

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA**

**FACULTAD DE INGENIERIA PRODUCCIÓN Y SERVICIOS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**TESIS**

**DISEÑO DE UNA RED INFORMÁTICA INALÁMBRICA WISP DE BANDA ANCHA  
PARA EL DISTRITO DE ACOPIA DE LA PROVINCIA DE ACOMAYO, CUSCO,  
PERÚ**

Tesis presentada por el Bachiller:

Quispe Ccasa Rufo

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Electrónico

Asesor:

Mg. Juan Guillermo Borja Murillo

**Arequipa – Perú**

**2022**

## **Dedicatoria**

*A mis queridos padres Francisco Quispe y Tadea Ccasa por la motivación, sus consejos en todo momento y su apoyo incondicional durante todos los años para el cumplimiento de mis metas, que significan un orgullo para mí.*

*A mis hermanos y hermanas por brindarme su cariño, aliento y apoyo incondicional para lograr culminar esta carrera profesional.*

## **Agradecimientos**

Agradezco de forma especial a mi asesor de tesis Mg. Juan Guillermo Borja Murillo, por haberme guiado en base a su sabiduría y experiencia para culminar satisfactoriamente la tesis.

Agradezco a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica, por el esfuerzo, entrega y compromiso que han contribuido de manera excepcional en mi formación académica.

## Resumen

El presente proyecto consiste en analizar y diseñar un sistema de red inalámbrica para tener acceso de internet banda ancha en el Distrito de Acopia de la Provincia de Acomayo - Cusco ya que en la zona se observa que no existe ninguna empresa operadora que brinde el servicio de internet.

Una red WISP o proveedor de servicio de internet inalámbrico no necesita un cableado en una zona para prestar servicio, lo que convierte en una buena solución para zonas rurales o aisladas.

Se identificará las restricciones y los requisitos del proyecto, así como la zona geográfica, información sobre las políticas del uso de red inalámbrica, protocolos de comunicación, estándares de seguridad, tipos de antenas y tipos de enlaces.

Luego para la ubicación de las antenas en los puntos estratégicos ya sea para la estación base o las repetidoras se utilizará herramienta de simulación Radio Mobile y para trabajar con frecuencias libres de 2.4GHz y 5.8GHz se eligió equipos de la línea AIRMAX (M5 y AC) de la marca Ubiquiti. También se realizará un sistema para controlar el ancho de banda de los clientes para no saturar la red de internet.

Además, se hará un estudio de rentabilidad, demostrando la factibilidad del proyecto. Con este análisis de diseño se pretende que algún proveedor de servicio de internet pueda implementar en un futuro.

## Índice general

Capítulo 1 Planteamiento del Problema .....	1
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	1
1.2 Delimitación y Definición del Problema.....	2
1.2.1 Delimitaciones .....	2
1.2.1.1 Delimitación Espacial. ....	2
1.2.1.2 Delimitación Temporal .....	4
1.2.1.3 Delimitación Técnica .....	4
1.2.2 Definición del Problema .....	5
1.3 Formulación del Problema .....	5
1.4 Objetivo de la Investigación.....	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
1.5 Hipótesis de la Investigación.....	7
1.6 Variables e Indicadores .....	7
1.6.1 Variables Independientes .....	7
1.6.2 Variables Dependientes .....	7
1.7 Viabilidad de la Investigación.....	8
1.7.1 Viabilidad Técnica .....	8
1.7.2 Viabilidad Operativa.....	8
1.7.3 Viabilidad Económica.....	8
1.8 Justificación e importancia.....	8
1.8.1 Justificación .....	8
1.8.2 Importancia .....	9
1.9 Limitaciones de la Investigación.....	9
1.10 Tipo y Nivel de la Investigación .....	9
1.10.1 Tipo de Investigación.....	9
1.10.2 Nivel de Investigación .....	9
1.11 Método y Diseño de la Investigación.....	10
1.11.1 Método de la Investigación.....	10
1.11.2 Diseño de la Investigación .....	10

1.12	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información .....	10
1.12.1	Técnicas .....	10
1.12.2	Instrumentos.....	10
1.13	Cobertura de Estudio.....	10
1.13.1	Universo.....	10
1.13.2	Muestra .....	11
Capítulo II Marco Teórico .....		12
2.1	Antecedentes .....	12
2.1.1	Antecedentes Nacionales .....	12
2.1.2	Antecedentes Internacionales.....	14
2.2	Bases Teóricas.....	15
2.2.1	Línea de Transmisión.....	15
2.2.1.1	Medio de Transmisión Guiados. ....	16
2.2.1.2	Medio de Transmisión Inalámbrico. ....	23
2.2.2	Espectro Electromagnético .....	26
2.2.3	Fenómenos en la Propagación de Ondas .....	28
2.2.3.1	Difracción.....	28
2.2.3.2	Reflexión.....	28
2.2.3.3	Refracción. ....	29
2.2.3.4	Absorción y Dispersión.....	31
2.2.4	Perturbaciones en la Transmisión .....	31
2.2.4.1	La Atenuación.....	31
2.2.4.2	Distorsión de Retardo.....	32
2.2.4.3	Ruido.....	32
2.2.5	Red Inalámbrica.....	34
2.2.5.1	Clasificación de Redes Inalámbricas.....	35
2.2.6	Estándares de la Tecnología WLAN.....	37
2.2.6.1	IEEE 802.11a. ....	37
2.2.6.2	IEEE 802.11b.....	38
2.2.6.3	IEEE 802.11g.....	38
2.2.6.4	IEEE 802.11n.....	38

2.2.6.5	IEEE 802.11ac.....	39
2.2.7	Protocolos de Seguridad Inalámbrica .....	40
2.2.7.1	Privacidad Equivalente al Cableado (WEP).....	40
2.2.7.2	Acceso Protegido Wi-Fi (WPA). .....	40
2.2.7.3	Acceso Protegido Wi -Fi versión 2 (WPA2).....	40
2.2.8	Topología de Conexión en Enlace Inalámbrico.....	41
2.2.8.1	Enlace Punto a Punto.....	41
2.2.8.2	Enlace Punto Multipunto.....	41
2.2.9	Radio Mobile .....	41
2.2.10	Frecuencias Libres .....	42
2.2.10.1	Frecuencia de 2.4 GHz .....	42
2.2.10.2	Frecuencia de 5.8 GHz .....	42
Capitulo III Marco Metodológico.....		44
3.1	Radio Enlaces.....	44
3.1.1	Elementos de un Radio Enlaces.....	44
3.1.1.1	Lado de Transmisión.....	44
3.1.1.2	Lado de propagación. ....	45
3.1.1.3	Lado receptor.....	45
3.1.2	Unidades usadas en Radio Enlaces.....	46
3.1.2.1	Unidades Lineales de Medición. ....	46
3.1.2.2	Unidades Logarítmicas de Medición.....	47
3.2	Cálculo de Visibilidad.....	48
3.2.1	Relación de Altura Entre Antenas.....	49
3.2.2	Longitud de Onda .....	49
3.2.3	Radio de Fresnel .....	49
3.2.4	La claridad .....	49
3.2.5	Margen de la claridad.....	49
3.2.6	Perdidas en el Espacio Libre.....	50
3.2.7	Alcance Óptico del Radioenlace.....	50
3.2.8	Atenuación por Onda Reflejada.....	50
3.2.9	Punto de Reflexión de la Onda .....	50

Capítulo IV Resultados y Análisis.....	51
4.1 Diseño de la Estructura WISP.....	51
4.2 Dimensionamiento de los Equipos.....	52
4.2.1 Antena Direccional RD-5G30-LW.....	52
4.2.2 Radio Rocket AC Lite.....	55
4.2.3 Antena Sectorial AM-5G19-120.....	57
4.2.4 Radio Rocket M5.....	61
4.2.5 Litebeam m5 o 5AC.....	63
4.2.6 RB2011UiAS-RM.....	65
4.2.7 Switch TL-SG1008P.....	67
4.2.8 UPS RT-602LCD.....	69
4.3 Torre de Comunicación y Sistema de Protección Contra Descargas Atmosférica.....	71
4.3.1 Torre de Comunicación.....	71
4.3.2 Pararrayos.....	73
4.3.3 Pozo a Tierra.....	74
4.4 Simulación de Enlaces.....	74
4.4.1 Propiedades del Mapa.....	74
4.4.2 Propiedades de las Unidades.....	77
4.4.2.1 Propiedades de Unidad Para Estación Acopia.....	78
4.4.2.2 Propiedades de Unidad Para Estación Santo Domingo.....	79
4.4.3 Propiedades de la Red.....	83
4.4.3.1 Parámetros.....	83
4.4.3.2 Topología.....	85
4.4.3.3 Miembros o Definición de Estaciones.....	86
4.4.3.4 Definición de Sistemas.....	87
4.4.3.5 Estilo de Cálculo.....	89
4.4.4 Resultados de Enlace de Radios.....	91
4.4.4.1 Enlace de Radio BackHaul.....	91
4.4.4.2 Enlace Estación Acopia a Usuario A01.....	93
4.4.4.3 Enlace Estación Acopia a Usuario A02.....	95
4.4.4.4 Enlace Estación Acopia a Usuario A03.....	96



4.4.4.5	Enlace Estación Santo Domingo a Usuario SD01. ....	97
4.4.4.6	Enlace Estación Santo Domingo a Usuario SD02. ....	98
4.4.4.7	Enlace Estación Santo Domingo a Usuario SD03. ....	100
4.5	Cálculo de Ancho de Banda para WISP.....	101
4.6	Control de Velocidad de Internet .....	102
4.7	Estudio y Evaluación Económica.....	111
4.7.1	Costo de Inversión Inicial .....	111
4.7.1.1	Costo de Equipos de Comunicación.....	111
4.7.1.2	Costo de Materiales para Torre Ventada. ....	113
4.7.1.3	Costo de Materiales para Pararrayo. ....	114
4.7.1.4	Costo de Materiales para Pozo a Tierra. ....	116
4.7.1.5	Costo de Materiales para Oficina. ....	117
4.7.2	Tarifa e Ingresos .....	118
4.7.2.1	Tarifa. ....	118
4.7.2.2	Ingresos. ....	118
4.7.3	Costos Totales.....	119
4.7.3.1	Costos Fijos .....	119
4.7.3.2	Costos Variables.....	121
4.7.4	Evaluación económica del proyecto. ....	124
4.7.4.1	Flujo Neto Efectivo. ....	124
4.7.4.2	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR).....	125
4.7.4.3	Valor Presente Neto (VPN).....	126
4.7.4.4	Tasa Interna de Retorno (TIR). ....	126
4.7.4.5	Periodo de Recuperación (PRI).....	127
Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones .....		130
5.1	Conclusiones .....	130
5.2	Recomendaciones.....	132
Bibliografía .....		133

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Geografía del distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo.....	2
<b>Figura 2:</b> Área de cobertura de internet.....	3
<b>Figura 3:</b> Ubicación del nodo Fibra Óptica – Acopia.....	4
<b>Figura 4:</b> Elementos fundamentales de un sistema de comunicación.....	15
<b>Figura 5:</b> Par trenzado.....	16
<b>Figura 6:</b> Estándar T568A y T568B.....	18
<b>Figura 7:</b> Conexionado directo T568A.....	19
Figura 8: Conexionado cruzado T568A y T568B.....	20
<b>Figura 9:</b> Partes del cable coaxial.....	21
<b>Figura 10:</b> Partes de fibra óptica.....	22
Figura 11: Modos de transmisión en la fibra óptica.....	23
<b>Figura 12:</b> Partes de un patrón de radiación.....	24
<b>Figura 13:</b> Patrón de radiación en forma polar.....	25
<b>Figura 14:</b> Patrón de radiación de las antenas.....	26
<b>Figura 15:</b> Espectro electromagnético de frecuencias.....	27
<b>Figura 16:</b> Designaciones de banda CCIR.....	27
<b>Figura 17:</b> Difracción en un vano.....	28
<b>Figura 18:</b> Reflexión en un vano.....	29
<b>Figura 19:</b> Onda refractada. Aumento de la visibilidad radioeléctrica.....	29
<b>Figura 20:</b> Onda refractada. Disminución de la visibilidad radioeléctrica.....	30
<b>Figura 21:</b> Propagación por trayectorias múltiples.....	30
<b>Figura 22:</b> Efecto del ruido en una señal digital.....	34
<b>Figura 23:</b> Diagrama de una red WiMax.....	36
<b>Figura 24:</b> Redes de telefonía móvil y de satélite - WWAN.....	37
<b>Figura 25:</b> Elementos de radio enlaces.....	44
<b>Figura 26:</b> Cálculo de visibilidad de radio enlace.....	48
<b>Figura 27:</b> Estructura WISP.....	51
<b>Figura 28:</b> Características de las antenas para BackHaul o troncal.....	52
<b>Figura 29:</b> BackHaul o troncal WISP.....	53
<b>Figura 30:</b> Antena direccional RD-5G30 LW.....	53
<b>Figura 31:</b> Polarización de la antena RD-5G30 LW.....	55
<b>Figura 32:</b> Radio Rocket AC lite.....	56
<b>Figura 33:</b> Especificaciones de potencia del radio R5AC-lite.....	57
<b>Figura 34:</b> Antena sectorial AM-5G19-120.....	57
<b>Figura 35:</b> Punto a Multipunto WISP.....	58
Figura 36: Características de las antenas para Punto a Multipunto.....	59
Figura 37: Azimut y elevación de la antena AM 5G19-120.....	60
<b>Figura 38:</b> Radio Rocket M5.....	61
<b>Figura 39:</b> Especificaciones de potencia del radio Rocket M5.....	62

<b>Figura 40:</b> Antena direccional Litebeam M5.....	63
<b>Figura 41:</b> Enlace última milla. ....	63
<b>Figura 42:</b> Especificaciones de potencia de la antena Litebeam M5.....	64
<b>Figura 43:</b> Azimut y elevación de la antena Litebeam M5.....	65
<b>Figura 44:</b> Routerboard RB2011UiAS-RM.....	66
<b>Figura 45:</b> Switch TL-SG1008P.....	68
<b>Figura 46:</b> UPS RT-602LCD.....	69
<b>Figura 47:</b> Partes de una torre ventada. ....	72
<b>Figura 48:</b> Torre de comunicación y sistema de pararrayo. ....	73
<b>Figura 49:</b> Coordenadas geográficas del mapa de trabajo - Radio Mobile. ....	76
<b>Figura 50:</b> Tamaño del mapa de trabajo - Radio Mobile.....	76
<b>Figura 51:</b> Generación del mapa de trabajo - Radio Mobile. ....	77
<b>Figura 52:</b> Ubicación de la unidad Nodo Base Acopia. ....	78
<b>Figura 53:</b> Configuración de propiedades de la unidad Nodo Base Acopia - Radio Mobile. ....	79
<b>Figura 54:</b> Asignación de icono para Nodo Base Acopia - Radio Mobile. ....	79
<b>Figura 55:</b> Ubicación de la unidad Nodo 1 Santo Domingo.....	80
<b>Figura 56:</b> Configuración de propiedades de la unidad Nodo 1 Santo Domingo - Radio Mobile. .....	80
<b>Figura 57:</b> Asignación de icono para Nodo 1 Santo Domingo - Radio Mobile. ....	81
<b>Figura 58:</b> Generación de las estaciones Nodo Base Acopia y Nodo 1 Sto. Domingo - Radio Mobile.....	81
<b>Figura 59:</b> Generación de las estaciones Nodo Base Acopia y Nodo 1 Sto. Domingo - Google Earth.....	82
<b>Figura 60:</b> Generación de estaciones y CPE - Radio Mobile. ....	82
<b>Figura 61:</b> Parámetros del BackHaul - Radio Mobile. ....	84
<b>Figura 62:</b> Topología del BackHaul - Radio Mobile.....	85
<b>Figura 63:</b> Rol de las unidades - Radio Mobile. ....	87
<b>Figura 64:</b> Asignación de parámetros de los equipos de comunicación - Radio Mobile. ....	89
<b>Figura 65:</b> Gestión del estilo de cálculo - Radio Mobile.....	90
<b>Figura 66:</b> Resultado del enlace de radio BackHaul - Radio Mobile.....	91
<b>Figura 67:</b> Resultado del enlace estación Acopia a Usuario A01.....	93
<b>Figura 68:</b> Resultado del enlace estación Acopia a Usuario A02.....	95
<b>Figura 69:</b> Resultado del enlace estación Acopia a Usuario A03.....	96
<b>Figura 70:</b> Resultado del enlace estación Santo Domingo a Usuario SD01.....	97
<b>Figura 71:</b> Resultado del enlace estación Santo Domingo a Usuario SD02.....	98
<b>Figura 72:</b> Resultado del enlace estación Santo Domingo a Usuario SD03.....	100
<b>Figura 73:</b> Reset a Routerboard Mikrotik.....	103
<b>Figura 74:</b> Asignación de IP a puerto WAN - Routerboard. ....	104
<b>Figura 75:</b> Asignación de IP para puerto LAN 1 - Routerboard. ....	105
<b>Figura 76:</b> Asignación de IP para puerto LAN 2 - Routerboard. ....	106

