Cont:

**2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA**

MARCA:

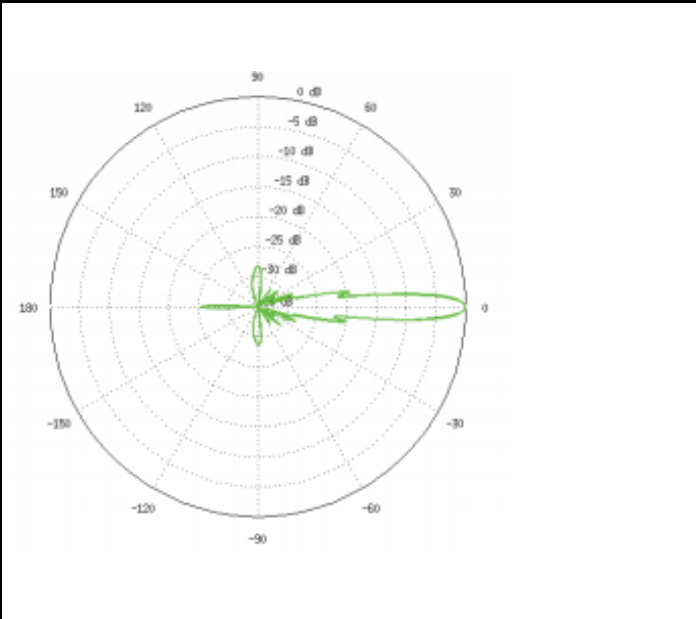
MODELO:

TIPO:

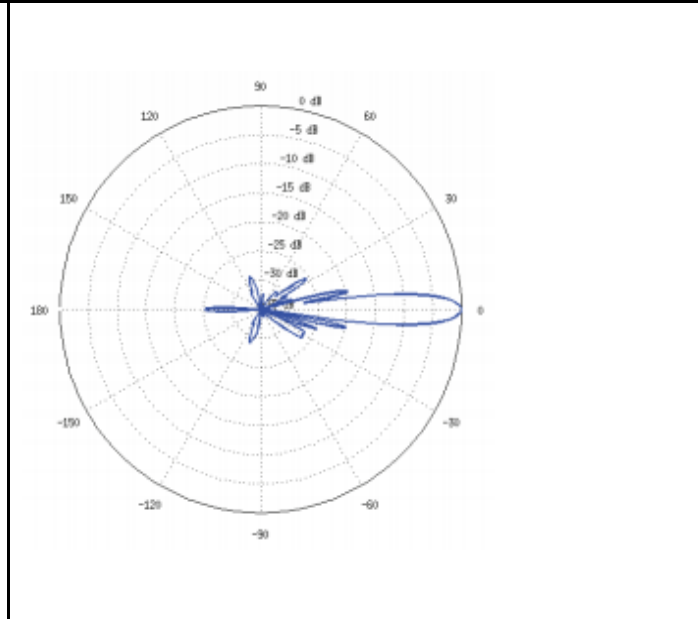
Ingrese los valores de ganancia ( dBd ) para cada radial.

<i>RADIAL</i>																													
<i>PLANO</i>	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°					
HORIZONTAL																													
VERTICAL																													

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL



PATRON DE RADIACION VERTICAL



**2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA**

MARCA:

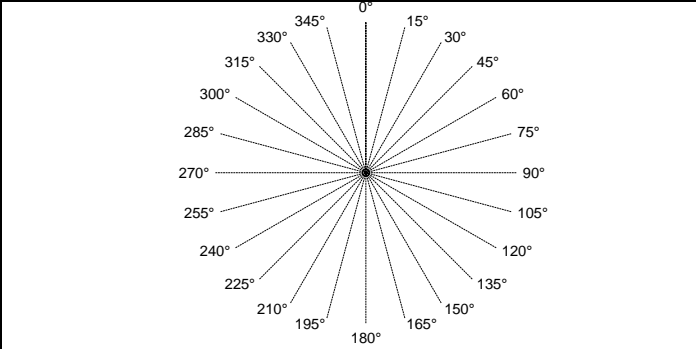
MODELO:

TIPO:

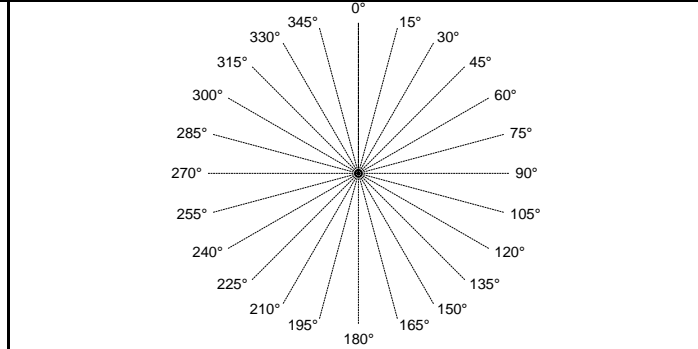
Ingrese los valores de ganancia ( dBd ) para cada radial.


<i>RADIAL</i>																												
<i>PLANO</i>	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°				
HORIZONTAL																												
VERTICAL																												

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL




PATRON DE RADIACION VERTICAL



	FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPAMIENTO			RC – 4A Elab.: DGGER Versión: 02
				1) Cod. Cont:
<b>2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS</b>				
TIPO DE ESTACION:	Fija	fija		
CODIGO DEL EQUIPO:	1	1		
MARCA:	Mikrotik	Ubiquiti		
MODELO:	SXTG-5HPnD-SAR2	AirGrid M5		
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):	40	40		
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):	40	40		
TIPO DE MODULACION:	16QAM	16QAM		
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):	5400	5400		
POTENCIA DE SALIDA (Watts):	501	630		
RANGO DE OPERACION (MHz):	5725-5850	5725-5850		
SENSIBILIDAD ( $\mu$ V) o (dBm):	-90	-97		
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA (kHz):	*****	*****		
<b>2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS</b>				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				
MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD ( $\mu$ V) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:				



	<b>FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA</b> <b>(SISTEMAS PUNTO-MULTIPUNTO)</b>	RC- 9B Elab.: DGGER Versión: 03
		1) No. Registro:

2)

**CLASE DE SISTEMA**

PRIVADO    EXPLOTACION    ( P )

NOTA: En el caso de que su empresa cuente con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia.