<b>Figura 77:</b> Enmascarado de la red LAN - Routerboard.....	107
<b>Figura 78:</b> Activación de "masquerade" - Routerboard.....	107
<b>Figura 79:</b> Asignación de IP del router de ISP en Routerboard. ....	108
<b>Figura 80:</b> Creación de QUEUE PARENT. ....	109
<b>Figura 81:</b> Simple QUEUE "Advance". ....	109
<b>Figura 82:</b> Asignación de miembro al Parent. ....	110
<b>Figura 83:</b> Resultado QUEUES.....	111

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Ubicación de nodo fibra óptica - Acopia.....	3
<b>Tabla 2:</b> Características del tipo de cable par trenzado. ....	17
<b>Tabla 3:</b> Clasificación de redes inalámbricas. ....	37
<b>Tabla 4:</b> Estándares de la tecnología WLAN.....	39
<b>Tabla 5:</b> Unidades lineales de medición. ....	46
<b>Tabla 6:</b> Unidades logarítmicas de medición.....	47
<b>Tabla 7:</b> Características de la antena RD-5G30LW.....	54
<b>Tabla 8:</b> Características del radio Rocket AC lite.....	56
<b>Tabla 9:</b> Características de la antena AM 5G19-120.....	59
<b>Tabla 10:</b> Características del radio Rocket M5.....	61
<b>Tabla 11:</b> Características de las antenas M5 y 5AC .....	64
<b>Tabla 12:</b> Características de Routerboard RB2011UiAS-RM.....	66
<b>Tabla 13:</b> Características del switch TL-SG1008P.....	68
<b>Tabla 14:</b> Características del UPS RT-602LCD.....	69
<b>Tabla 15:</b> Coordenadas geográficas del mapa de trabajo en Radio Mobile.....	75
<b>Tabla 16:</b> Tamaño del mapa de trabajo.....	75
<b>Tabla 17:</b> Coordenadas geográficas de las estaciones .....	77
<b>Tabla 18:</b> Roles de las estaciones .....	86
<b>Tabla 19:</b> Altura de la antena en la torre Tx y Rx.....	87
<b>Tabla 20:</b> Cálculo de ancho de banda WISP.....	102
<b>Tabla 21:</b> Costo de equipos de comunicación para Acopia y Santo Domingo.....	111
<b>Tabla 22:</b> Costo de torres de comunicación para Acopia y Santo Domingo .....	113
<b>Tabla 23:</b> Costo de materiales para el sistema de pararrayo - Acopia y Santo Domingo.....	114
<b>Tabla 24:</b> Costo de materiales para pozo a tierra.....	116
<b>Tabla 25:</b> Costo de materiales de oficina.....	117
<b>Tabla 26:</b> Presupuesto de inversión inicial. ....	117
<b>Tabla 27:</b> Tarifa de proveedor de servicio de internet.....	118
<b>Tabla 28:</b> Ingreso del servicio de internet.....	118
<b>Tabla 29:</b> Costo de mantenimiento. ....	119
<b>Tabla 30:</b> Sueldo del personal.....	119
<b>Tabla 31:</b> Costo por el acceso a internet dedicado.....	119
<b>Tabla 32:</b> Depreciación.....	120
<b>Tabla 33:</b> Consumo de potencia en estación base.....	121
<b>Tabla 34:</b> Consumo de potencia en nodo 1.....	121
<b>Tabla 35:</b> Gasto mensual de energía eléctrica en las dos estaciones. ....	122
<b>Tabla 36:</b> Costos totales.....	123
<b>Tabla 37:</b> Flujo neto efectivo. ....	124
<b>Tabla 38:</b> Resumen - Costo de inversión inicial.....	127
<b>Tabla 39:</b> Resumen - Tarifa, ingresos y Costos Totales. ....	128

**Tabla 40:** Resumen - Evaluación económica..... 128

## Capítulo I Planteamiento del Problema

### 1.1 Descripción de la Realidad Problemática

El mundo de la tecnología avanza cada día, y en todos los aspectos de la vida el Internet es fundamental, ya que el desarrollo de internet influye en varias actividades diarias, cambiando la manera de trabajar incluso la comunicación social con otras personas, actividades bancarias y en la educación.

Debido a todas las ventajas que ofrece Internet, cada vez este mercado se hace más competitivo, y una de las características que los usuarios requieren es tener un servicio que ofrezca mayor ancho de banda.

En la provincia de Acomayo existen varios distritos y comunidades que no cuentan con el servicio de internet banda ancha entre ellos el distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo. En este distrito y comunidad existen instituciones públicas como colegios de primaria y secundaria, una posta médica y el mismo municipio del distrito, que declaran que al no contar con internet de banda ancha, es que se limitan en sus trabajos.

El acceso a internet puede mejorar la calidad de la educación de varias maneras. Acceso hacia una gran cantidad de información, conocimiento y recursos educativos, incrementa las oportunidades de aprendizaje dentro y fuera del aula.

Por otro lado, en el sector salud puede facilitar como el enviar informes al SIS, verificar SIS y verificar referencias del MINSA, entre otros.

Este proyecto tiene el propósito de proponer un diseño de red inalámbrica de banda ancha y a costo económico a los pobladores e instituciones públicas del distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo.

## 1.2 Delimitación y Definición del Problema

### 1.2.1 Delimitaciones

#### 1.2.1.1 Delimitación Espacial.

El proyecto se diseñará para el distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo de la provincia de Acomayo, departamento de Cusco.

Acopia es uno de los 7 distritos de la provincia de Acomayo ubicada en el departamento de Cusco, situado a 3713 msnm y con una población de 2650 habitantes.

Figura 1.1 Geografía

**Figura 1:** *Geografía del distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo.*



*Nota.* Fuente: (Google Earth, 2020)

Área de Cobertura de internet en el Distrito de Acopia y su Comunidad de Santo Domingo.



**Figura 2:** Área de cobertura de internet.



*Nota.* Fuente: (Google Earth, 2020)

Para el acceso de internet, en el distrito de Acopia existe un NODO de fibra óptica del proyecto FITEL (hoy PRONATEL) encargado por la contratista GILAT NETWORKS PERÚ S.A.

**Tabla 1:** Ubicación de nodo fibra óptica - Acopia

<b>Código de nodo</b>	<b>Nombre de nodo</b>	<b>Tipo de nodo FITEL</b>	<b>Latitud Pto cero de nodo</b>	<b>Longitud Pto cero de nodo</b>
CU-0007-A01	Acopia	Distrital	-14.058240	-71.491290

*Nota.* Fuente: Gilat Networks - FITEL 2020.

Figura 1.3 Ubicación Nodo Fibra Óptica - Acopia

**Figura 3:** *Ubicación del nodo Fibra Óptica – Acopia.*



*Nota.* Ubicación del nodo fibra óptica - FITELE en el distrito de Acopia, Fuente: Google Earth, 2020.

### 1.2.1.2 Delimitación Temporal

El diseño del proyecto se culminará en tiempo establecido según el cronograma permitido por la universidad.

### 1.2.1.3 Delimitación Técnica

En el diseño se considerará los siguientes equipos: antenas direccionales de 5 GHz, antenas sectoriales de 5GHz con sus respectivos radios entre otros.

Los factores climatológicos a tomar en cuenta son:

El vector de viento promedio por hora donde tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura 4.4 meses, del 11 de julio al 24 de noviembre, con velocidad promedio del viento de 9.9 Km/h. El tiempo más calmado del año dura

7.6 meses del 24 de noviembre al 11 de julio, con una velocidad promedio del viento de 7.3 Km/h. (Weather Spark, 2020).

La temporada de lluvia que dura 7.4 meses, del 16 de septiembre al 28 de abril. Y sin lluvia dura 4.6 meses, del 28 de abril al 16 de septiembre. (Weather Spark, 2020).

La energía solar de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado no varía considerablemente durante el año y permanece en un margen de más o menos 0.4KWh de 5.4KWh. (Weather Spark, 2020).

Del nodo fibra óptica existente en el distrito de Acopia se puede adquirir internet de alta velocidad. La empresa contratista Gilat Networks Perú informa que el WISP puede solicitar velocidades (Mbps) simétricas 1:1 dependiendo a la cantidad de usuarios. La cobertura será para todas las familias e instituciones públicas de la población.

### ***1.2.2 Definición del Problema***

Actualmente, en el distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo, no cuenta con el servicio de internet de banda ancha para que la población pueda acceder a informaciones actualizadas y comunicación social con otras personas.

El distrito de Acopia cuenta con 2650 habitantes, existe instituciones educativas como colegios de primaria: 50072-Acopia, 50096-Santo Domingo. Colegios de secundaria: Miguel Ángel Hurtado, Nuestra Señora de la Esperanza y Sagrado Corazón de Jesús. También Instituciones públicas como una comisaría, una posta médica, municipio y una parroquia.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cómo se lograría tener acceso a internet inalámbrico en el distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo?

## **1.4 Objetivo de la Investigación**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseño y simulación del servicio de acceso inalámbrico a internet para el distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo.

### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- Análisis de alternativas para llevar el servicio de Internet a la zona del estudio, (determinar proveedores del servicio o el inversor, patrocinador del proyecto).
- Delimitación del problema, análisis de la necesidad, definición de la velocidad de transmisión requerida por cada zona del proyecto.
- Definir la cobertura del acceso a internet y determinar la central de distribución, altura de torres.
- Diseñar y evaluar los enlaces e infraestructura para tener acceso a internet en las dos zonas desde la central de distribución
- Hacer un sistema donde se pueda controlar el ancho de banda de los clientes para no saturar la red de internet.
- Definir las especificaciones técnicas mínimas de los equipos y accesorios, suministro eléctrico, torres de comunicación, infraestructura (local de la central de distribución), sistemas de puesta a tierra, entre otros.
- Análisis económico del proyecto, presupuesto referencial de la implementación, forma de recuperación de la inversión, análisis costo beneficio, forma de financiamiento y desembolsos.

## 1.5 Hipótesis de la Investigación

La zona geográfica permite el diseño de un sistema de proveedor de servicios de internet inalámbrico en el distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo.

## 1.6 Variables e Indicadores

### 1.6.1 Variables Independientes

#### Red inalámbrica

- **Acceso**

Indicador: área de cobertura requerida.

- **Capacidad del canal de transmisión.**

Indicadores: la velocidad de transmisión de datos requerida por los usuarios y la frecuencia disponible para el servicio en estudio.

- **Infraestructura tecnológica.**

Indicadores: número de antenas, intensidad de potencia existentes.

- **Área geográfica.**

Indicador: temperatura, altitud y latitud

### 1.6.2 Variables Dependientes

#### Acceso a internet

- **Conexión.**

Indicador: calidad del servicio y nivel de potencia de la señal.

- **Beneficiados.**

Indicadores: los habitantes e instituciones públicas beneficiadas.

## **1.7 Viabilidad de la Investigación**

### **1.7.1 Viabilidad Técnica**

Es viable conseguir los programas de simulación y los equipos que serían utilizados en el diseño de la red inalámbrica.

### **1.7.2 Viabilidad Operativa**

Para el desarrollo del diseño se necesita:

- La Planificación de Radio Enlaces donde se puede simular en programas como: AirLink de Ubiquiti, Link Calc de LigoWave, Radio Mobile.
- Controlar el Ancho de Banda: TMeter, NetBalancer, BandWidth, Controller, Traffic Shaper y Wimbox de Mikrotik
- Sistema de verificación de cobertura fija y móvil de operadoras CLARO, MOVISTAR, BITEL Y ENTEL
- Sistema de información geográfica: GOOGLE EARTH

### **1.7.3 Viabilidad Económica**

Los fondos económicos para el desarrollo del diseño serán con inversión propia.

## **1.8 Justificación e importancia**

### **1.8.1 Justificación**

Se seleccionó el distrito de Acopia y la comunidad de Santo Domingo porque en estos lugares se encuentran instituciones públicas como colegios de primaria y secundaria, puesto de

salud de categoría I-2, comisaria y sobre todo no existe ninguna operadora que brinde servicios de internet.

Se optó hacer el diseño de red inalámbrica y no una red cableada debido a que en las zonas no cuentan con lo suficiente y apropiada infraestructura de postes de la empresa eléctrica.

### ***1.8.2 Importancia***

Aporta el diseño de proveedor de servicio de internet inalámbrico considerando la zona geográfica y características técnicas de los equipos de transmisión y recepción.

## **1.9 Limitaciones de la Investigación**

Se limita a aspectos de simulación, diseño de radio enlaces (la cantidad de antenas y el ancho de banda) y sin la implementación del servidor de red.

## **1.10 Tipo y Nivel de la Investigación**

### ***1.10.1 Tipo de Investigación***

La investigación es de tipo aplicada ya que los conocimientos previos aprendidos serán empleados en el diseño para dar solución al problema.

### ***1.10.2 Nivel de Investigación***

Cumple con las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, ya que se emplearán conocimientos de radio enlaces, línea de transmisión de antenas y un amplio conocimiento de simulaciones y configuraciones de la transmisión de señales.

## **1.11 Método y Diseño de la Investigación**

### ***1.11.1 Método de la Investigación***

Método analítico.

### ***1.11.2 Diseño de la Investigación***

Se eligió por el diseño de una investigación tipo experimental debido a la manipulación de variables independientes como la capacidad de datos, frecuencia, la potencia y su efecto sobre la variable dependiente como la calidad de señal.

## **1.12 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información**

### ***1.12.1 Técnicas***

Observación, análisis, medición.

### ***1.12.2 Instrumentos***

Una computadora con los programas instalados, acceso a internet, bibliografía de radio enlaces, transmisión de antenas y protocolos de comunicación.

## **1.13 Cobertura de Estudio**

### ***1.13.1 Universo***

Acceso a internet de banda ancha mediante la red inalámbrica



### ***1.13.2 Muestra***

Enlace entre antenas (redes punto a punto, punto a multipunto y modo cliente) control de ancho de banda, control de páginas y control de tarifa.

## Capítulo II Marco Teórico

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Antecedentes Nacionales

Monteza y Sandoval (2018) Diseño de Red de Banda Ancha Inalámbrica para mostrar la mejora de la cobertura con calidad de servicio al acceso de las redes y servicios de telecomunicaciones en los centros poblados del Distrito de Chota-Cajamarca [1].

En esta tesis se determinó la falta de cobertura de buena calidad de internet en los centros poblados del distrito de Chota, para lo cual se realiza un estudio de diseño de una red de banda ancha inalámbrica que demuestra que se puede mejorar el servicio de internet. Para esto en primer lugar fue necesario estimar la demanda en función de la cantidad de pobladores y con esa información se logró determinar que la arquitectura adecuada es mediante el sistema inalámbrico. Posteriormente para cada centro poblado del distrito de Chota se realiza el diseño de la red de alta velocidad asegurando cubrir la demanda. Finalmente demuestra que el diseño de la red banda ancha mediante el ancho de banda, codificación, tipo de modulación y diagramas de cobertura con los niveles de potencia recepcionada; el acceso a una velocidad de 2Mbps por usuarios.

Quispe (2017) Simulación de una Red Inalámbrica Estándar IEEE 802.16e con Linkplanner para dar Servicio de Internet en Distrito de Ácora [2].

El objetivo general es simular y diseñar una red inalámbrica con el estándar IEEE 802.16e para brindar el acceso a internet en Zona Lago del distrito de Ácora. Entonces para el desarrollo del diseño utiliza una población conformada por 7 municipios. Utilizando el método de investigación de un tipo aplicada, nivel descriptivo y exploratorio. Para el buen resultado del

diseño aplica cálculos matemáticos como: presupuesto de enlace, zona Fresnel, PIRE, desvanecimiento, pérdida en el espacio libre y las simulaciones con Radio Mobile, LINKPlanner y Google Earth. Una vez culminado el trabajo de investigación llega a la conclusión general que se logra los cálculos y simulaciones de radioenlaces punto multipunto y punto a punto con el uso de las características de los equipos de marca Cambium de accesos inalámbrico de banda ancha.

Rubio y Samillán (2018) Diseño de una red inalámbrica con acceso a internet para disminuir la brecha digital en el A.H. “Los Mangos” del distrito de Pimentel – 2016 [3].