3)

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FIJO PUNTO – MULTI PUNTO**

No. SISTEMA	No. ESTACIONES POR SISTEMA	BANDA DE FRECUENCIAS (MHZ)	3 TIPO DE OPERACION SECUENCIA <u>D</u> IRECTA ; <u>T</u> DMA; <u>F</u> HSS ; <u>H</u> IBRIDO ; <u>O</u> DFM; <u>O</u> T <u>R</u> AS
1	2	5725-5850	( O )

**4) CARACTERÍSTICAS DE LA ESTACION FIJA CENTRAL**

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA ASOCIADA	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO
F1	A1	S1	A1	500	1
F2	A2	S2	A2	630	1

5)

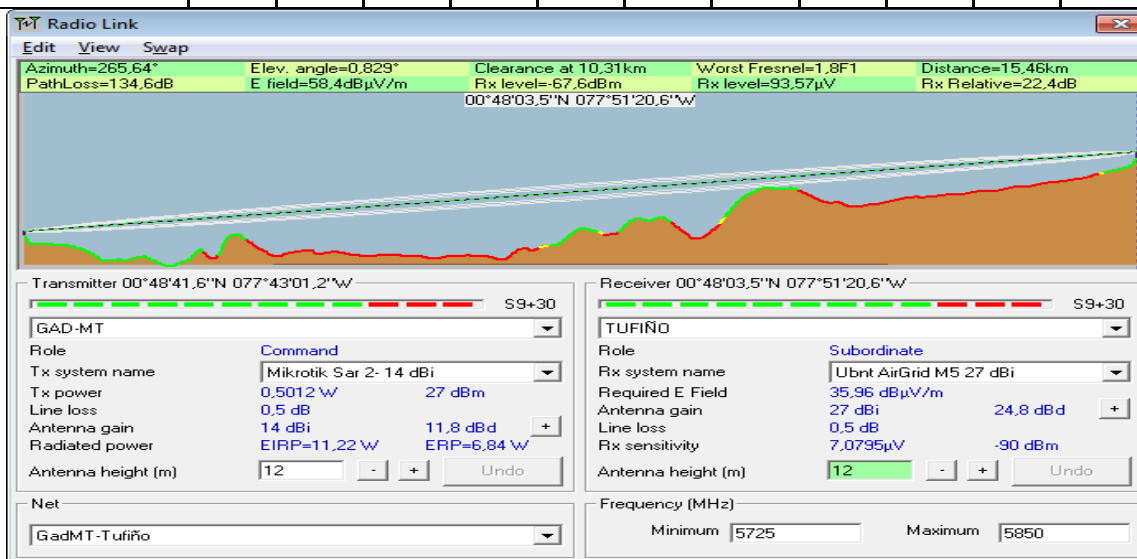
**CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS**

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA ASOCIADA	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO	DISTANCIA EST. CENTRAL – ESTACION FIJA (Km)

6)

**PERFIL TOPOGRAFICO**

No. ENLACE	DISTANCIA (Km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
	ALTURA s.n.m. (m)													



Donde D = distancia entre cada estación fija y la estación fija central.

NOTA: Adjuntar las gráficas del perfil de cada enlace. Así como el formulario correspondiente al esquema del sistema (RC-14A)



FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

RC- 14A

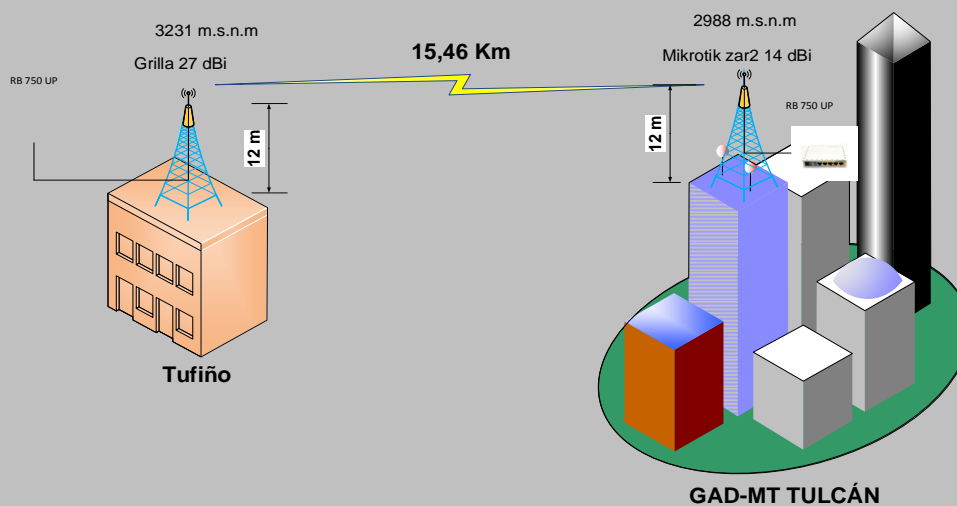
Elab.: DGGER

Versión: 01


1)

Cod. Cont.:

1)  
ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA



**Nota:** En este formulario se debe graficar la topología del sistema de radiocomunicaciones, cuando este consta de dos o más circuitos enlazados entre si, en enlaces con más de un salto o en caso de un sistema punto-multipunto.

	<b>FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)</b>				<b>RC-15A RNI-T1</b>
	Fecha.:				
<b>1) USUARIO :</b>					
NOMBRE DE LA EMPRESA:		GAD-MT			
DIRECCIÓN :		OLMEDO Y COLON ESQUINA			
<b>2) UBICACION DEL SITIO :</b>					
PROVINCIA :	CIUDAD / CANTON :	LOCALIDAD :	LATITUD (°) (') (")	LONGITUD (°) (') (")	
CARCHI	TULCAN	TUFIÑO			
<b>3) S<sub>lim</sub> A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO) :</b>					
FRECUENCIAS (MHz)		S <sub>lim</sub> OCUPACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	S <sub>lim</sub> POBLACIONAL (W/m <sup>2</sup> )		
<b>4) CALCULO DE R<sup>2</sup> :</b>					
Altura h (m) :	12	$R = \sqrt{X^2 + (h - d)^2}$			
DISTANCIA X		VALOR CALCULADO PARA R (m)			
2 m		10.68887			
5 m		11.6297			
10 m		14.5			
20 m		22.5887			
50 m		51.0990			
<b>5) CALCULO DEL PIRE :</b>					
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)		GANACIA MAXIMA DE LA ANTENA	VALOR DE PIRE (W)		
0.200		27 Dbi	11.22		
<b>6) CALCULO DEL S<sub>lim</sub> TEORICO :</b>					
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$					
DISTANCIA		VALOR DE ( $\pi * R^2$ )	VALOR DE S <sub>lim</sub> (W/m <sup>2</sup> )		
2 m		358.93	0.0312		
5 m		424.900	0.0264		
10 m		615.75	0.0181		
20 m		1602.82	0.0069		
50 m		8171.28	0.0013		
<b>7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)</b>					
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva					
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:		LIC. PROF.:21-36-654	
	Bejarano	Rosita			
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:		
DIRECCION:		FECHA:	FIRMA		
<b>8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>					
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación					
NOMBRE:		FECHA:	FIRMA		

## **ANEXO2-RESUMEN DE ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS IEEE 29148**

Este apartado describe el punto 9.4 del estándar IEEE 29148 utilizado en el diseño para el seleccionamiento de equipos. Recuperado de (IEEE, 2014).

### 1. Requerimientos del sistema

Especifica todos los requisitos de software del equipo para permitir testar que el sistema de software de un equipo cumple dichos requisitos, mencionando las funciones que debe cumplir para la elección en un determinado contexto, mediante el análisis de atributos funcionales, usabilidad y Rendimiento.

#### 1.1. Requerimientos Funcionales

Define las acciones fundamentales del software a utilizar, refiriéndose a la facilidad que tiene una determinada aplicación para interactuar en un entorno usuario –maquina, mostrando simpleza, comodidad y practicidad, para aprovechar al máximo sus bondades.

#### 1.2. Requerimientos de usabilidad

Define los requisitos y objetivos para el sistema de software, incluyendo efectividad medible y satisfaciendo criterios en contextos específicos de uso.

#### 1.3. Requerimientos de Rendimiento

Expresa en temimos mensurables la robustez que posee un sistema de software, para realizar tareas.

#### 1.4. Atributos del sistema de software

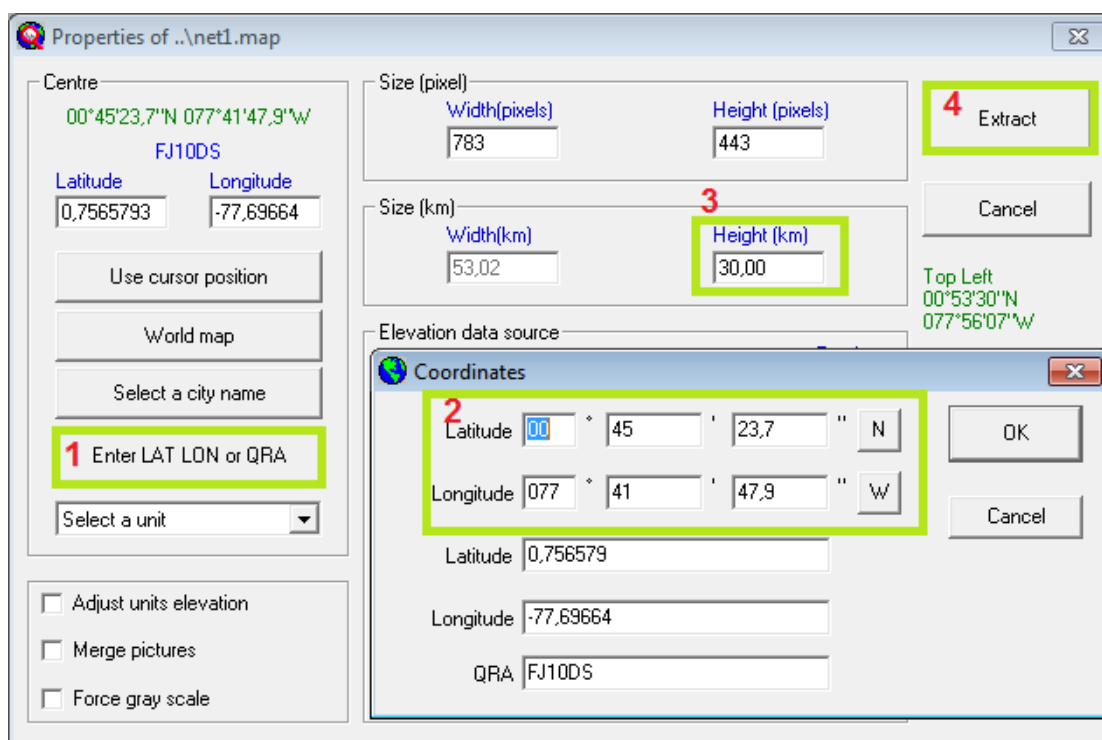
Son características que presenta un sistema de software, especificando parámetros de disponibilidad, facilidad y seguridad.

## ANEXO3-RADIO MOBILE

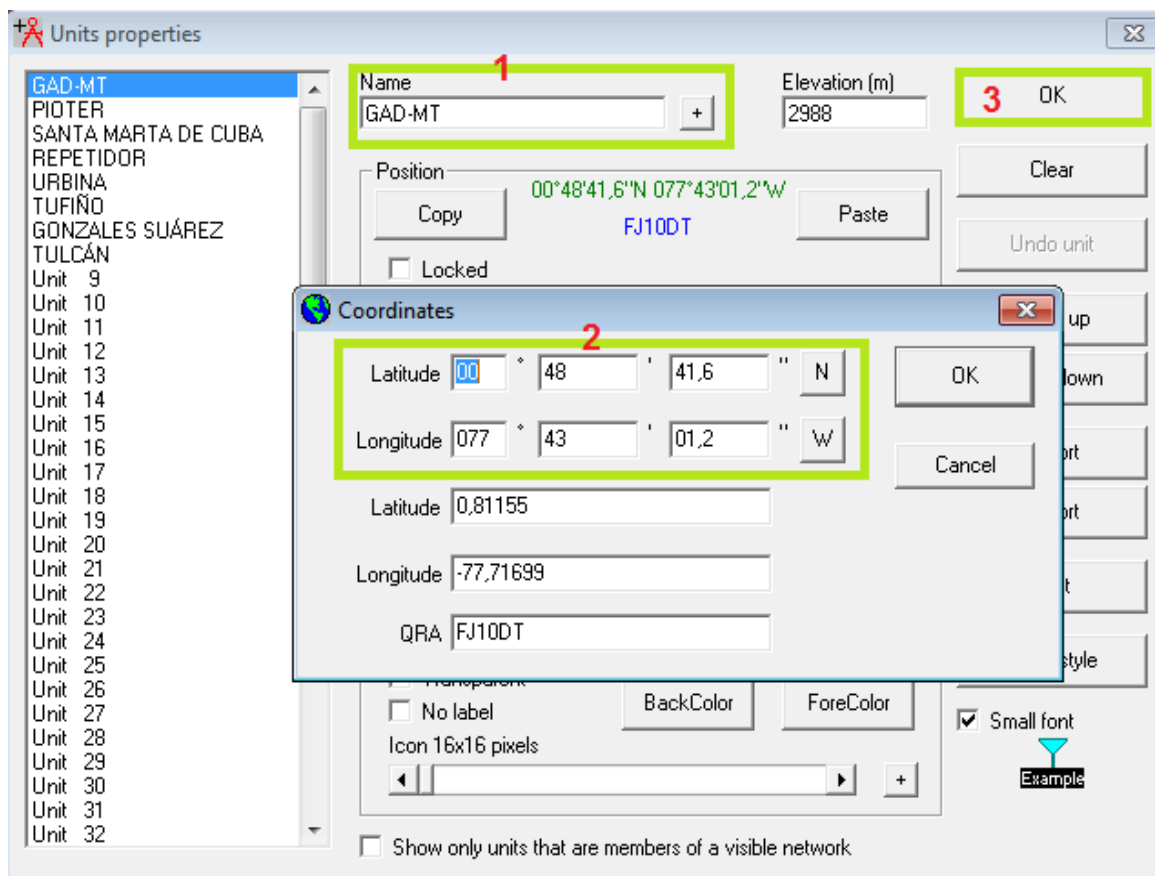
Radio mobile es un programa que sirve para estimar el diseño de radioenlaces, mediante la ubicación de emplazamientos en los lugares a implementar un sistema de radioenlaces, mostrando parámetros técnicos de la red a fin de determinar si el enlace es adecuado, ya que posee imágenes gráficas del estado del enlace, mostrando la cobertura que existe entre ellos; es fácil de manejar y muestra valores aproximados del establecimiento de enlace ya que trabaja con mapas de datos que facilitan el entorno geográfico del lugar de trabajo.