Su objetivo principal es contribuir con el desarrollo de telecomunicaciones, de tal forma la población pueda acceder al internet sin necesidad de salir a buscar algún punto de acceso. En primer lugar, describe sobre la organización y ubicación de la zona a desarrollar el proyecto. Luego dimensiona las necesidades de la población, se definen la demanda y el alcance, describe las condiciones demográficas, geográficas y económicas de la población. Posteriormente realiza el diseño de la red en base a la oferta y la demanda, considerando los aspectos relacionados a la geografía. Finalmente llega a las conclusiones y recomendaciones donde menciona que la implementación de parte o todo dependerá de las autoridades pertinentes y para el diseño de la red inalámbrica usó equipos de la marca Ubiquiti por sus certificaciones, equipos eficaces y económicos

Avalos (2019) Red inalámbrica para intercomunicar sucursales de la empresa Concentrados de Proteínas S.A.C. – Chimbote[4]

El objetivo general es proponer un diseño de la red inalámbrica basada con enlace punto a punto para comunicar dos sucursales de la empresa Concentrados de Proteínas S.A.C. en la ciudad de Chimbote. Utiliza el tipo de investigación aplicativo y el diseño de investigación descriptiva no experimental. En cuanto a la metodología de desarrollo aplica el Top Down

Network Design, lo cual se divide en 4 fases: análisis de negocio, diseño lógico, diseño físico y la prueba. Finalmente, como resultado se logra el diseño de la red inalámbrica que busca mejorar los tiempos de interconexión.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Caisaguano (2018) Diseño y simulación de un WISP Wireles Internet Service Provider para la ciudad de Pedernales en Manabí Ecuador [5].

Como su objetivo principal es realizar el diseño y simulación de una red de proveedor de servicio de internet para la ciudad de Pedernales en la provincia de Manabí, Ecuador. Como uno de los objetivos específicos es reducir la brecha tecnológica y hacer que más personas tengan el acceso apropiado a internet. Para el diseño de la red inalámbrica considera el área de cobertura, equipos y nivel de señal para ofrecer un servicio que cumpla con los requerimientos de la Arcotel. También complementa el estudio del costo de la implementación del WISP.

Landeta (2018) DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED LAN Y WLAN PARA LA EMPRESA TESQUIMSA C.A [6].

Tiene como objetivo diseñar e implementar la red LAN y WLAN para optimizar los procesos de comunicación de la información de la empresa TESQUIMSA C.A. Inicialmente identifica los problemas existentes en su infraestructura tecnológica, requerimientos actuales de LAN Y WLAN para garantizar las funciones de manera apropiada. Luego realiza el levantamiento de información sobre la estructura tecnológica actual. El diseño a realizarse se ajusta al presupuesto destinado con instalación y configuración de los componentes de la red. Finalmente realiza varias pruebas con el fin de comprobar el buen funcionamiento del proyecto y asegurando el cumplimiento de los objetivos planificados.

Castillo (2018) Estudio y diseño de una red inalámbrica Wi-Fi para servicio de internet público gratuito en el Terminal Terrestre Green Center de la Ciudad de Esmeraldas [7].

Tiene como objetivo principal el estudio y diseño de una red inalámbrica WI-FI para el servicio de internet público en el terminal Green Center de la ciudad de Esmeraldas. Cuyo problema es la carencia de acceso a internet ya que la zona es con mayor concurrencia de personas de la ciudad. La tesis utiliza el método descriptivo, exploratorio con un enfoque cuantitativo. En el marco teórico abarca temas como: frecuencias de operación, estándares de la red inalámbrica, configuración de las redes inalámbricas y mecanismos de seguridad WI-FI. Mediante una encuesta se analizó la necesidad de implementar un sistema de red inalámbrico gratuito, en el diseño usa Acces Point con tecnología Bem Flex garantizando la demanda de usuarios y cobertura en toda la zona.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Línea de Transmisión

Nery (2013) Es un sistema de comunicación que permite la transmisión y recepción de información. Elementos fundamentales que integran de un sistema de comunicación son: fuente que genera mensaje, transmisor, canal de transmisión, receptor y punto de destino del mensaje [8].

**Figura 4:** Elementos fundamentales de un sistema de comunicación.



### 2.2.1.1 Medio de Transmisión Guiados.

Tomasi (2003) Donde la señal o información se transmite por un medio físico. Ejemplos de estos medios de transmisión guiados son la fibra óptica, cable coaxial y el par trenzado [9].

#### 2.2.1.1.1 Par Trenzado.

Tomasi (2003) Es el medio de transmisión guiado que consiste en varios pares de conductores trenzados entre sí. Se hace el trenzado para reducir las perturbaciones electromagnéticas entre pares (diafonía) y existen dos variantes de pares trenzados, uno es apantallado y otro es sin apantallado.

El cable par trenzado sin apantallado tiene un costo bajo y es fácil de manipular e instalar, pero una de las grandes desventajas es que puede ser afectado por las interferencias electromagnéticas como fuentes de ruido, temperatura, humedad, energía eléctrica y entre otras.

En cambio, el par trenzado apantallado es mucho mejor ya que este transmite altas velocidades, evita perturbaciones exteriores, pero es más costoso y poco complicado de manipular. Existen 3 tipos de par trenzado cable UTP, cable STP Y cable FTP. A continuación, en la siguiente tabla se muestra las grandes diferencias [8].

**Figura 5:** Par trenzado.



*Nota.* Fuente: Tomasi, 2003.

La especificación 568A de la EIA/TIA (Alianza de Industrias Electrónicas (EIA) y la asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA)) especifica las características del tipo de cable par trenzado que se usara en cada instalación de sistema de comunicación de datos.

**Tabla 2:** *Características del tipo de cable par trenzado.*

<b>Cat.</b>	<b>Norma</b>	<b>Ancho de banda</b>	<b>Velocidad de transmisión</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Tipo de cable</b>
					1
Cat. 1	No reconocido TIA/EIA	0.4MHz	-	Líneas telefónicas	grado de UTP
Cat. 2	No reconocido TIA/EIA	-	4 Mbps	Conexión de antiguos terminales como el IBM 3270	UTP
Cat. 3	TIA/EIA-568	16MHz	4 Mbps	ETHERNET	UTP
Cat. 4	No reconocido TIA/EIA	20MHz	16 Mbps		UTP
Cat. 5	No reconocido TIA/EIA	100MHz	100 Mbps	ETHERNET	UTP
Cat. 5E	TIA/EIA-568	100MHz	1 Gbps	ETHERNET	UTP
Cat. 6	TIA/EIA-568	250MHz	1 Gbps	ETHERNET	UTP
	TIA/EIA-568-B (2008)				
Cat. 6A	ANSI/TIA-568-C.1(2009)	500MHz	10 Gbps	ETHERNET	UTP

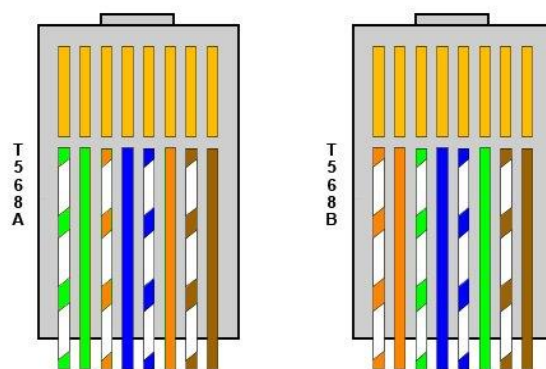
				Teléfono, tv,	
Cat. 7	ISO/IEC-11801	600MHz	10 Gbps	Ethernet 100BASE-T en el mismo cable	STP
Cat. 7A	ISO/IEC-11801 ANSI/TIA-568-C.2-	1000MHz	10 Gbps		S/FTP
Cat. 8	ISO/IEC-11801-1(2017)	2000MHz	40 Gbps	DATA CENTER(<30m)	S/FTP
Cat. 9	En creación por la UE	25000MHz			S/FTP
Cat. 10	En creación por GERA	75000MHz			S/FTP

Para conectar redes de computadoras con cableado estructurado se usa el conector RJ-45

### ***Conector RJ-45***

Tomasi (2003) Es una interfaz física para comunicación de datos que cuenta con 8 pines y son conectados en los extremos del par trenzado. Para el conexionado del par trenzado hacia el conector existe dos normas: T568A y T568B [8].

**Figura 6:** *Estándar T568A y T568B.*



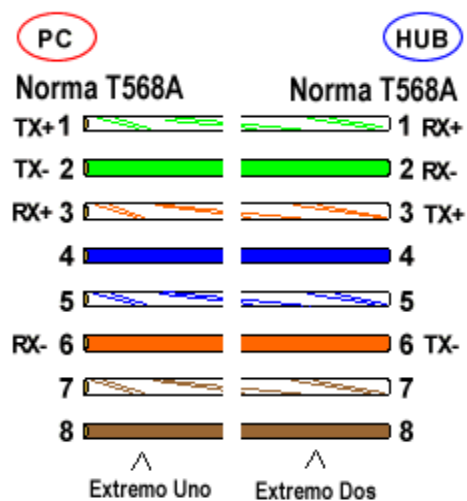


### *Cable directo*

Este tipo de conexionado sirve para conectar dispositivos desiguales (switch o hub).

Consiste en que la distribución de los cables sea la misma en ambos extremos, a continuación, se muestra el conexionado T568A como ejemplo del cable directo.

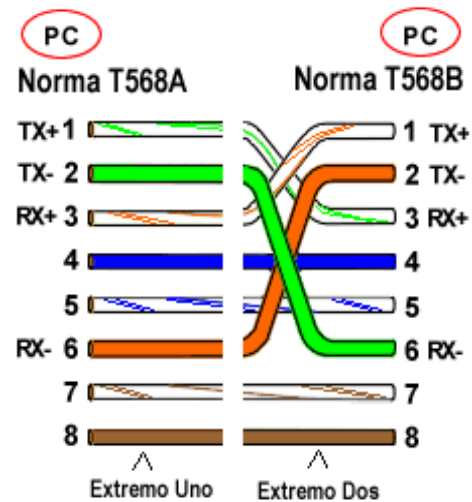
**Figura 7:** *Conexionado directo T568A.*



### *Cable cruzado*

Consiste en que la distribución de los cables es diferente en ambos extremos, un lado T568A y otro lado T568B. Interconecta las señales de salida en un conector con las señales de entrada en el otro conector (viceversa), permitiendo una comunicación full dúplex.

Figura 8: Conexión cruzado T568A y T568B.

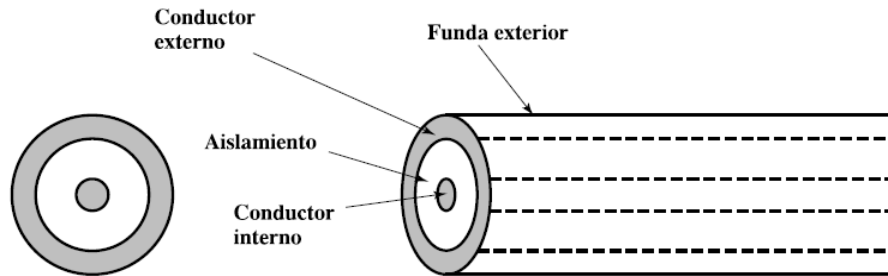


#### 2.2.1.1.2 Cable Coaxial.

Tomasi (2003) Es el medio de transmisión guiado que tiene dos conductores (externo e interno) que transmite a frecuencias mayores hasta 500 MHz. Se usa para conectar estaciones en líneas compartidas, como:

- Sistema CATV (tv por cable)
- Telefonía a larga distancia
- Comunicación entre dispositivos a distancias cortas
- Con el cable coaxial se puede transmitir tanto señales digitales como señales analógicas.

**Figura 9:** *Partes del cable coaxial.*



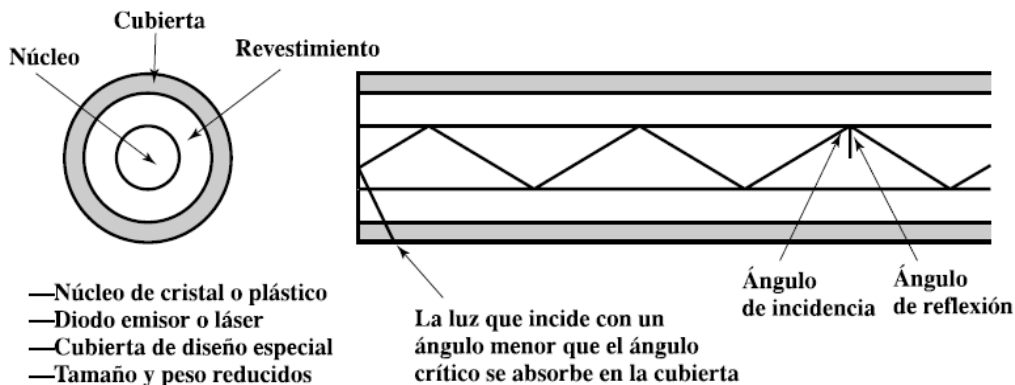
*Nota.* Fuente: Tomasi, 2003.

El conductor externo forma una malla de protección, el conductor interno es un metal sólido, separado por un material aislante y cubierto por material de relleno [8].

#### **2.2.1.1.3 Fibra Óptica.**

Tomasi (2003) Es un medio de transmisión guiado delgado y flexible (2 a 125  $\mu\text{m}$ ) que está formado por tres secciones: la cubierta, el revestimiento y el núcleo. La cubierta es de plástico y de otros materiales en capas y se encarga del cuidado contra campo electromagnético, humedad, diafonía, altas temperaturas, de posibles aplastamientos y entre otros. El núcleo es la parte más interna conformado por varias fibras de plástico o cristal con 8 y 100  $\mu\text{m}$  de diámetro. Cada fibra tiene su propio revestimiento y este se comporta como un reflector del haz de luz [8].

**Figura 10: Partes de fibra óptica**



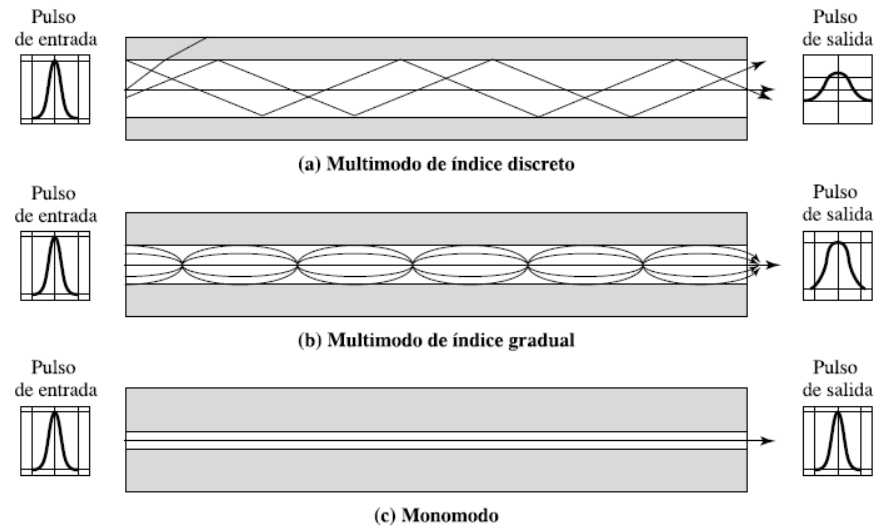
*Nota.* Fuente: Tomasi, 2003

Las principales ventajas que tiene fibra óptica sobre al par trenzado y cable coaxial son los siguientes:

- Mayor capacidad: mayor ancho de banda, la velocidad de transmisión es alta (Gbps)
- Menor peso y tamaño: son más finas y de peso bajo.
- La atenuación es menor, constante a una gran distancia.
- Gran aislamiento electromagnético donde la fibra óptica no es afectado por campos electromagnéticos. las fibras no generan radiación de energía por ende no produce interferencias considerables hacia otros sistemas de comunicación.
- Mayor separación entre amplificadores o repetidoras aproximadamente cada decena o centenas de kilómetros.

En las siguientes figuras se muestra el comportamiento de la propagación del haz de luz dentro del núcleo cilíndrico.

Figura 11: Modos de transmisión en la fibra óptica.