### 1. Creación de una red en radio mobile

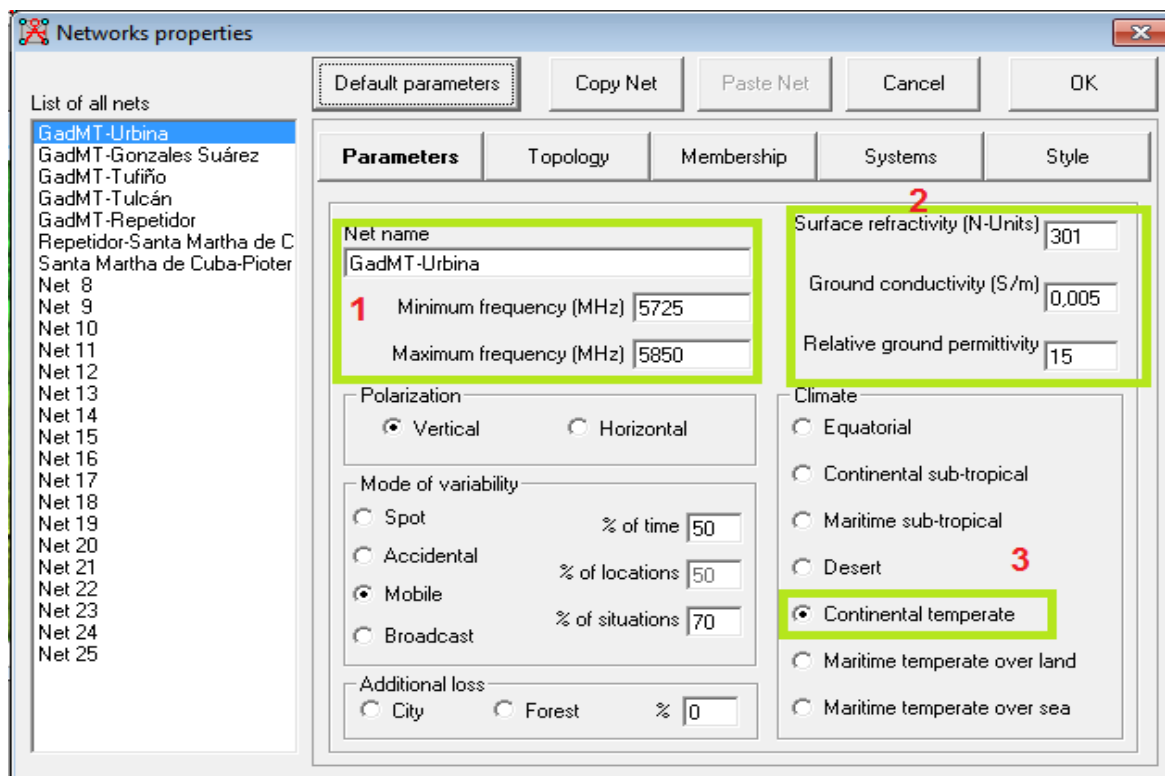
Lo primero que debemos hacer es dirigirnos a propiedades de mapa, en esta ventana ingresaremos las coordenadas del lugar para poder extraer el mapa de datos en el cual vamos a trabajar. El esquema siguiente muestra los pasos a seguir.



2. Una vez extraído el mapa de trabajo procedemos a ubicar los puntos en el mapa, para lo cual nos dirigimos a unidad de propiedades, donde asignamos un nombre al sistema a comunicar y colocamos las coordenadas del punto.



3. Luego nos dirigimos a propiedades de red, es aquí donde vamos a configurar el sistema para que operen dentro los parámetros esperados, en una banda de frecuencias que queramos realizar el análisis. En esta punto hay asignar la banda de frecuencias en la cual va operar el sistema de radioenlaces, parámetros del medio y el tipo de clima de la zona de trabajo.



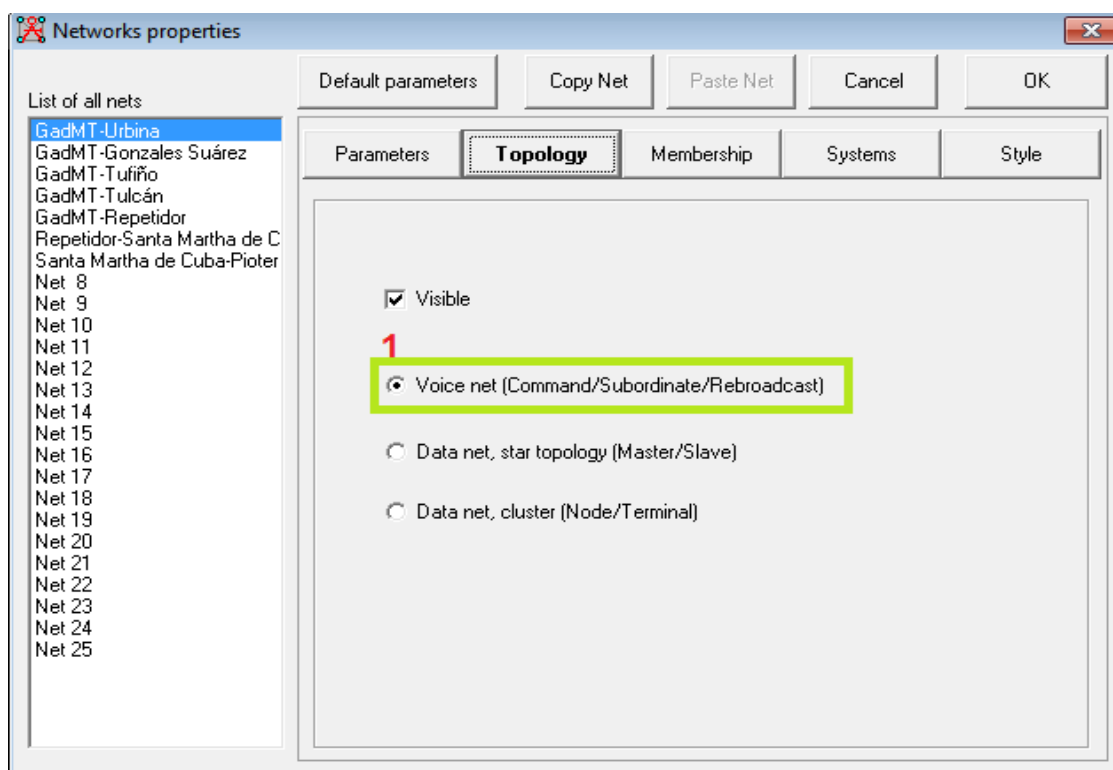
4. Como siguiente paso vamos a elegir el modo de comunicación en la pestaña topología para lo cual se describe los tres modos de comunicación.

Voice net: Se usa esta configuración cuando la comunicación es entre una estación de referencia y varias subordinadas sin que exista comunicación entre las subordinadas.

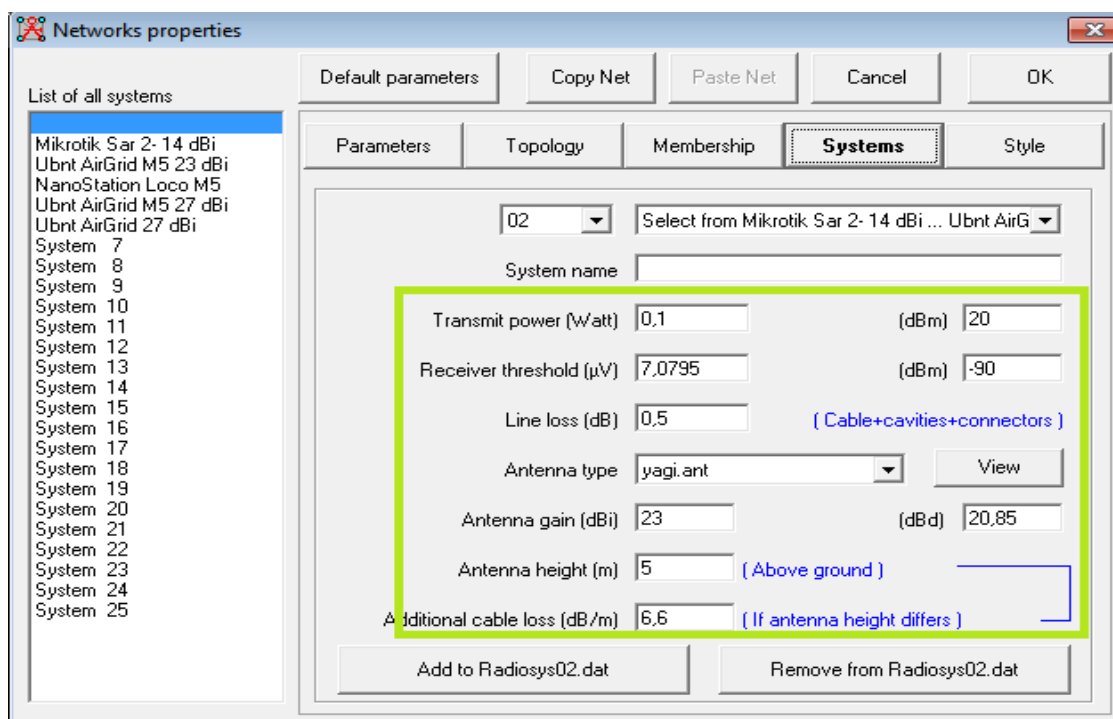
Data net / star Topology: se utiliza esta configuración cuando una estación maestra controla a varias estaciones.

Data net cluster: esta configuración se utiliza cuando las estaciones pueden retransmitir datagramas.

Por lo general para realizar un análisis de radioenlaces se utiliza la primera opción ya que determina la comunicación entre un nodo principal que da servicio a varias estaciones.

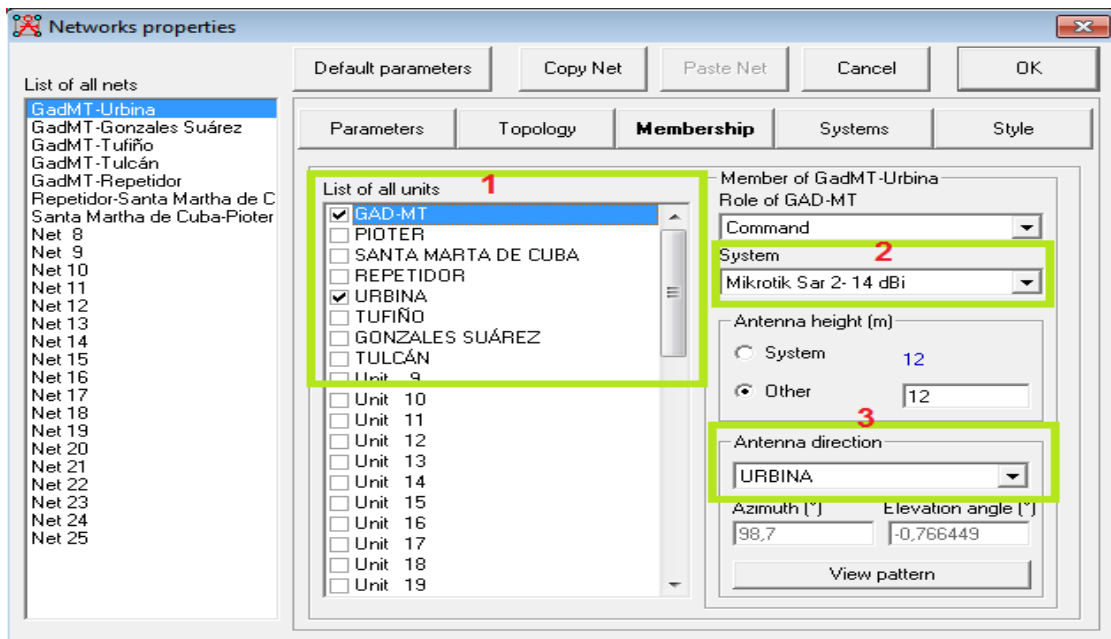


5. En la pestaña System se procede a configurar los parámetros de los equipos a utilizar.

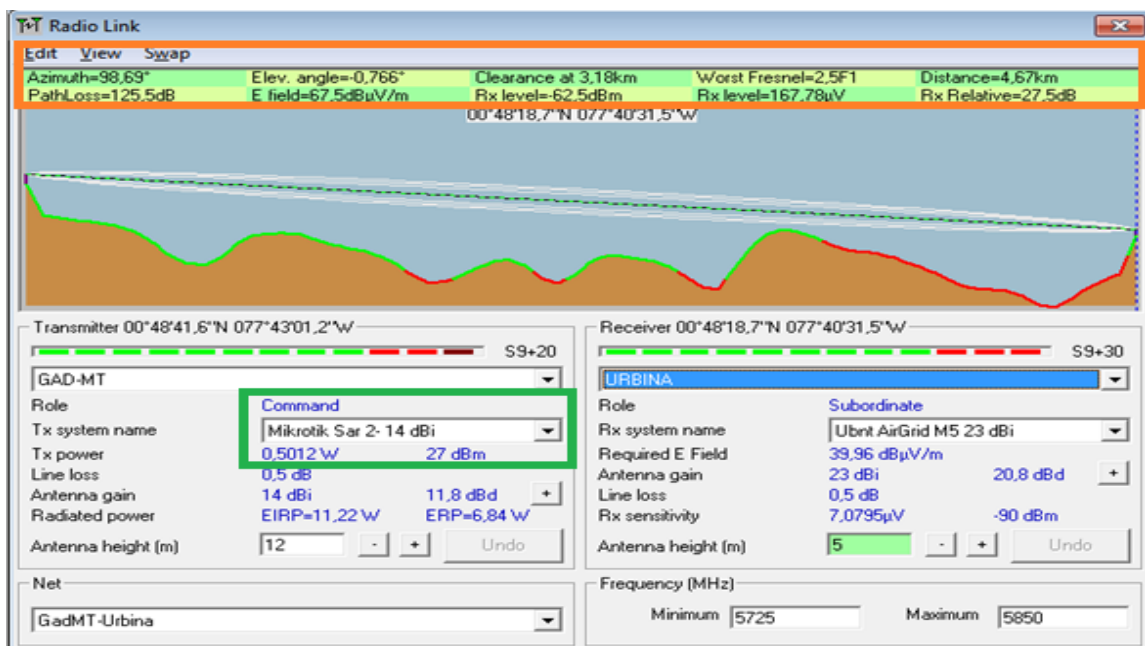


6. En la pestaña Membership se realiza la selección de estaciones a comunicar, para esto la estación principal debe de estar apuntando al nodo subordinado y viceversa. Además se debe de elegir los equipos seleccionados con los que se va a trabajar, el esquema presenta el proceso a seguir.