Nota. Fuente: Tomasi, 2003

## 2.2.1.2 Medio de Transmisión Inalámbrico.

### 2.2.1.2.1 Antena.

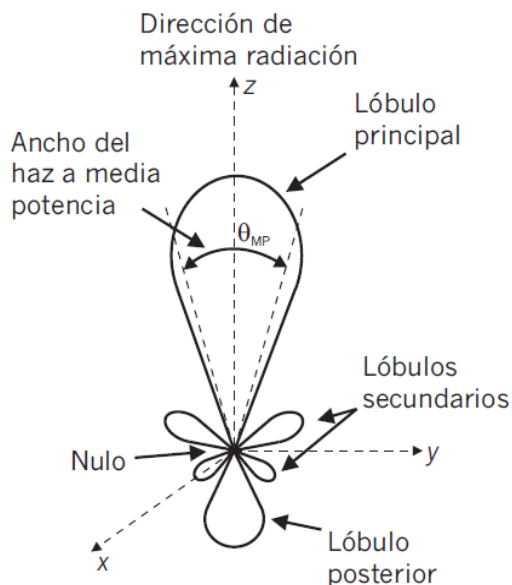
Stallings (2004) Es un dispositivo que recibe y emite señales radioeléctricas. Donde para transmitir la señal, la energía eléctrica procedente del transmisor se transforma a energía electromagnética en la antena. Para recibir la señal, la energía electromagnética obtenida por la antena se transforma a energía eléctrica [10].

### *Patrón de radiación*

Albornoz (2007) En una antena transmisora es la distribución espacial de la energía electromagnética radiada lo que significa que muestra la intensidad del campo eléctrico en función de la dirección.

El patrón de radiación en una antena receptora representa la diferencia del voltaje ingresado en los terminales de la antena en función de la dirección. Lo que significa cómo la sensibilidad de la antena varía de una dirección a otra por ejemplo cuando el lóbulo principal del transmisor y receptor coinciden en la dirección la antena receptora presentará su máxima sensibilidad [11].

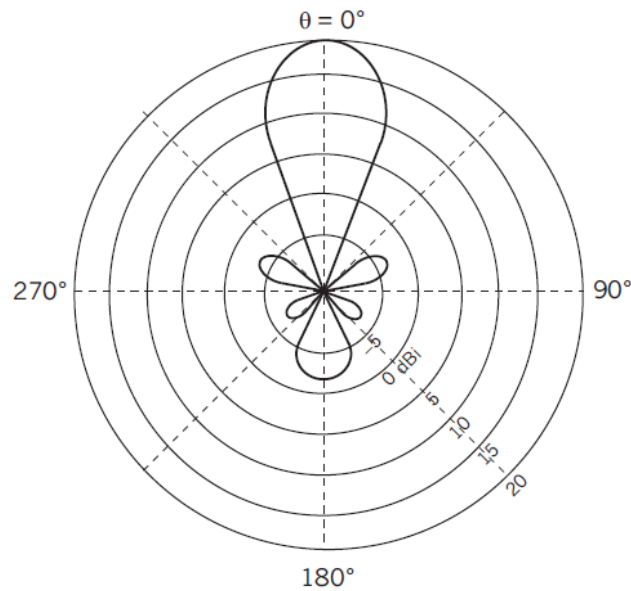
**Figura 12:** *Partes de un patrón de radiación.*



Nota. Fuente: Albornoz, 2007.

La siguiente figura se muestra el corte vertical del patrón de radiación mostrado en la anterior figura \_ donde la dirección de máxima radiación coincide con  $0^\circ$ , la escala del gráfico está expresado en decibelios. Por lo común suele ser la intensidad de campo eléctrico radiada por la antena isotrópica (antena ideal).

**Figura 13:** Patrón de radiación en forma polar



*Nota.* Fuente: Albornoz, 2007.

### ***Tipos de antenas***

#### **Direccionales**

Este tipo de antena está diseñada especialmente para unir dos puntos a larga distancia ya que su patrón de radiación es muy estrecho.

- El alcance de la señal es mucho mayor que la de antena sectorial y omnidireccional.

Ideal para enlaces punto a punto

#### **Omnidireccionales**

Es aquella antena que radia de forma uniforme los 360° del sector, pero tiene un alcance menor que la de antena sectorial y direccional. Se usa para emitir señal en todas las direcciones

#### **Sectoriales**

Es un tipo de antena de internet con un patrón de radiación entre  $60^\circ$   $90^\circ$  hasta  $180^\circ$ . Se puede considerar como la mezcla entre las antenas direccionales y omnidireccionales. Ideal para enlaces punto multipunto.

- Su patrón de radiación es más amplio que una antena direccional
- El alcance de la señal es menor que la de antena direccional.
- El alcance de la señal es mayor que la de antena omnidireccional
- El patrón de radiación no es tan amplio como la de antena omnidireccional

**Figura 14:** *Patrón de radiación de las antenas.*



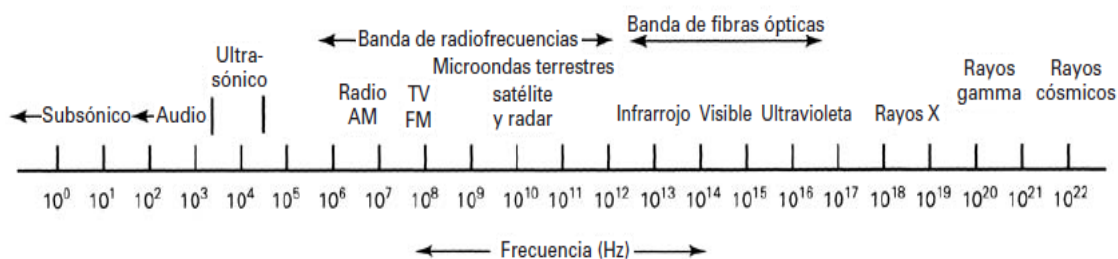
Nota. Fuente: Albornoz, 2007.

### **2.2.2 Espectro Electromagnético**

Nery (2013) Para transmitir información entre dos o más estaciones es necesario convertir dicha señal a energía electromagnética propagando de forma de corriente o voltaje, a través de ondas de radio emitidas hacia el espacio o bien por un medio conductor físico y se distribuye por varias frecuencias [8].



**Figura 15:** Espectro electromagnético de frecuencias.



*Nota.* Fuente: Nery, 2013

**Figura 16:** Designaciones de banda CCIR.

Número de banda	Intervalo de frecuencias*	Designación
2	30 Hz–300 Hz	ELF (frecuencias extremadamente bajas)
3	0.3 kHz–3 kHz	VF (frecuencias de voz)
4	3 kHz–30 kHz	VLF (frecuencias muy bajas)
5	30 kHz–300 kHz	LF (bajas frecuencias)
6	0.3 MHz–3 MHz	MF (frecuencias intermedias)
7	3 MHz–30 MHz	HF (frecuencias altas)
8	30 MHz–300 MHz	VHF (frecuencias muy altas)
9	300 MHz–3 GHz	UHF (frecuencias ultra altas)
10	3 GHz–30 GHz	SHF (frecuencias super altas)
11	30 GHz–300 GHz	EHF (frecuencias extremadamente altas)
12	0.3 THz–3 THz	Luz infrarroja
13	3 THz–30 THz	Luz infrarroja
14	30 THz–300 THz	Luz infrarroja
15	0.3 PHz–3 PHz	Luz visible
16	3 PHz–30 PHz	Luz ultravioleta
17	30 PHz–300 PHz	Rayos X
18	0.3 EHz–3 EHz	Rayos gamma
19	3 EHz–30 EHz	Rayos cósmicos

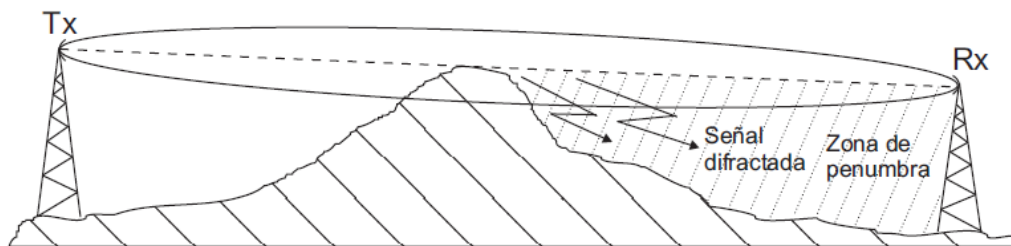
*Nota.* Fuente: Nery, 2013

### 2.2.3 Fenómenos en la Propagación de Ondas

#### 2.2.3.1 Difracción.

Albornoz (2007) Al chocar en un objeto se dispersa en todas las direcciones entonces como consecuencia de este hecho, la señal logra llegar a zonas de penumbra, pero generando una atenuación en la intensidad de la señal recibida (antena receptora) [11].

**Figura 17:** *Difracción en un vano.*

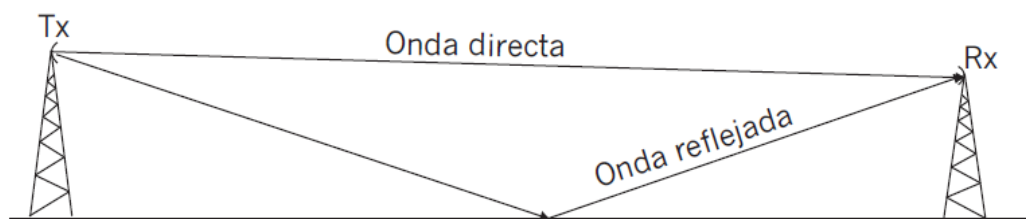


*Nota.* Fuente: Albornoz, 2007.

#### 2.2.3.2 Reflexión.

Albornoz (2007) Cuando el terreno es plano, la parte de radiación interrumpida se refleja a la antena receptora provocando una interferencia entre la onda directa y la onda reflejada por el terreno plano. Esta interferencia puede ser destructiva o constructiva dependiendo del vínculo entre las fases de la onda reflejada y la onda directa [11].

**Figura 18:** Reflexión en un vano.



*Nota.* Fuente: Albornoz, 2007.

### 2.2.3.3 Refracción.

Albornoz (2007) La onda cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro de diferente densidad y modificando la velocidad.

Si la atmosfera fuese homogénea la trayectoria de la señal sería una línea recta pero no es así. La atmosfera tiene un efecto sobre la propagación de las señales a causa de variaciones de temperatura, presión y humedad. Esto ocasiona un cambio en la trayectoria de las señales.

El fenómeno de la refracción hace que la trayectoria de la señal en condiciones normales sea de cóncava hacia arriba. Generando un aumento de alcance de la señal.

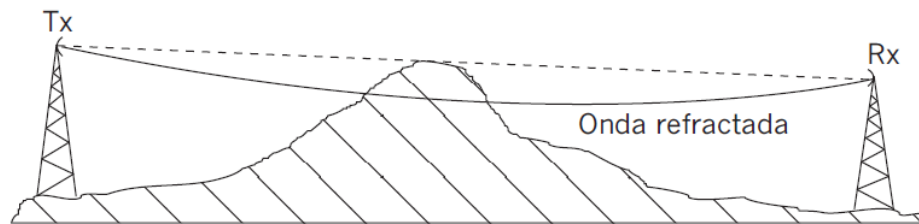
**Figura 19:** Onda refractada. Aumento de la visibilidad radioeléctrica.



*Nota.* Fuente: Albornoz, 2007.

Eventualmente, la refracción atmosférica provocara que el recorrido de la señal sea cóncavo hacia arriba. Generando una reducción de alcance de la señal y una importante atenuación.

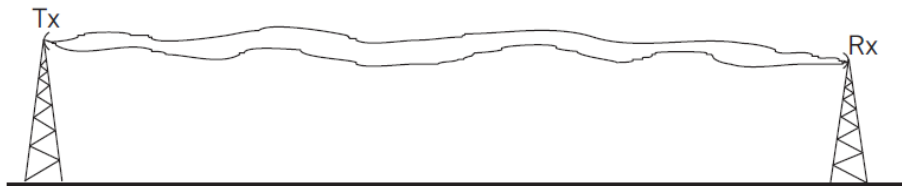
**Figura 20:** *Onda refractada. Disminución de la visibilidad radioeléctrica.*



*Nota.* Fuente: Albornoz, 2007.

Otro caso a tomar en cuenta es la interferencia por trayectorias múltiples esto ocurre cuando las condiciones atmosféricas varía erráticamente provocando una interferencia intersimbólica y atenuación [11].

**Figura 21:** *Propagación por trayectorias múltiples.*



*Nota.* Fuente: Albornoz, 2007.

### **2.2.3.4 Absorción y Dispersión.**

Absorción y Dispersión: Albornoz (2007) Este fenómeno de propagación es importante a tomarlo en cuenta ya que en la atmosfera de la tierra existe dos gases el oxígeno y el vapor los cuales ocasionan una absorción de las señales de comunicación.

Cuando el vapor del agua se condensa en forma de lluvia, éste ocasiona pérdidas en la transmisión dependiendo del tamaño de gotas de la lluvia y la longitud de onda de la señal.

La pérdida de potencia de la señal recibida depende de la frecuencia, polarización y la intensidad de la lluvia [11]

## **2.2.4 Perturbaciones en la Transmisión**

### **2.2.4.1 La Atenuación.**

Stallings (2001) La intensidad de señal baja con la distancia en cualquier medio de transmisión. Por ejemplo:

- En medio de transmisión guiado, esta disminución de intensidad de señal es por lo general logarítmica por ello se expresa con numero constante en (dB) por unidad de longitud.
- En medios de transmisión no guiados, la función de la disminución de intensidad de señal se vuelve más compleja de la distancia y dependiendo del estado atmosférica. Tres consideraciones a tomar en cuenta respecto a la atenuación.
- La señal recepcionada debe tener lo suficiente intensidad de señal para que el equipo receptor pueda interpretar y detectar la señal correctamente.
- Para una recepción sin error, la intensidad de la señal debe ser mucho mayor que el ruido.

- La atenuación es una función creciente de la frecuencia [12]

#### **2.2.4.2 Distorsión de Retardo.**

Stallings (2001) Cuando la velocidad de propagación de la señal varía con la frecuencia y la señal recibida será distorsionada.

Uno de los ejemplos es cuando se transmite una secuencia de bits y debido a la distorsión por retardo se genera que algunos bits de la señal se desplazan a otras posiciones, provocando interferencias. Entonces como conclusión se puede decir que este factor limita la velocidad de transmisión máxima [12].

#### **2.2.4.3 Ruido.**

Stallings (2001) Son señales no deseadas que se presentan en algún punto entre el emisor y receptor es por eso que le da mayor importancia a la hora de limitar las prestaciones de una red de comunicaciones. La señal del ruido se clasifica en las siguientes categorías [12]:

##### ***2.2.4.3.1 Ruido de Intermodulación.***

Stallings (2001) Ocurre cuando se envía señales de diferentes frecuencias por el mismo medio de transmisión ocasionando la aparición de señales a frecuencias que sean diferencia o suma de dos frecuencias originales o varias de éstas [12]

Ejemplo la mezcla de dos señales originales  $f_1$  y  $f_2$  puede producir energía a frecuencia  $f_1+f_2$

#### **2.2.4.3.2 Ruido Térmico.**

Stallings (2001) Función de la temperatura en los equipos electrónicos y medios de transmisión. Esta categoría no se puede eliminar por ende limita las prestaciones de una red de comunicación [12].