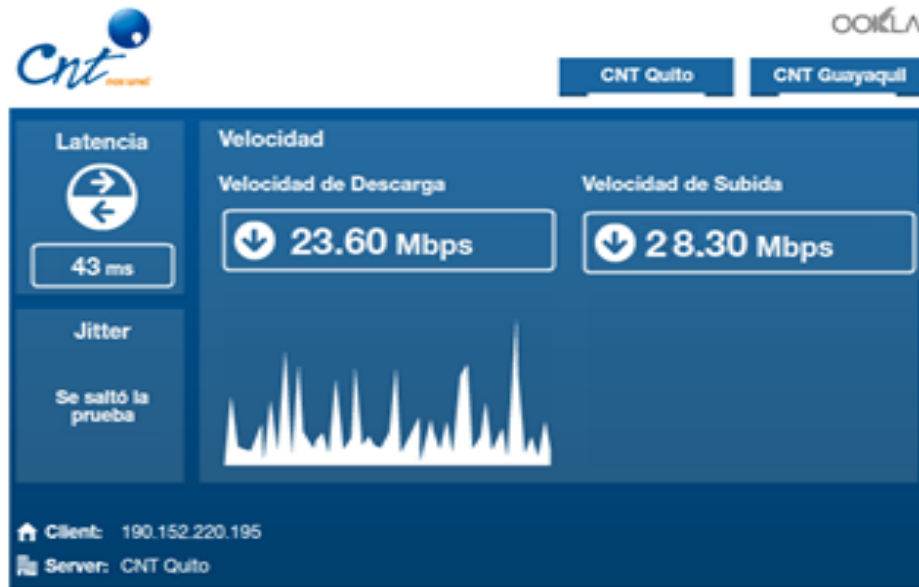


7. Una vez configurados todos los parámetros guardamos la configuración presionando en el botón OK, y nos dirigimos a visualizar las características del radioenlace, el cual nos indica los parámetros de establecimiento del enlace, además de la cobertura que existe.

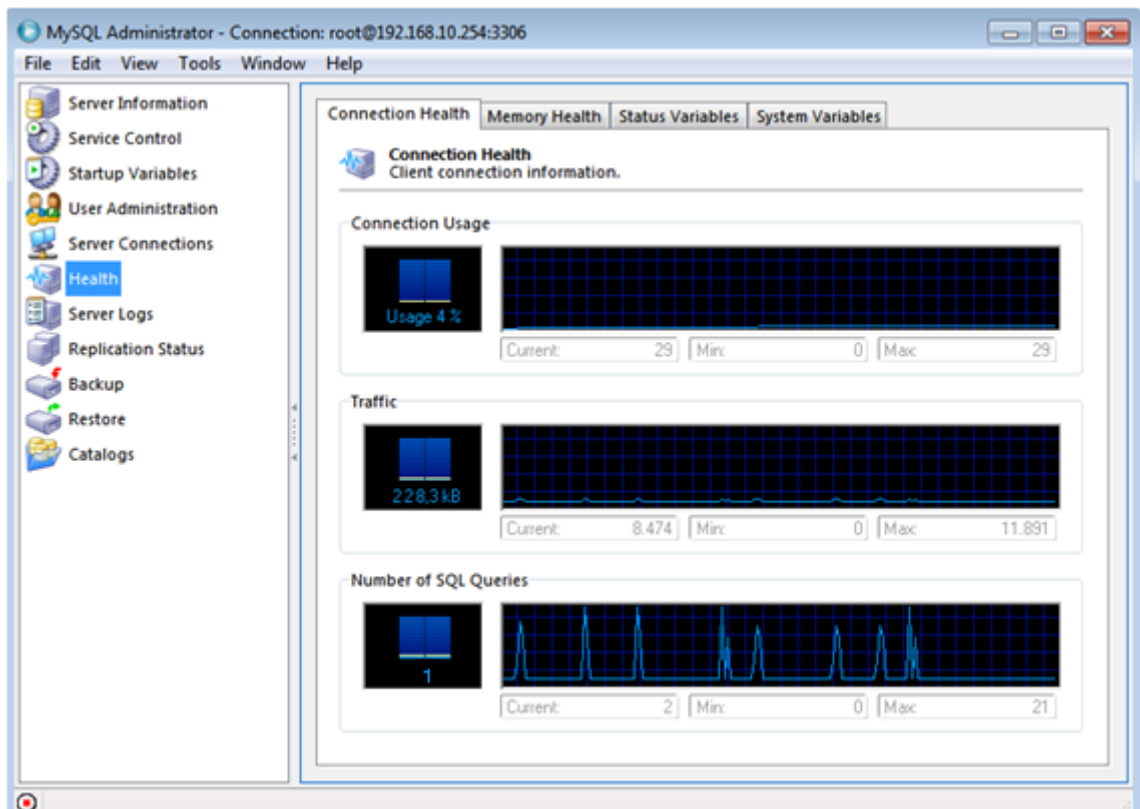


## ANEXO 4- ANCHO DE BANDA GAD-MT

Medida de velocidad GAD-MT



Tráfico de consultas a la base de datos.