#### **2.2.4.3.3 Diafonía.**

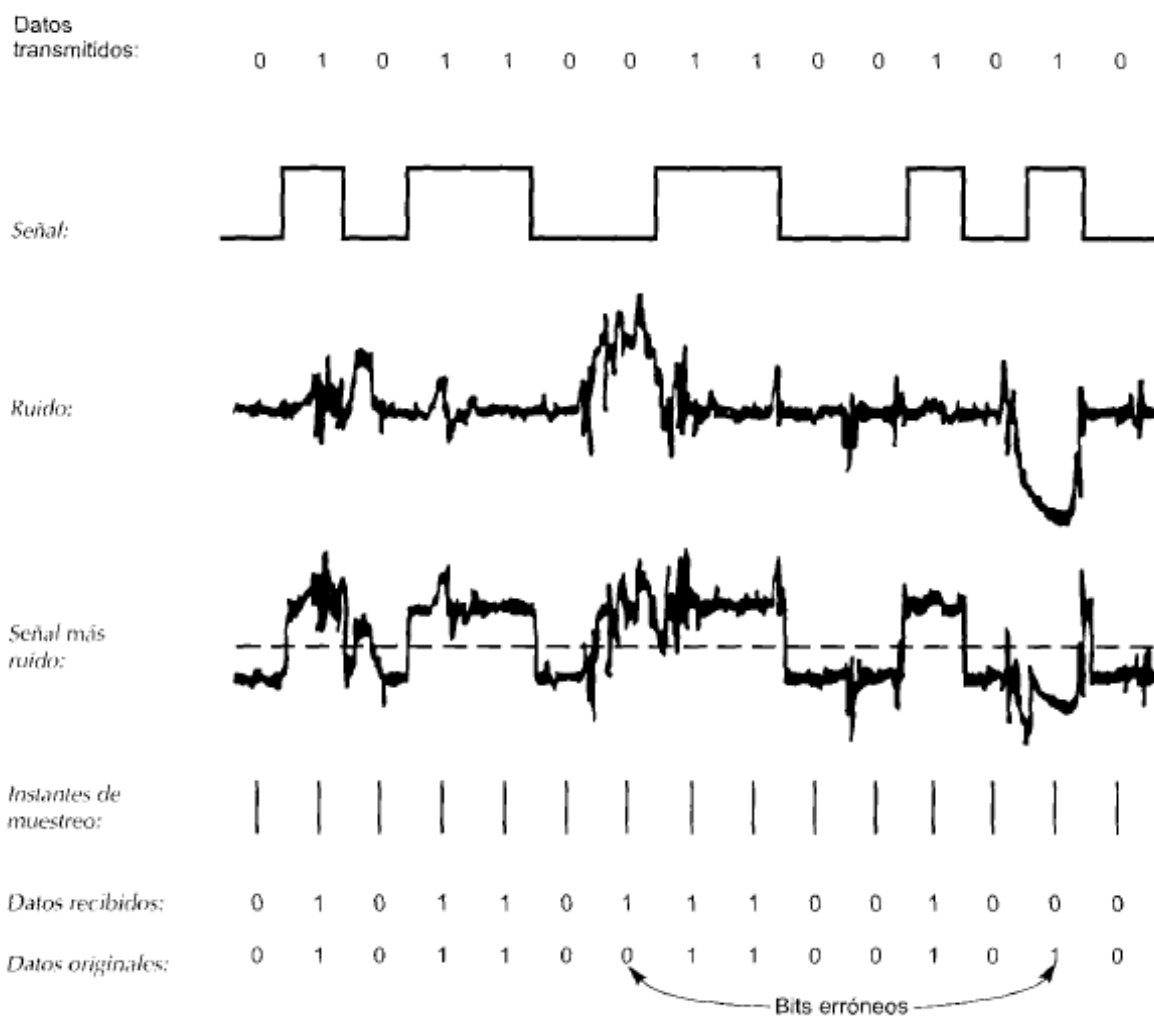
Stallings (2001) Se refiere al acoplamiento no deseado (otra señal) entre las líneas que envían las señales y esto puede suceder por un acoplamiento eléctrico entre cables, cuando el cable coaxial transmite varias señales, cuando las señales no deseadas se captan a las antenas y entre otras. Se puede concluir que la diafonía es del mismo orden de magnitud o menor que el ruido térmico [12].

#### **2.2.4.3.4 Ruido Impulsivo.**

Stallings (2001) Está constituido por amplitud relativamente grande y por pulsos o picos irregulares de corta duración, es una señal no continua. El ruido impulsivo se genera a causa de perturbaciones electromagnéticas externas como defectos en el sistema de comunicación y tormenta atmosférica

Generalmente el ruido impulsivo no afecta casi nada los datos analógicos, no implica pérdidas significativas de inteligibilidad. Sin embargo, en la comunicación digital si afecta y ocasiona cambios generando bits erróneos en el receptor [12]. Siguiendo figura.

**Figura 22:** Efecto del ruido en una señal digital.



Nota. Fuente: Stallings, 2001.

### 2.2.5 Red Inalámbrica

Las redes inalámbricas es un sistema de comunicación, que nos permite una interconexión de señales o datos vía aérea. (Salazar, 2016). Añade que, las redes inalámbricas son redes que utilizan las ondas de radio para enlazar los dispositivos de comunicación, sin la necesidad de emplear cables de ningún tipo. Por ende, los dispositivos que se utilizan en las



redes inalámbricas incorporan equipos electrónicos de comunicación. Las redes inalámbricas sirven a muchos propósitos. En algunos casos se emplean en remplazo a las redes cableadas, mientras que en otros casos se utilizan para proporcionar acceso a datos corporativos desde ubicaciones remotas [13].

### **2.2.5.1 Clasificación de Redes Inalámbricas.**

Las redes inalámbricas según (Salazar, 2016) se clasifican en cuatro puntos específicos [13].

#### **2.2.5.1.1 WPAN (*Wireless Personal-Area Networks*).**

Salazar (2016) La tecnología WPAN se basa en el estándar IEEE 802.15. Permite una comunicación de un rango de distancia corta a unos 10 metros. Por lo general, implica poca o ninguna infraestructura o conectividad directa fuera del enlace establecido. Por ende, se caracteriza por su bajo consumo de energía y también una baja velocidad de transmisión. Se caracterizan en tecnologías como Bluetooth, IrDA, ZigBee o UWB [13].

#### **2.2.5.1.2 WLAN (*Wireless Local-Área Networks*).**

Salazar (2016) La tecnología WLAN se basa en el estándar IEEE 802.11 y está diseñada para permitir el acceso inalámbrico en zonas con un rango de distancia que llega hasta los 100 metros. Esta comercializada bajo la marca WI-FI [13].

#### **2.2.5.1.3 WMAN (*Wireless Metropolitan-Area Networks*).**

Salazar (2016) La tecnología WMAN se basa en el estándar IEEE802.16, forma el tercer grupo de las redes inalámbricas, es una tecnología de comunicaciones con arquitectura punto a

multipunto dedicada a brindar una alta velocidad de transmisión de datos a través de redes inalámbricas de área metropolitana. Es decir que WiMAX opera en dos bandas de frecuencia, una mezcla de banda con licencia y banda sin licencia, de 2 GHz a 11 GHz y de 10GHz a 66 GHz. Por ende, el rango de frecuencias de 2 a 11GHz se trabaja sin línea de visión directa [13].

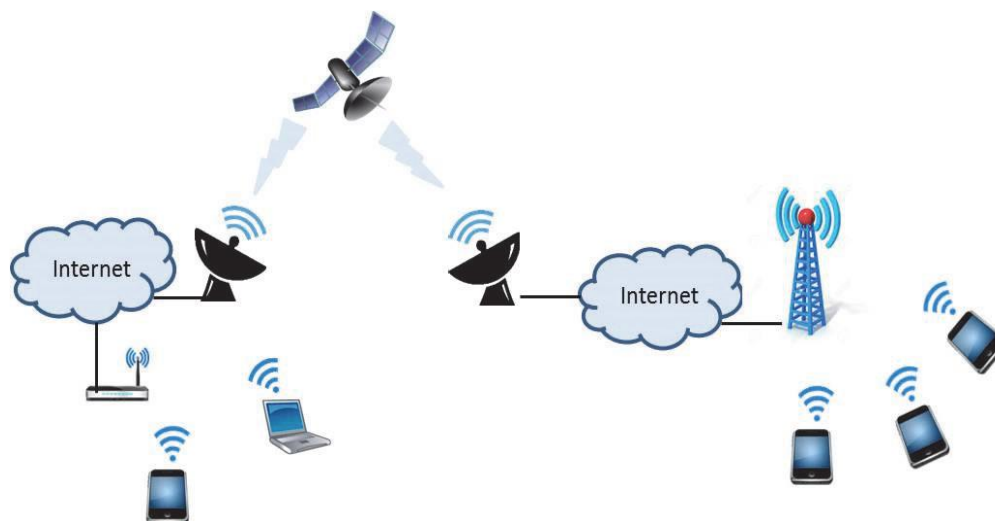
**Figura 23:** Diagrama de una red WiMax



*Nota.* Fuente: Salazar, 2016.

#### 2.2.5.1.4 WWAN (Wireless Wide-Área Networks).

Salazar (2016) La tecnología WWAN se basa en el estándar IEEE802.20. Tiene un alcance más allá de los 50 kilómetros y suelen usar frecuencias con licencia y son aplicados para comunicaciones en ciudades, países a través de varios sistemas de satélite o ubicaciones de antenas atendidos por wisp. Existen dos tecnologías disponibles: el satélite y la telefonía móvil [13].

**Figura 24:** Redes de telefonía móvil y de satélite - WWAN.

*Nota.* Fuente: Salazar, 2016.

**Tabla 3:** Clasificación de redes inalámbricas.

<b>Clasificación</b>	<b>Estándar</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Alcance</b>
WPAN	IEEE 802.15	Bluetooth, IrDa, ZigBee, UWB	10m
WLAN	IEEE 802.11	WIFI	100m
WMAN	IEEE802.16	WIMAX	50km
WWAN	IEEE802.20	GSM, GPRS, UMTS, LTE	Más de 50km

## 2.2.6 Estándares de la Tecnología WLAN

### 2.2.6.1 IEEE 802.11a.

Ramia, Amin y Ashraf (2015) El estándar IEEE 802.11a fue aprobado en el año 1999. Opera en la banda de frecuencia de 5GHz con el ancho de banda de 20MHz, transmite datos hasta 54Mbps y emplea la multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM). Este

estándar emplea antenas de tecnología SISO y es menos propenso a la interferencia en comparación con 802.11b [14].

#### **2.2.6.2 IEEE 802.11b.**

Ramia, Amin y Ashraf (2015) El estándar IEEE 802.11b fue lanzado en el año 1999. Opera en la banda de frecuencia de 2.4GHz con el ancho de banda de 22MHz, transmite datos hasta 11Mbps y emplea la técnica de modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Este estándar emplea antenas de tecnología SISO y es propenso a una mayor interferencia [14].

#### **2.2.6.3 IEEE 802.11g.**

Ramia, Amin y Ashraf (2015) El estándar 802.11g fue aprobado en el año 2003. Opera en la banda de frecuencia de 2.4GHz con el ancho de banda de 20MHz, transmite datos hasta 54Mbps y emplea modulación de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) y modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) lo que hace ser compatible con dispositivos 802.11b. Este estándar emplea antenas de tecnología SISO [14].

#### **2.2.6.4 IEEE 802.11n.**

Ramia, Amin y Ashraf (2015) El estándar 802.11n fue aprobado en el año 2009. Opera en las bandas de frecuencias de 2.4GHz y 5GHz con el ancho de banda de 20MHz y 40MHz, transmite datos hasta 600 Mbps y emplea modulación OFDM. Este estándar emplea antenas de tecnología MIMO [14].

### 2.2.6.5 IEEE 802.11ac.

Ramia, Amin y Ashraf (2015) IEEE 802.11ac es la quinta generación de estándares de redes WI-FI lanzados en diciembre de 2013. La frecuencia de funcionamiento de este estándar es de 5 GHz con un ancho de banda de sectores de 20MHz, 40MHz, 80MHz y 160 MHz aumentando la velocidad de transmisión a Gigabit Ethernet. Este estándar presenta un mejor rendimiento y una mejor cobertura en comparación con los estándares IEEE 802.11a, b, g y n. El estándar IEEE802.11ac utiliza una modulación de 256QAM y soporta transmisiones simultaneas a varios usuarios (MIMO) [14].

**Tabla 4:** *Estándares de la tecnología WLAN.*

Estándar	Año	Banda de frecuencia	Velocidad de transmisión	Canal (ancho de banda)	Modulación
IEEE 802.11 a	1999	5GHz	Hasta 54 Mbps	20MHz	OFDM
IEEE 802.11 b	1999	2.4GHz	Hasta 11Mbps	22MHz	DSSS
IEEE 802.11 g	2003	2.4GHz	Hasta 54Mbps	20MHz	OFDM- DSSS
IEEE 802.11 n	2009	2.4GHz 5GHz	Hasta 600Mbps	20MHz y 40MHz	MIMO OFDM
IEEE 802.11 ac	2013	5GHz	Hasta 1.3 Gbps	(20 40 80 160) MHz	MIMO OFDM

## **2.2.7 Protocolos de Seguridad Inalámbrica**

### **2.2.7.1 Privacidad Equivalente al Cableado (WEP).**

Bütrich (2013) Es el primer protocolo de encriptación implicado en el estándar IEEE 802.11. Utiliza el cifrado RC4. Con una clave compartida de 40 bits entre el punto de acceso y el usuario. Las varias versiones de WEP son muy vulnerables por lo tanto lo recomendable es no usar este protocolo de seguridad [15].

### **2.2.7.2 Acceso Protegido Wi-Fi (WPA).**

Bütrich (2013) Es la norma de seguridad 802.11i este protocolo ofrece una privacidad y autenticación mucho mejor que el protocolo de seguridad WEP, utiliza el cifrado RC4 con un tamaño de clave de 128 bits con el método de encriptación TKIP [15].

### **2.2.7.3 Acceso Protegido Wi-Fi versión 2 (WPA2).**

Bütrich (2013) Es la norma de seguridad 802.11i Utiliza el cifrado RC4 con un tamaño de clave de 128 bits y la principal diferencia con el protocolo de seguridad WPA es el uso del sistema de encriptación avanzada (AES). Por lo tanto, la mejor seguridad en redes inalámbricas es el WPA2 [15].

## **2.2.8 Topología de Conexión en Enlace Inalámbrico**

### **2.2.8.1 Enlace Punto a Punto.**

El enlace punto a punto se refiere a la comunicación inalámbrica entre dos puntos como si fueran una sola. Este puede ser usado para transmitir internet, telefonía IP, datos de red entre otras.

### **2.2.8.2 Enlace Punto Multipunto.**

Un enlace punto a multipunto se refiere a que existe un punto central que se transmite con muchos otros puntos remotos. Esto significa que existe solamente comunicación el punto central con los remotos mas no comunicación entre remotos.

## **2.2.9 Radio Mobile**

Es una herramienta para el diseño de redes inalámbricas (radio enlaces). Con tener información del equipo (antena) y mapa digital del área se puede llegar a predecir las prestaciones de radio enlaces.

Radio Mobile indica la intensidad de señal y la elevación del terreno para el cálculo de la cobertura. También en el enlace entre dos puntos se puede visualizar el área de cobertura y la zona de Fresnel.

Es ideal para realizar diseños de radio enlaces de frecuencias libres como el de 2.4 GHz y 5.8 GHz.

### **2.2.10 Frecuencias Libres**

El 2.4 GHz y 5.8 GHz son frecuencias libres de transmisión y recepción que se usa en el sistema de proveedor de servicio de internet inalámbrico (WISP).

#### **2.2.10.1 Frecuencia de 2.4 GHz**

Trabaja con el estándar IEEE 802.11b, 802.11g, 802.11n (b, g y n)

##### ***Ventajas:***

- Tiene un mayor alcance en cobertura.
- No tiene mucho problema en traspasar obstáculos.

##### ***Desventajas:***

- Solo tiene 14 canales.
- La capacidad de transmisión de datos es menor.
- Al ser muy utilizada tiene mayor interferencia.

#### **2.2.10.2 Frecuencia de 5.8 GHz**

Trabaja con el estándar IEEE 802.11a, 802.11n, 802.11ac (a, n, ac)

##### ***Ventajas:***

- Tiene 25 canales, los cuales se combinan para tener alta velocidad.
- Se puede transmitir altas capacidades de datos.
- Al ser menos utilizada tiene menos interferencias



***Desventajas:***

- El alcance en cobertura es menor.
- Tiene problemas al traspasar obstáculos.

## Capítulo III Marco Metodológico

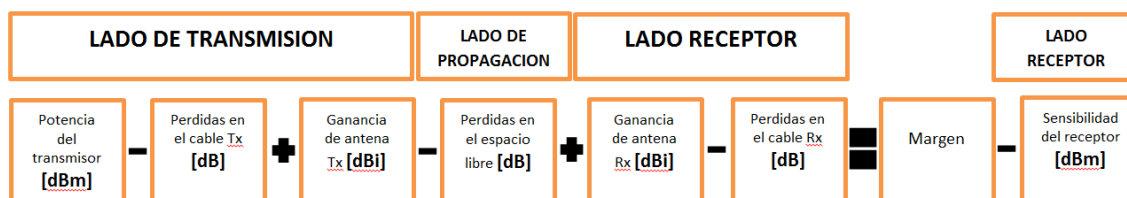
### 3.1 Radio Enlaces

Se denomina a la conexión entre dos equipos de telecomunicaciones mediante ondas electromagnéticas y consta del transmisor que envía la señal hacia el receptor ambos con sus respectivas antenas.

#### 3.1.1 Elementos de un Radio Enlaces

Potencia del transmisor [dBm] - pérdidas en el cable [dB] + ganancia de antena Tx [dBi] – pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB] + ganancia de antena Rx [dBi] – pérdidas en el cable Rx [dB] = margen – sensibilidad del receptor [dBm]

**Figura 25:** Elementos de radio enlaces.



#### 3.1.1.1 Lado de Transmisión.

##### 3.1.1.1.1 Potencia de Transmisión.

Potencia de salida del radio es uno de los parámetros importantes a considerar en una transmisión de información para un mejor alcance de la señal. El límite máximo de potencia a transmitir depende de los límites regulatorios que existe en cada región o país, el encargado en Perú es el MTC (ministerio de transporte y comunicaciones).

### **3.1.1.1.2 *Perdidas en el Cable.***

Factor que siempre se debe considerar para calcular la pérdida total de la señal. Algunos puntos para prevenir pérdidas en el cable:

- Respetar el radio de curvatura
- El cable de la antena debe ser lo más corto posible
- Usar la categoría adecuada.
- Los valores típicos de pérdidas varían entre 1dB/m - 0.1 dB/m

### **3.1.1.1.3 *Perdidas en el Conector.***

Algunos puntos a considerar.

- Pérdida por conector aproximadamente 0.25dB.
- Conector adecuado de acuerdo a la frecuencia.
- En descarga eléctrica existe una pérdida en los protectores, aproximadamente 1 dB.

### **3.1.1.2 Lado de propagación.**

- FSL
- Zona de Fresnel

### **3.1.1.3 Lado receptor.**

- Ganancia de antena.
- Pérdidas en el cable.
- Pérdidas en el conector.
- Sensibilidad del Receptor.

Sensibilidad del receptor: Es un parámetro que señala el valor mínimo de potencia que se requiere para lograr una cierta tasa de bit. Mientras sea bajo el valor de la sensibilidad, mejor será la recepción del radio.

### 3.1.2 *Unidades usadas en Radio Enlaces*

#### 3.1.2.1 **Unidades Lineales de Medición.**

En sistemas de radioenlaces usualmente se usa potencias de 10 para expresar los valores de frecuencias y potencias de transmisión.

**Tabla 5:** *Unidades lineales de medición.*

<b>Potencia de 10</b>	<b>Prefijo</b>	<b>Símbolo</b>
12	Tera	T
09	Giga	G
06	Mega	M
03	Kilo	K
02	Hecto	H
01	Deca	D
-1	Deci	D
-2	Centi	C
-3	Mili	M
-6	Micro	μ
-9	Nano	N
-12	Pico	P
-15	Fento	F

-18	Atto	A
-----	------	---

### 3.1.2.2 Unidades Logarítmicas de Medición.

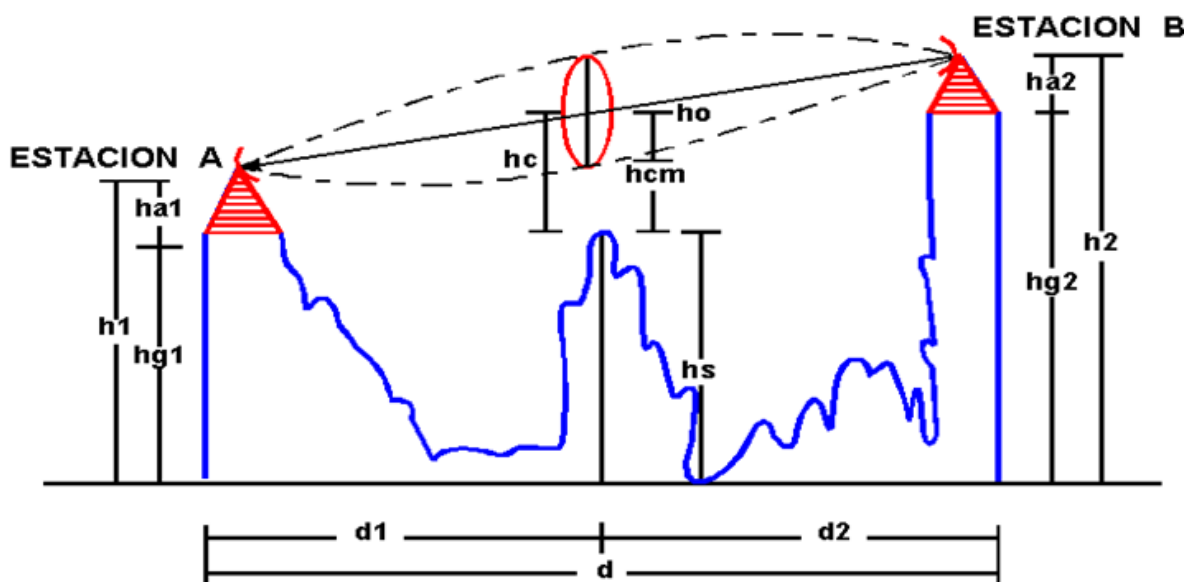
Equivalencias y conversión de unidades.

**Tabla 6:** *Unidades logarítmicas de medición.*

Relación	Equivalencias
Np → Db	1dB = 8.686 Np
dB → Np	1Np = 0.115 dB
dBm → dBW	0dBW = 30 dBm
dBw → dBm	0dBm = -30dBW
dBm → dB	dB = dBm(sal) - dBm(ent)
$\mu\text{V}$ → dB $\mu\text{V}$	dB $\mu\text{V}$ = 20 log (tensión en 1 $\mu\text{V}$ )
dB $\mu\text{V}$ → $\mu\text{V}$	$\mu\text{V}$ = antilog(dB $\mu\text{V}/20$ )
dBm → mW	mW = antilog(dBm/10)
mV → dB	dB = 20 log (tensión en mV)
dB → mV	mV = antilog(dB/20)

### 3.2 Cálculo de Visibilidad

Figura 26: Cálculo de visibilidad de radio enlace.



Dónde:

$hg_1$  y  $hg_2$ : altura de las estaciones wisp sobre el nivel del mar [metros].

$hs$ : altura del obstáculo sobre el nivel del mar [metros].

$d_1$  y  $d_2$ : distancias de las estaciones al obstáculo [kilómetros].

$d$ : distancia entre las estaciones [kilómetros].

$ha_1$  y  $ha_2$ : altura de la ubicación de la antena sobre el nivel del piso [metros].

$hc$ : Claridad [metros].

$hcm$ : Margen de claridad [metros].

$h_0$ : Radio de Fresnel [metros].

### 3.2.1 Relación de Altura Entre Antenas

$$h_{a1} = \frac{d}{d_2}(h_0 + h_s) - \frac{d_1}{d_2}(h_{g2} + h_{a2}) + \frac{d_1 d}{2Ka} - h_{g1} \quad (1)$$

a = 6.370 km radio de la tierra.

k = 4/3 factor de corrección.

### 3.2.2 Longitud de Onda

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2)$$

### 3.2.3 Radio de Fresnel

$$h_0 = \sqrt{\lambda \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (3)$$

d1 = Distancia al obstáculo desde el transmisor [km].

d2 = Distancia al obstáculo desde el receptor [km].

$\lambda$  = longitud de onda [m].

$h_0$  = Radio [m].

### 3.2.4 La claridad

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d}(h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2Ka} - h_s \quad (4)$$

### 3.2.5 Margen de la claridad

$$h_{cm} = h_c - h_0 \quad (5)$$

### 3.2.6 *Perdidas en el Espacio Libre*

$$L_b[dB] = 32.5 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \quad (6)$$

Dónde:

d: distancia entre antenas [Km]

f: frecuencia central del enlace [MHz]

### 3.2.7 *Alcance Óptico del Radioenlace*

$$r_0 = 3.57(\sqrt{h_{Tx}} + \sqrt{h_{Rx}}) \quad (7)$$

Dónde:

$h_{Tx}$  Y  $h_{Rx}$ : altura de la ubicación de la antena en la torre (desde el piso)

### 3.2.8 *Atenuación por Onda Reflejada*

$$F = 20 \log \left| 2 \operatorname{sen} \left( \frac{2\pi h_{Tx} h_{Rx}}{\lambda_r} \right) \right| \quad (8)$$

### 3.2.9 *Punto de Reflexión de la Onda*

$$\psi = \arctan \left( \frac{h_{Tx} + h_{Rx}}{d} \right) \quad (9)$$

Dónde:

$\psi$ : Angulo de incidencia [°]

$h_{Tx}$ : Altura de la antena transmisora

$h_{Rx}$ : Altura de la antena receptora

d: distancia entre las antenas Tx Y Rx



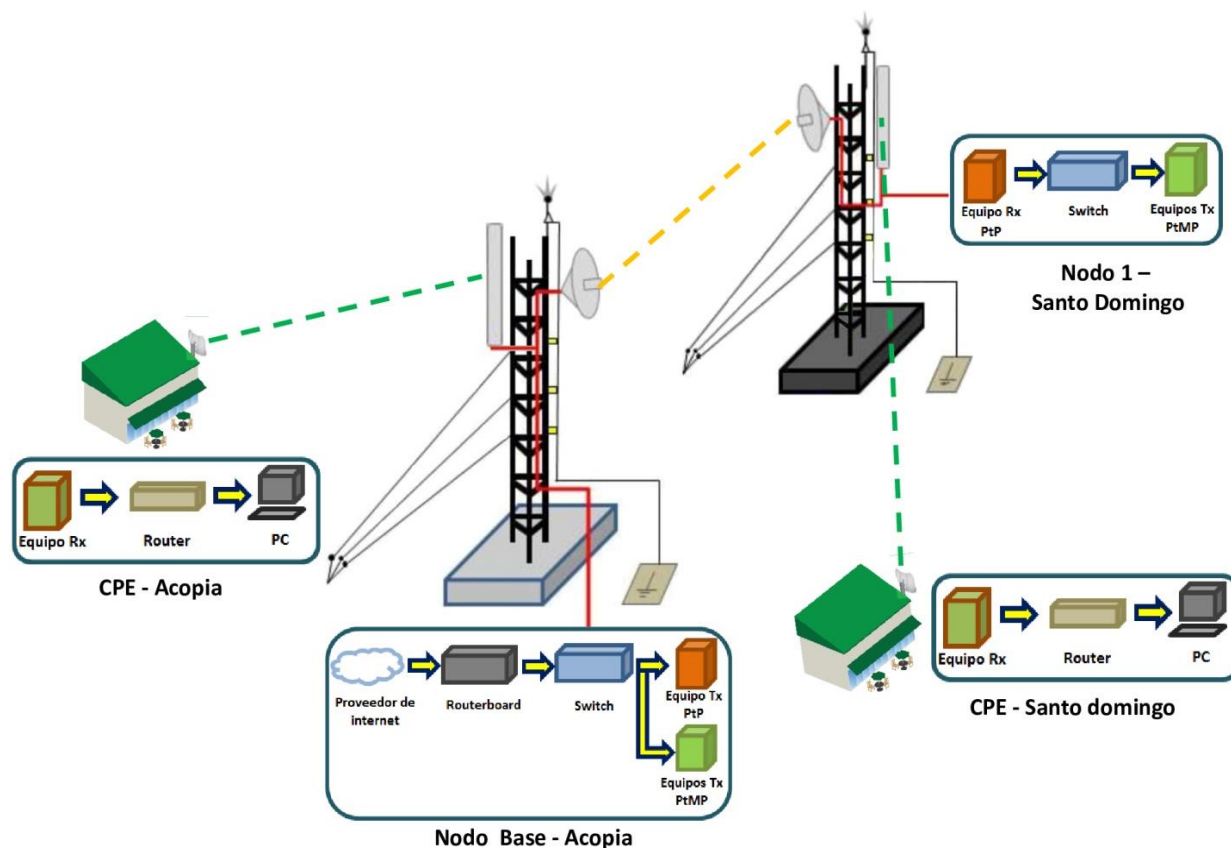
## Capítulo IV Resultados y Análisis

### 4.1 Diseño de la Estructura WISP

Se realiza dos sistemas de comunicación, punto a punto y punto a multipunto. El enlace punto a punto es para transferir datos desde la torre nodo base Acopia hacia la torre nodo 1 Santo Domingo para ello será necesario utilizar antenas direccionales y considerar que haya línea de vista entre estos dos puntos.

Las antenas PtMP proporcionan enlace inalámbrico a cada radio de la antena - Equipo de Premisa del Cliente (CPE) luego se conecta a un router inalámbrico dentro de la casa u oficina para proporcionar acceso inalámbrico y por cable a internet a los usuarios.

**Figura 27:** Estructura WISP.



## 4.2 Dimensionamiento de los Equipos

Como uno de los objetivos específicos de la investigación es el dimensionamiento de los equipos que a continuación se nombra tanto para el nodo base Acopia y para el nodo 1 Santo Domingo.

### 4.2.1 Antena Direccional RD-5G30-LW

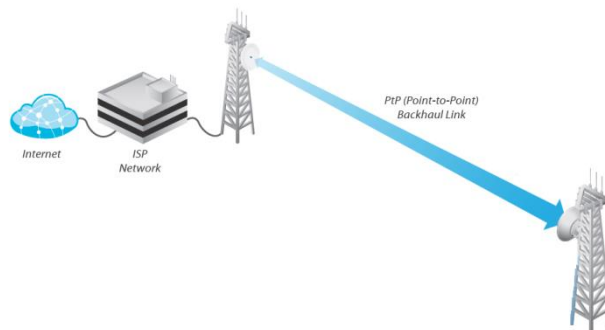
Equipo que se aplicara para BackHaul o troncal enlace punto a punto crítico del cual dependerán otras redes o servicios, ya que representa un gran avance en la relación precio/rendimiento para la tecnología backhaul.

**Figura 28:** Características de las antenas para BackHaul o troncal.

Antenna Characteristics					
Model	RD-2G24	RD-3G26	RD-5G30	RD-5G30-LW	RD-5G34
Dimensions*	650 x 650 x 295 mm (25.6 x 25.6 x 11.61")	650 x 650 x 300 mm (25.6 x 25.6 x 11.81")	650 x 650 x 304 mm (25.6 x 25.6 x 11.97")	650 x 650 x 386 mm (25.6 x 25.6 x 15.2")	1050 x 1050 x 421 mm (41.34 x 41.34 x 16.57")
Weight**	9.8 kg (21.61 lb)	9.8 kg (21.61 lb)	9.8 kg (21.61 lb)	7.4 kg (16.31 lb)	13.5 kg (29.76 lb)
Frequency Range	2.3 - 2.7 GHz	3.3 - 3.8 GHz	4.9 - 5.8 GHz	5.1 - 5.9 GHz	4.9 - 5.8 GHz
Gain	24 dBi	26 dBi	4.9 GHz: 26 dBi 5 - 5.9 GHz: 30 dBi	30 dBi	4.9 GHz: 30 dBi 5 - 5.8 GHz: 34 dBi
HPOL Beamwidth	6.6° (3 dB)	7° (3 dB)	5° (3 dB)	5.8° (3 dB)	3° (3 dB)
VPOL Beamwidth	6.8° (3 dB)	7° (3 dB)	5° (3 dB)	5.8° (3 dB)	3° (3 dB)
F/B Ratio	28 dB	33 dB	34 dB	30 dB	42 dB
Max. VSWR	1.6:1	1.4:1	1.4:1	1.6:1	1.4:1
Wind Loading	787 N @ 200 km/h (177 lbf @ 125 mph)			790 N @ 200 km/h (178 lbf @ 125 mph)	1,779 N @ 200 km/h (400 lbf @ 125 mph)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)				
Polarization	Dual-Linear				
Cross-pol Isolation	35 dB Min.				
ETSI Specification	EN 302 326 DN2				

Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

**Figura 29:** *BackHaul o troncal WISP.*



RD-5G30-LW Es un dispositivo de alta clase que opera en la banda de frecuencia de 5GHz, que se caracteriza por una ganancia de 30 dBi. Se caracteriza por la cooperación con dispositivos que utilizan el estándar 802.11n. Se integra fácilmente con la radio RocketM, creando una poderosa aplicación que hace de puente entre el PtP 2x2 MIMO o de largo alcance. Para los diseñadores de redes esta solución es extremadamente conveniente y flexible.