## ANEXO5-PROFORMAS DE PROPUESTAS OERTANTES



Nº de Proforma

AT 00186

## PROFORMA

<b>Cliente</b>		GAD-MT		<b>Varios</b>			
Nombre:	GAD-MT			Fecha	15/05/2015		
Dirección:	Tulcán			RUC	XXXXXXXXXX		
Provincia:	Carchi	Cantón Tulcán		Representante			
Teléfono:				1003329818			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>			<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>		
	<b>Costo equipos</b>						
4	Mikrotik SXTG-5HPnD-SAR2			140,00	\$ 560,00		
8	Mikrotik RB 750 UP			95,00	\$ 760,00		
3	AirGrid M5 27 dBi			85,00	\$ 255,00		
2	AirGrid M5 23 dBi			78,00	\$ 156,00		
2	NanoStation loco M5 13 dBi			72,00	\$ 144,00		
6	Rack Beaucoup 6UR			70,00	\$ 420,00		
1	Caja Hermética			180,00	\$ 180,00		
1	Conectores rj 45 cat 5e Qpcom			20,00	\$ 20,00		
1	Caja de cable UTP (305m) cat 5e Qpcom			165,00	\$ 165,00		
40	Canaletas 20x12mm			3,50	\$ 140,00		
6	Faceplate 2 Rj45			10	\$ 60,00		
16	Etiquetado			20,00	\$ 320,00		
	<b>Costos de Infraestructura</b>			0,00	\$ 0,00		
1	Torre venteada triangular de 30x30 20 metros de altura			1350,00	\$ 1.350,00		
5	Mástiles 5 metros 3"			60,00	\$ 300,00		
1	Cable tensor 3mm rollo 100 m			240,00	\$ 240,00		
2	Cable tensor 6mm rollo 100 m			520,00	\$ 1.040,00		
42	Tensores Din 1480 6mm			1,40	\$ 58,80		
14	Electrodos cobre 1,80 m			14,00	\$ 196,00		
6	Barras TGB 5x25mm			35,00	\$ 210,00		
6	Barras TMGB 5x25mm			38,00	\$ 228,00		
290	Cable TBB 6 AWG			1,90	\$ 551,00		
7	Pararrayos tipo franklin 3 puntas			180,00	\$ 1.260,00		
2	Postes de luz de fibra 12 metros			200,00	\$ 400,00		
42	Bentonita 25 kg			50,00	\$ 2.100,00		
1	Material para instalación de mástiles			280,00	\$ 280,00		
4	Personal para instalación de mástiles y torre			80,00	\$ 320,00		
14	Instalación pararrayos y puesta a tierra			80,00	\$ 1.120,00		
1	Instalación suministro eléctrico			150,00	\$ 150,00		
6	UPS Tripp lite 1500 VA			295,00	\$ 1.770,00		
1	UPS Tripp lite 350 VA			85,00	\$ 85,00		
					\$ 0,00		
<b>Condiciones del Negocio</b>				<b>Subtotal</b>	<b>\$ 14.838,80</b>		
Pago:	60% Aceptación de Proforma, 40% contra entrega y recepción						
Garantía:	1 año en Equipos			<b>IVA 12%</b>	<b>\$1.780,66</b>		
Observación:	<b>Validez de la proforma 8 días</b>						
Tiempo de entrega:	5 días laborables a partir de la firma del contrato			<b>Total</b>	<b>\$16.619,46</b>		
				<b>AUTORIZACIÓN CLIENTE</b>			
Representante:	Geovanny Almeida			Firma:	_____		
Cargo:	Gerente General			Nombre:	_____		
				Cargo:	_____		



**INSTALACIÓN, VENTA, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN  
DE EQUIPOS INFORMÁTICOS Y REDES DE  
COMUNICACIÓN.**

Dir. José M. Leoro 4-08 y Atahualpa Telf.: 0980479344-  
2610556

**PROFORMA**

**CLIENTE:** GAD-MT  
**DIRECCION:** TULCAN  
**TELEFONOS:**

**RUC:**  
**FECHAEMISION:** 15/05/2015  
0

CANTIDAD	PRODUCTO	PV UNIT	PV TOTAL
4	Mikrotik SXTG-5HPnD-SAR2	138,72	554,88
8	Mikrotik RB 750 UP	105,67	845,36
3	AirGrid M5 27 dBi	87,23	261,69
2	AirGrid M5 23 dBi	82,56	165,12
2	NanoStation loco M5 13 dBi	72,9	145,8
6	Rack Beaucoup 6UR	86	516
3	Gabinete metálico	208,25	624,75
1	Conectores rj 45 cat 5e Qpcom	22	22
1	Caja de cable UTP (305m) cat 5e Nexxt	145	145
40	Canaletas Dexson 20x12mm	3,65	146
6	Faceplate Veto rj45	11,9	71,4
16	Etiquetado	18	288
1	Torre triangular de 30x30/20m	1420	1420
5	Mástiles 5 metros 3"	65	325
1	Cable tensor 3mm rollo 100 m	245	245
2	Cable tensor 6mm rollo 100 m	518	1036
42	Tensores Din 1480 6mm	1,32	55,44
14	Electrodos cobre 1,80 m	12,9	180,6
6	Barras TGB 5x25mm	39,65	237,9
6	Barras TMGB 5x25mm	39,65	237,9
290	Cable TBB 4 AWG	1,89	548,1
7	Pararrayos tipo fránklin 3 puntas	253,78	1776,46
2	Postes de luz de fibra 12 metros	225	450
42	Bentonita 25 kg	48	2016
1	Material para instalación de mástiles	282	282
4	Personal para instalación de mástiles y	80	320
14	Instalación pararrayos y puesta a tierra	80	1120
1	Instalación suministro eléctrico	130	130
6	UPS Tripp lite 1500 VA	356,78	2140,68
1	UPS Tripp lite 350 VA	125	125
	subtotal		16432,08
	IVA 12%		1971,8496
	<b>TOTAL</b>		<b>18403,9296</b>



Entrega: 5 días a partir de firma de contrato  
1 año de garantía en los equipos  
Condiciones de negocio: 60% en inicio de aceptación, 40% entregado.  
Proforma válida por 8 días laborables

## ANEXO 6- GANANCIA DE ANTENAS PARA EXTERIORES

Tipos de antenas para exteriores según el fabricante ubiquiti

Modelos	Frecuencia	Potencia	Tx Rate	Antena Integrada	
				Ganancia	Ángulo de Haz
Loco M5	5 GHz	23 dBm	150 Mbps	14 dBi	45 grados
NSM2	2.4 GHz	28 dBm	150 Mbps	11 dBi	55 grados
NSM5	5 GHz	27 dBm	150 Mbps	16 dBi	43 grados

Modelos	Frecuencia	Potencia	Tx Rate	Antena Integrada	
				Ganancia	Ángulo de Haz
AG-2G16	2.4 GHz	20 dBm	100 Mbps	16 dBi	10 grados aprox.
AG-2G20	2.4 GHz	20 dBm	100 Mbps	20 dBi	10 grados aprox.
AG-5G23	5 GHz	20 dBm	100 Mbps	23 dBi	20 grados aprox.
AG-5G27	5 GHz	20 dBm	100 Mbps	27 dBi	20 grados aprox.