**Figura 30:** *Antena direccional RD-5G30 LW.*



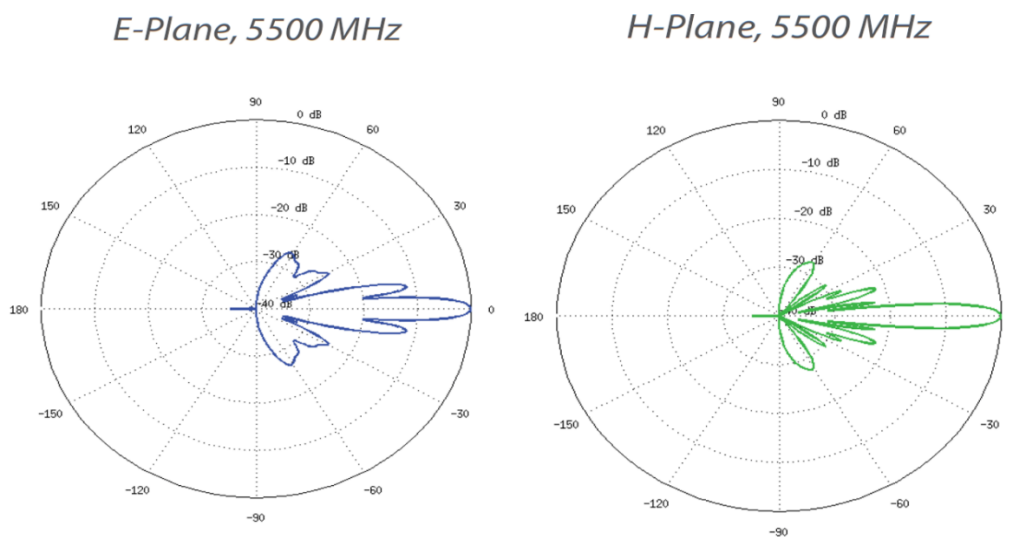
Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

## Características de la antena

**Tabla 7:** *Características de la antena RD-5G30LW.*

<b>Modelo</b>	<b>RD-5G30 LW</b>
Tipo de antena	Direccional
Tipo MIMO	2X2
Banda de frecuencia	5.1 – 5.9 GHz
Ganancia	30dBi
Angulo de radiación horizontal	5.8° (3 Db)
Angulo de radiación vertical	5.8° (3 Db)
Relación F/B	30Db
Max VSWR	1.6:1
Resistencia al viento	200Km/h (125mph)
Polarización	Horizontal y Vertical (dual)

**Figura 31:** Polarización de la antena RD-5G30 LW.



Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

#### 4.2.2 Radio Rocket AC Lite

Es el primer radio AirMax AC con altos estándares de calidad y rendimiento. Es ideal para el despliegue de aplicaciones punto a punto que requieren un máximo rendimiento.

Tiene alto grado de flexibilidad en la configuración del ancho de banda en los canales (20, 40, 50, 60 y 80 MHz), compatible con antena RocketDish para así crear un punto final de alto rendimiento en un backhaul punto a punto.

**Figura 32:** *Radio Rocket AC lite.*

Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

**Tabla 8:** *Características del radio Rocket AC lite.*

<b>Modelo</b>	<b>Rocket AC lite</b>
Modo de operación	Access Point, estación
Servicios	Web server, SNMP, SSH Server, telnet, ping watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing
Potencia	500 mW(27dBm)
Polarización	MIMO 2X2
Estándar	802.11AC
Tecnología Airmax AC	500 Mbps
Rango de operación	5150 – 5875 MHz
Ancho de canal	20, 40,50, 60, 80 MHz configurable
Fuente de alimentación	POE Pasivo 24V 0.5A

Puerto gigabit	Ethernet
Temperatura	-40°C A 80°C
2 conectores	SMA – hembra inverso (requiere antena externa)
Seguridad	WPA2 AES Only

**Figura 33:** Especificaciones de potencia del radio R5AC-lite.

R5AC-Lite Output Power: 27 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (1/2)	27 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (1/2)	-96 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (1/2)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (1/2)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (3/4)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (3/4)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/2)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (1/2)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (3/4)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (3/4)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (2/3)	27 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (2/3)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (3/4)	26 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (3/4)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (5/6)	25 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (5/6)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (3/4)	23 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (3/4)	-69 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (5/6)	22 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (5/6)	-65 dBm	± 2 dB

Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

#### 4.2.3 Antena Sectorial AM-5G19-120

**Figura 34:** Antena sectorial AM-5G19-120.



Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

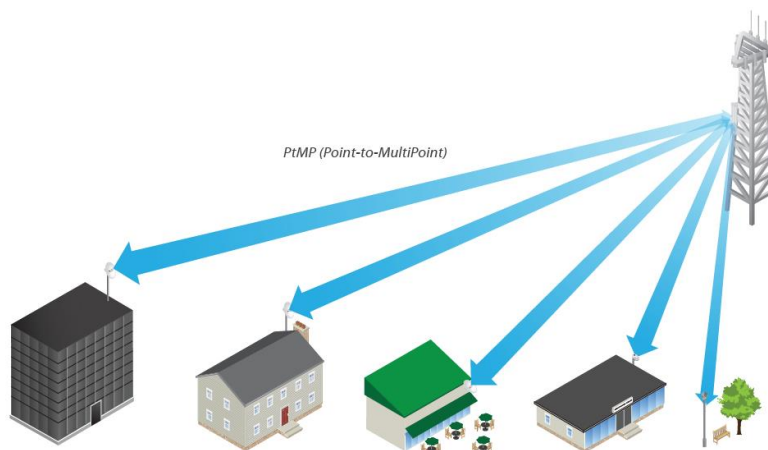
La antena sectorial airMAX 5G19-120 es un dispositivo de alta gama que es perfecto para diseñar una arquitectura de red compleja. El uso de tecnologías modernas en la antena permite lograr una forma de haz óptima, máxima eficiencia y altas ganancias de energía.

Es muy resistente a las interferencias de ruido y diseñados para transmisión multipunto de alta capacidad.

Es una antena sectorial de 19dBi de 120 grados para 5.8GHz que trabaja como estación base punto a multipunto AirMax MIMO 2X2. Utiliza la tecnología airMAX que permite a cada cliente enviar y recibir datos utilizando el tiempo preestablecido. Este método de intervalo de tiempo elimina colisiones de nodos ocultos y maximiza eficiencia en tiempo de aire. Proporciona mejoras en la latencia, rendimiento y escalabilidad comparado con todos los demás equipos exteriores de su clase.

Esta antena es compatible con radios como: RocketM5, R5AC-LITE, R5AC-PRISM estos fueron diseñados para integrarse de forma transparente como una sola radio base.

**Figura 35:** *Punto a Multipunto WISP.*



Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.



*Figura 36: Características de las antenas para Punto a Multipunto.*

Antenna Characteristics				
Model	AM-5G16-120	AM-5G17-90	AM-5G19-120	AM-5G20-90
Dimensions*	367 x 63 x 41 mm (14.45 x 2.48 x 1.61")	367 x 63 x 41 mm (14.45 x 2.48 x 1.61")	700 x 135 x 73 mm (27.56 x 5.32 x 2.87")	700 x 135 x 70 mm (27.56 x 5.32 x 2.76")
Weight*	1.1 kg (2.43 lb)	1.1 kg (2.43 lb)	5.9 kg (13 lbs)	5.9 kg (13.01 lb)
Frequency Range	5.10 - 5.85 GHz	4.90 - 5.85 GHz	5.15 - 5.85 GHz	5.15 - 5.85 GHz
Gain	15.0 - 16.0 dBi	16.1 - 17.1 dBi	18.6 - 19.1 dBi	19.4 - 20.3 dBi
HPOL Beamwidth	137° (6 dB)	72° (6 dB)	123° (6 dB)	91° (6 dB)
VPOL Beamwidth	118° (6 dB)	93° (6 dB)	123° (6 dB)	85° (6 dB)
Electrical Beamwidth	8°	8°	4°	4°
Electrical Downtilt	4°	4°	2°	2°
Max. VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)	200 km/h (125 mph)	200 km/h (125 mph)	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	41.7 N @ 200 km/h (9.375 lbf @ 125 mph)	41.7 N @ 200 km/h (9.375 lbf @ 125 mph)	137.9 N @ 200 km/h (31 lbf @ 125 mph)	182 N @ 200 km/h (41 lbf @ 125 mph)
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	22 dB Min.	22 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included			

Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

**Tabla 9:** *Características de la antena AM 5G19-120.*

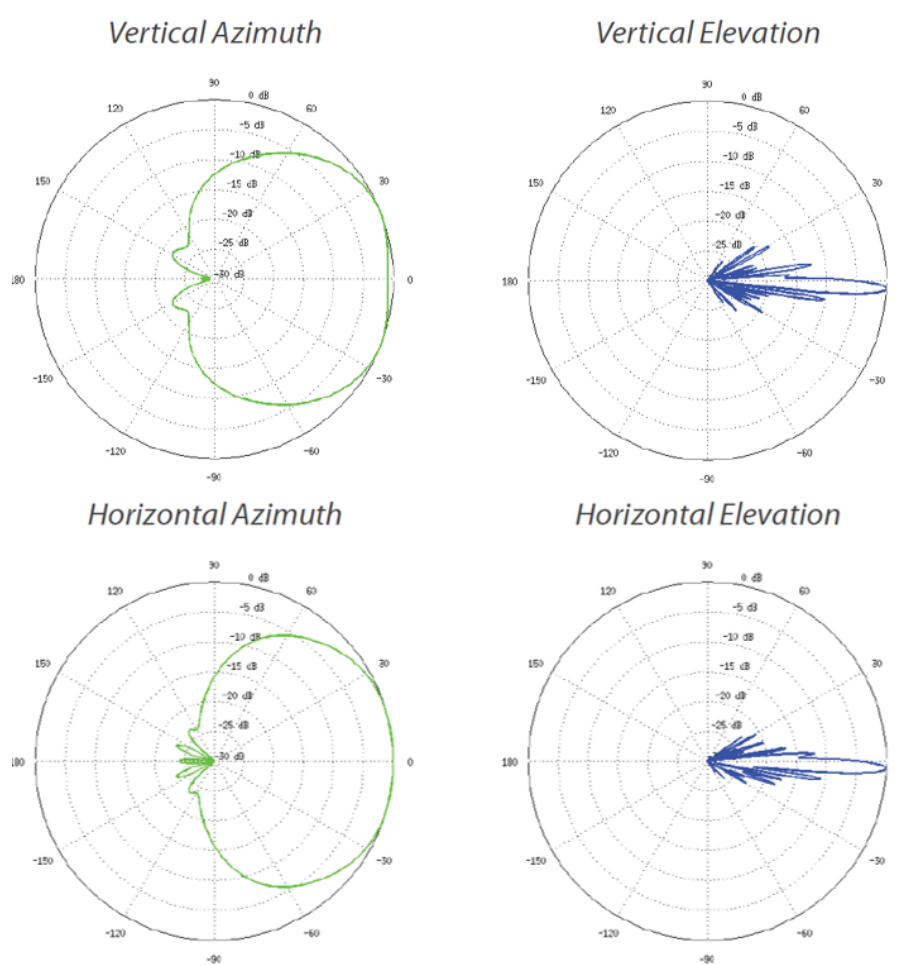
Modelo	AM 5G19-120
Tipo de antena	Sectorial
Tipo MIMO	2X2
Banda de frecuencia	5.15 – 5.85 GHz
Ganancia	19dBi
Angulo de radiación horizontal	123° (6 dB)
Angulo de radiación vertical	123° (6 dB)

---

Tipo de conector	2x RP-SMA
Max VSWR	1.5:1
Resistencia al viento	200Km/h (125mph)
Polarización	Horizontal y Vertical (dual)

---

Figura 37: Azimut y elevación de la antena AM 5G19-120.



Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

#### 4.2.4 Radio Rocket M5

Radio ideal para aplicaciones de punto a punto (PtP) o punto a multipunto (PtMP) compatible con las antenas del sector airMAX, RocketDish, Omni y Yagi.

**Figura 38:** Radio Rocket M5.



Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

**Tabla 10:** Características del radio Rocket M5.

Modelo	Rocket M5
Modo de operación	Access Point, estación
Servicios	Web server, SNMP, SSH Server, telnet, ping watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing
Potencia	500 mW(27dBm)
Polarización	2x2 MIMO
Estándar	802.11 a/n

Tecnología Airmax	150Mbps
Rango de operación	5150 – 5875 MHz
Ancho de canal	5, 8, 10, 20, 30 y 40 MHz configurable
Fuente de alimentación	POE Pasivo 24V 1A
Puerto gigabit	Ethernet
Temperatura	-30°C a 75°C
2 conectores	SMA - hembra inverso (requiere antena externa)
Seguridad	WPA2 AES Only

**Figura 39:** Especificaciones de potencia del radio Rocket M5.

M5 Output Power: 27 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11a	6 - 24 Mbps	27 dBm	± 2 dB	802.11a	6 - 24 Mbps	-94 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n/airMAX	MCS0	27 dBm	± 2 dB	802.11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	27 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	27 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	27 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	26 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	27 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	27 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	27 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	27 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	26 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	21 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

#### 4.2.5 Litebeam m5 o 5AC

**Figura 40:** Antena direccional Litebeam M5.

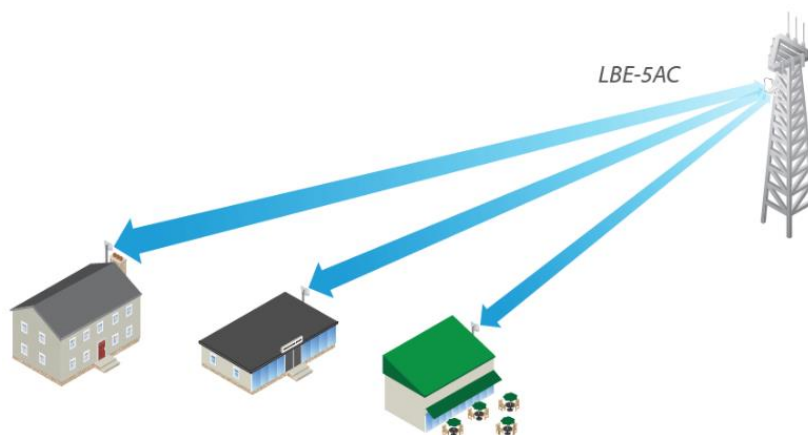


Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

Radio principal del cliente” última milla”, el cual se conecta de forma inalámbrica a una estación base (EB).

Provee 23dBi de ganancia para una conectividad de largo alcance, es una antena direccional con un patrón mejorado para inmunidad al ruido.

**Figura 41:** Enlace última milla.



Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

**Tabla 11:** Características de las antenas M5 y 5AC

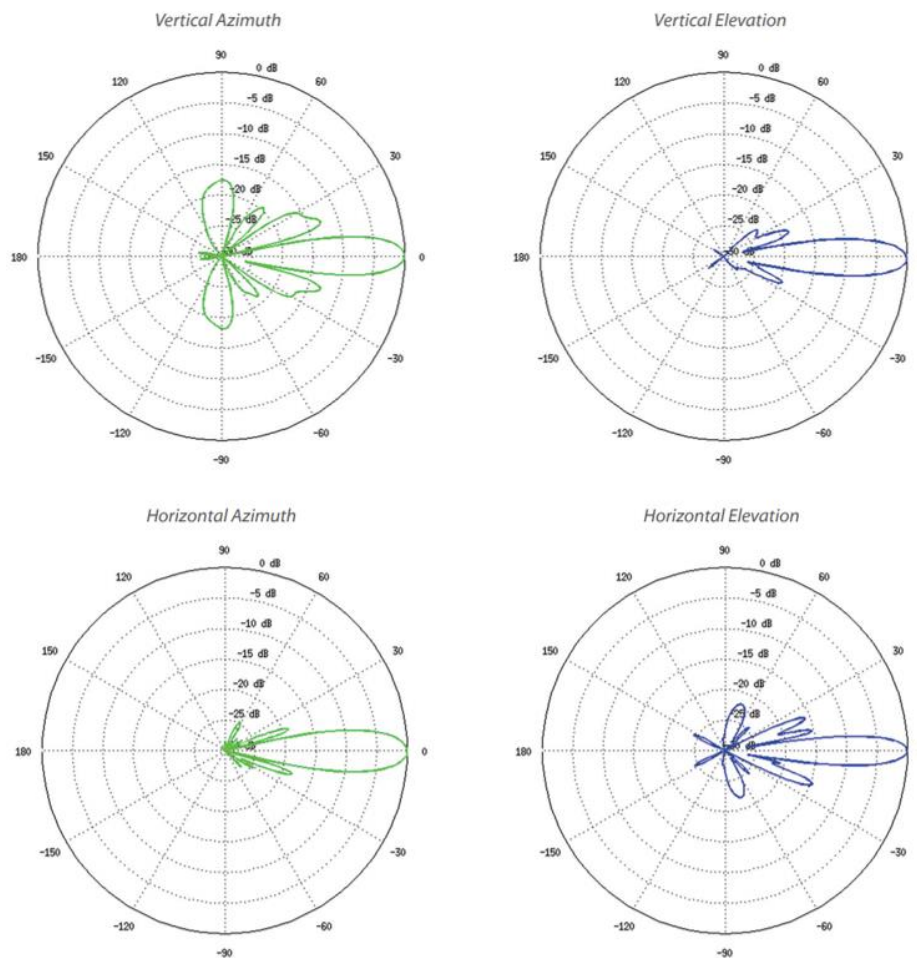
Modelo	LBE-M5-23	LBE-5AC-23	Power beam m5 400
Frecuencia de operación	(5150 – 5875) MHz	(5150 – 5875) MHz	(5170 – 5875) MHz
Ganancia	23dBi	23dBi	25dBi
Potencia	23dBm	24dBm	26dBm
Fuente de alimentación	24V 0.2A	24V 0.3A	24V 0.5A
Temperatura	-40°C a 70°C	-40°C a 70°C	-40°C a 70°C
Tipo de antena	1x1 SISO	2X2 MIMO	2X2 MIMO
Polarización	vertical	Vertical + horizontal	Vertical y horizontal
Resistencia al viento	200 km/h(125mph)	200 km/h(125mph)	200 km/h(125mph)
Enlace	PtP	PtP	PtP

**Figura 42:** Especificaciones de potencia de la antena Litebeam M5.

Output Power: 24 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (½)	24 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (½)	-96 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (½)	24 dBm	± 2 dB		2x QPSK (½)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (¾)	24 dBm	± 2 dB		2x QPSK (¾)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (½)	24 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (½)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (¾)	24 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (¾)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	23 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	22 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	21 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (¾)	20 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (¾)	-69 dBm	± 2 dB
8x 256QAM (¾)	19 dBm	± 2 dB	8x 256QAM (¾)	-65 dBm	± 2 dB		

Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

**Figura 43:** Azimut y elevación de la antena Litebeam M5.



Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

#### 4.2.6 RB2011UiAS-RM

Es una serie de dispositivos multipuerto de bajo costo. Diseñado para uso en interiores y disponible en muchos casos diferentes, con multitud de opciones.