Modelo	Frecuencia	Potencia	Antena Integrada	Sensibilidad
NB-2G 18	2.4 GHz	23 dBm	18 dBi/ 20° V/H	(-) 94 dBm
NB-5G 22	5 GHz		22 dBi/ 15° V/H	(-) 96 dBm
NB-5G 25			25 dBi/ 12° V/H	

Atenuación de cable UTP CAT 5E por cada 100 metros

Frecuencia, MHz	RL	Atenuación, dB	NEXT, dB	PSNEXT, dB	ELFEXT, dB	PSELFEXT, dB
0,772	-	1,8	67,0	64,0	-	-
1,0	20,0	2,0	65,3	62,3	63,8	60,8
4,0	23,0	4,0	56,3	53,3	51,7	48,7
8,0	24,5	5,8	51,8	48,8	45,7	42,7
10,0	25,0	6,5	50,3	47,3	43,8	40,8
16,0	25,0	8,2	47,3	44,3	39,7	36,7
20,0	25,0	9,3	45,8	42,8	37,7	34,7
25,0	24,3	10,4	44,3	41,3	35,8	32,8
31,25	23,6	11,7	42,9	39,9	33,9	30,9
62,5	21,5	17,0	38,4	35,4	27,8	24,8
100,0	20,1	22,0	35,3	32,3	23,8	20,8

Resistencia máxima del conductor en temperatura de 20°C 9,38 Ohms/100m

Desequilibrio de la resistencia 5%

Capacidad de desequilibrio del par con relación a tierra 330 pF/100m

Resistencia en frecuencia de 0,772-100 MHz 85-115 Ohms

Capacidad de operación máxima 5,6 nF/m

Prueba por chispa 2,5 kV

## **ANEXO 7-ESTANDARES TIA/EIA 568 B, TIA/EIA 569**

### **ESTANDAR TIA/EIA 568 B**

Norma de cableado estructurado de telecomunicaciones para edificios comerciales.

La norma se subdivide en tres documentos que constituyen normas separadas.

ANSI/TIA/EIA 568 B.1 2001

ANSI/TIA/EIA 568 B.2 2001

ANSI/TIA/EIA 568 B.3 2000

ANSI/TIA/EIA 568 B.1 2001

Esta norma constituye la base fundamental de las demás normas de cableado estructurado y establece las especificaciones para el diseño e instalación de un sistema de cableado genérico. Define los requisitos y recomendaciones en cuanto a su estructura, configuración, interfaces, instalación, parámetros de desempeño y verificación.

ANSI/TIA/EIA 568 B.2 2001

Esta norma especifica los requisitos mínimos para componentes reconocidos de par trenzado balanceado de 100, usado en cableados de telecomunicaciones; tales como cable, conectores hardware de conexión, cordones y jumpers.

ANSI/TIA/EIA 568 B.3 2000

Esta norma especifica los requisitos mínimos para componentes de fibra óptica usados en cableados de telecomunicaciones en edificios, tales como cable, conectores, hardware de conexión, cordones, jumpers y equipo de pruebas en campo.

### **ESTANDAR TIA/EIA 569**

La norma especifica los elementos, rutas y espacios para el diseño y construcción de edificios comerciales para el recorrido de telecomunicaciones.

Estandariza prácticas de diseño y construcción específicas

Rutas de cableado horizontal.

Rutas de cableado vertical.

Áreas de trabajo.

Cuarto de telecomunicaciones.

Cuarto de equipos

Entrada de servicios.

El estándar no cubre los aspectos de seguridad en el diseño del edificio.

### **Recorridos horizontales**

Implica infraestructura para instalación de cable de telecomunicaciones proveniente del armario y destinado a una toma de telecomunicaciones.

Consisten en recorridos internos dentro de un edificio y entre edificios.

Dan los medios para la colocación de cables backbone a partir de:

La sala de acceso para armarios de telecomunicaciones.

Está compuesto de conducto eléctrico, manga de conexión, aberturas y bandejas.

### **Recorridos entre edificios**

Están compuestos de recorridos de cables subterráneos, enterrados, aéreos o en tuneles.

### **Tomas de telecomunicaciones**

Localización del punto de conexión entre el cable horizontal y los dispositivos de conexión del cable en el área de trabajo.

### **Armario de telecomunicaciones**

Dedicado exclusivamente a la infraestructura de las telecomunicaciones.

Equipo o instalaciones extraños a las telecomunicaciones no se deben instalar en estos armarios, ni pasar a través ni entrar en los mismos.

Mínimo un armario por piso.

### **Sala de equipos**

Espacio destinado para equipos de telecomunicaciones.

Acomoda solamente equipos directamente relacionados con el sistema de telecomunicaciones y los sistemas de apoyo ambiental correspondiente.

Determinación del tamaño.

Deberá tener un área mínima de 14m<sup>2</sup>.

### **Separación con relación a fuentes de energía y electromagnética**

La instalación conjunta de cables de telecomunicaciones y cables de energía está gobernada por la norma de seguridad eléctrica aplicable.

Los requisitos mínimos para separación entre circuitos de alimentación 120/240V y cables de telecomunicación están dados por el artículo 800-52 de la ANSI/NFPA70.

### **Estándar 607**

Esta norma especifica criterios de diseño e instalación de tierras y el sistema de aterramiento para los sistemas de telecomunicaciones de edificios comerciales, estableciendo algunos componentes de conexión.

#### **TMGB (Barra principal de tierra para telecomunicaciones)**

Los aterramientos para los sistemas de telecomunicaciones parten del aterramiento principal del edificio (aterramiento eléctrico, jabalinas). Desde este punto, se debe tender un conductor de tierra para telecomunicaciones hasta la barra principal de tierra de telecomunicaciones TMGB.

Este conductor de tierra debe estar forrado, preferentemente de color verde, y debe tener una sección mínima de 6 AWG, y debe estar identificado mediante etiquetas adecuadas.

La TMGB es el punto central de tierra para los sistemas de telecomunicaciones. Se ubica en las instalaciones de entrada o en la sala de equipos. Típicamente hay un TMGB por edificio y debe ser ubicada de manera de minimizar la distancia del conductor de tierra hasta el punto de aterramiento principal del edificio.

La TMGB debe ser una barra de cobre con perforaciones roscadas según el estándar nema, debe tener como mínimo 6 mm de espesor, 100 mm de ancho y largo adecuado para la cantidad de perforaciones roscadas necesarias para alojar a todos los cables que lleguen desde las otras barras de tierra de telecomunicaciones. Debe considerarse perforaciones para los cables necesarios en el momento del diseño y para futuros crecimientos.

#### **TGB (Barras de tierra para telecomunicaciones)**

En la sala de equipos y en la sala de telecomunicaciones debe ubicarse una barra de tierra para telecomunicaciones TGB. Esta barra de tierra es el punto central de conexión para las tierras de los equipos de telecomunicación ubicadas en la sala de equipos o salas de comunicaciones.

La TGB debe ser una barra de cobre con perforaciones roscadas según el estándar nema. Debe tener 6mm de espesor y 50 mm de ancho y largo adecuado para la cantidad de perforaciones roscadas necesarias para alojar a todos los cables que lleguen desde los equipos de telecomunicaciones cercanos y al cable de interconexión con el TMGB. Debe



considerarse perforaciones para los cables necesarios en el momento del diseño y para futuros crecimientos.

#### TBB (Backbone de tierras)

Entre la barra principal de tierra TMGB y cada una de las barras de tierra para telecomunicaciones TGB debe tenderse un conductor de tierra llamado TBB.

El TBB es un conductor aislado, conectado en un extremo al TMGB y en el otro al TGB, instalado dentro de las canalizaciones de telecomunicaciones, el diámetro mínimo de este cable es de 6 AWG y no puede tener empalmes en ningún punto de su recorrido. En el diseño de las canalizaciones se sugiere minimizar las distancias del TBB.

## ANEXO 8- FOTOGRAFIAS GAD-MT