Funciona con RouterOS, un sistema operativo de enrutamiento con todas las funciones. Firewall, VPN, MPLS, Hotspot, enrutamiento dinámico, calidad de servicio avanzada, BALANCEO y vinculación de carga, configuración y monitoreo en tiempo real.

**Figura 44:** Routerboard RB2011UiAS-RM.

Nota. Fuente: Ubiquiti, 2021.

**Tabla 12:** Características de Routerboard RB2011UiAS-RM

<b>Modelo</b>	<b>RB2011UiAS-RM</b>
<b>Especificaciones</b>	
Frecuencia nominal de la CPU	600MHz
Dimensiones	443x92x44 mm
Sistema operativo	RouterOS
Licencia de RouterOS	5
Tamaño de almacenamiento	128MB
Tamaño de RAM	128MB
Temperatura ambiente	-40°C a 60°C
<b>Alimentación</b>	
Fuente DC	24V 1.2A
Voltaje de entrada DC jack	8-30V
Consumo de energía	28W
Consumo máximo de energía sin accesorios	6W



---

**PoE-out**

Puertos de salida PoE	Ether 10
PoE hacia fuera	PoE pasivo
Salida máxima por puerto de salida	510mA

**Ethernet**

Puertos Ethernet 10/100	5
Puertos Ethernet 10/100/1000	5

**Fibra**

SFP DDMI	Si
Puertos SFP	1

**Periféricos**

Puerto de consola serial	RJ45
Numero de puertos USB	1

**Certificaciones y aprobaciones**

Certificación	CE, EAC, ROHS
IP	IP20

**Otro**

Monitor de temperatura de PCB	Si
Monitor de voltaje	si

---

**4.2.7 Switch TL-SG1008P**

Es un switch no administrable que permite conectar entre sí dispositivos de red de un modo sencillo. Incorpora capacidades de red Gigabit Ethernet a 1000Mbps y Fast Ethernet a

10/100Mbps. 4 de los 8 puertos RJ45 (del puerto 1 al 4) del switch soportan el modo Power over Ethernet (PoE). Estos puertos detectan automáticamente la presencia de dispositivos PoE compatibles con el estándar IEEE 802.3af y les suministran alimentación eléctrica.

Tiene protección contra sobrecargas y se produce cuando el consumo eléctrico de los equipos PoE es mayor o igual que 53W, se establece una prioridad de alimentación entre los puertos PoE en función de la cual el equipo interrumpe la alimentación en el puerto que posea una menor prioridad.

**Figura 45:** *Switch TL-SG1008P.*



Nota. Fuente: TpLink, 2021.

Este modelo de switch es fácil de instalar y utilizar ya que no requiere ningún tipo de configuración. En la siguiente tabla indica las características del switch TL-SG1008P.

**Tabla 13:** *Características del switch TL-SG1008P*

<b>Modelo</b>	<b>TL-SG1008P</b>
Tipo de switch	No administrable
Alimentación	48V 1.25A
Consumo de energía	53W
PoE	Puertos (1, 2, 3 y 4)
PoE Potencia	15.4W
Ancho de banda total	16Gbps

Estándar	Compatible con 802.3af
Cantidad de puertos	8 puertos

#### 4.2.8 UPS RT-602LCD

RT-602LCD es un sistema de alimentación ininterrumpible (UPS) de línea interactiva, concebido para brindar protección eléctrica a su computador personal y periféricos.

**Figura 46:** UPS RT-602LCD.



Nota. Fuente: Forza, 2022.

El regulador automático de voltaje integrado estabiliza la tensión de entrada con el fin de garantizar el suministro de corriente estable y limpio a componentes críticos. Otras funciones tales como el inicio con corriente continua y la carga con el interruptor apagado convierten a este compacto sistema UPS en la solución ideal para salvaguardar los dispositivos electrónicos contra la amenaza constante de fluctuaciones, interrupciones y demás irregularidades en la línea de suministro.

**Tabla 14:** Características del UPS RT-602LCD

<b>Modelo</b>	<b>RT-602LCD</b>
---------------	------------------

---

Capacidad	600VA/360W
<b>Entrada</b>	
Tensión nominal	220V
Margen de tensión	154-275VCA
Frecuencia	45-65 Hz (detección automática)
<b>Salida</b>	
Tensión nominal	220V +/-10%
Frecuencia	50/60Hz
Tomacorrientes con respaldo de batería	4
Tomacorrientes exclusivos contra sobretensión	4
Cargador USB	5V DC, 2.1 A (2)
<b>Batería</b>	
Tipo y numero de baterías	12V/7Ah (1)
Tiempo de autonomía	25 min.
Tiempo de recarga	Hasta el 90% de su capacidad en 6 horas
Modelo con batería intercambiable	Reemplazo sin herramientas
<b>Alarmas indicadoras</b>	
Indicadores visuales	La pantalla LCD de lectura con luz de fondo azul exhibe el voltaje de entrada y de salida, la capacidad de la batería, el

---

---

	nivel de carga y el estado funcional de la UPS
	Modo de batería: se activa dos veces cada 8 segundos.
Audible	Bajo voltaje de la batería: se activa 4 veces por segundo.
	Sobrecarga y falla: sonido continuado.

---

### **4.3 Torre de Comunicación y Sistema de Protección Contra Descargas Atmosférica**

#### **4.3.1 Torre de Comunicación**

Estructuras soportadas por cables de acero unidos a ganchos tensores, conocidas, ventadas o torres con tirantes.

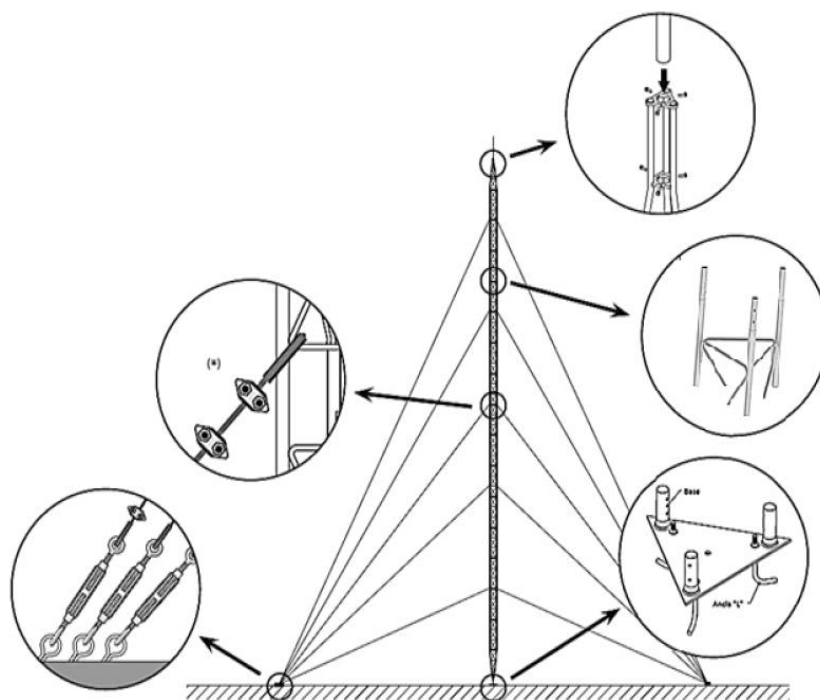
Pasos para la instalación de una torre de comunicación.

- El montaje de la torre consiste en fijar a la base el tramo inferior y colocarlo en posición vertical nivelándolo.
- Tramos intermedios sucesivos, que estarán equipados con los vientos correspondientes: el montaje se realiza escalando los tramos ya colocados e izando posteriormente el tramo que se va a colocar, ayudándose de utillaje de elevación adecuado.
- La escalada deberá realizarse con los medios de seguridad adecuados (cinturón de seguridad, anclajes, línea de vida) más de dos tramos seguidos sin arriostrar, cuando

- coincidan dos tramos sin vientos, se utilizarán vientos auxiliares para el arriostramiento de los tramos durante el montaje.
- La torre ira nivelando mediante el ajuste de la tensión de los vientos y la utilización de aparatos de nivelación convenientes.
  - Señalización: De acuerdo con las normas de la OACI (Organización nacional de Aviación Civil), los tramos deberán colocarse alternativamente en colores aeronáuticos blanco y rojo, siendo distinguidos durante el día.
  - Los tramos pueden estar formados por más de un elemento seguido del mismo color, manteniendo siempre la misma proporción entre los colores (rojo-blanco-rojo).
  - En torres con altura superior a los 30m. Deberá colocarse además un balizamiento nocturno, consistente en tres luces dobles en color rojo.

En la siguiente imagen se muestra el proceso de la instalación de la torre ventada.

**Figura 47:** *Partes de una torre ventada.*



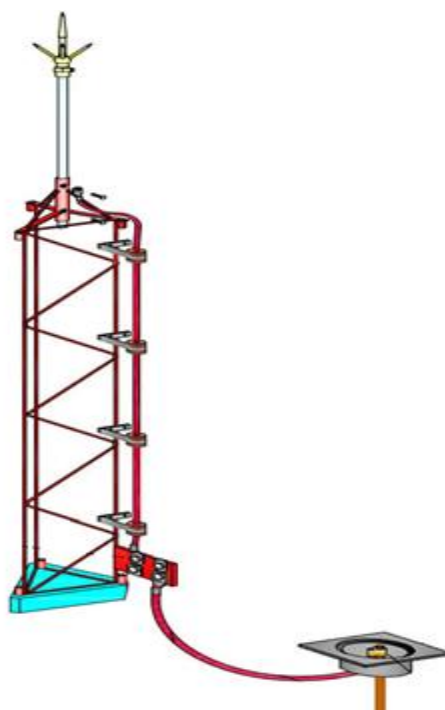
### 4.3.2 Pararrayos

Pasos para la instalación de un sistema de pararrayos.

- Se tiene que tener una torreta de elevación triangular, donde va ir sujeto el mástil galvanizado.
- En la parte superior se sujeta el pararrayos de Franklyn que consta de varios punzones.
- Al final del mástil tenemos un soporte aislado de la torre donde se conecta el cable de cobre.
- El cable baja por los soportes aislados de la torre hasta el terminal inferior.
- Ya en el suelo tenemos la caja de inspección donde tenemos la unión a la jabalina o pozo a tierra, que hace la descarga a tierra.

En la siguiente imagen se muestra la instalación de un sistema de pararrayos.

**Figura 48:** Torre de comunicación y sistema de pararrayo.



### **4.3.3 Pozo a Tierra**

Pasos para la instalación de pozo a tierra.

- Proceder con la excavación del terreno, aproximadamente 3m de profundidad. Al realizarlo se debe quitar el cascajo o toda la piedra existente.
- Colocar la varilla de cobre de posición vertical u horizontal dependiendo del tipo de pozo a tierra.
- Determinar la resistencia que se requiere (para telecomunicaciones menor de 5 ohmios).
- Rebutir el pozo con material cernido y luego emplear el compactador.
- Diluir el contenido del aditivo empleado con el agua y vaciar en el pozo hasta que sea absorbido y rellenado el pozo por completo. Tener en consideración que la varilla de cobre tenga descubierta unos 20cm para el conexionado del conector de la línea.
- Como ultimo procedimiento es ubicar la caja de concreto para facilitar las mediciones o mantenimientos.

## **4.4 Simulación de Enlaces**

Enlace nodo base Acopia \_ nodo 1 Santo Domingo

d: 3.26 Km

### **4.4.1 Propiedades del Mapa**

Para el diseño de radio enlace mediante Radio Mobile se tiene la siguiente tabla de coordenadas geográficas.



**Tabla 15:** *Coordenadas geográficas del mapa de trabajo en Radio Mobile.*

<b>Mapa</b>	<b>Coordenadas geográficas</b>	<b>Altura (msnm)</b>
Ubicación	14°04'34.5" S 71°29'40.3" O	3720,6

**Tabla 16:** *Tamaño del mapa de trabajo*

<b>Mapa</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>
Tamaño(pixel)	800	600
Tamaño(km)	14.67	11

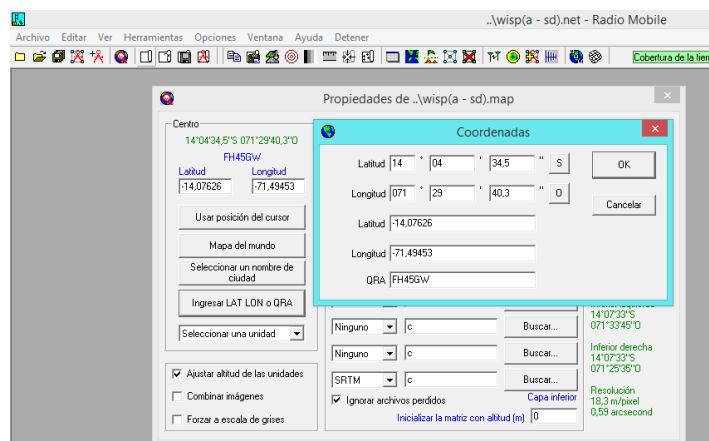
Dichas coordenadas geográficas son importantes para la ubicación de las estaciones NODO BASE Y NODO 1 en el software Radio Mobile.

A continuación, se indica los pasos para el diseño de radio enlace de red.

Con las coordenadas geográficas de ubicación se obtiene los mapas necesarios que abarcan toda la zona geográfica de la red a diseñarse. Para ello se va al menú y click en propiedades del mapa.

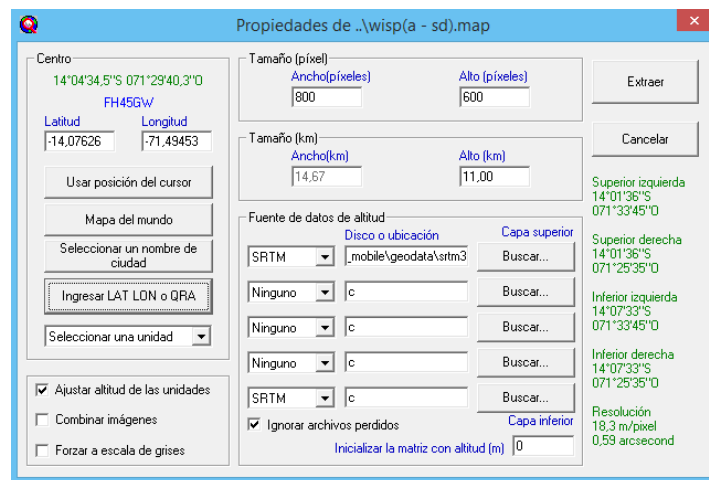
La aplicación pide el punto central del mapa que se quiere introducir, con lo cual se va a indicar un punto central, en el que se pueda observar todas las estaciones de red.

**Figura 49:** *Coordenadas geográficas del mapa de trabajo - Radio Mobile.*

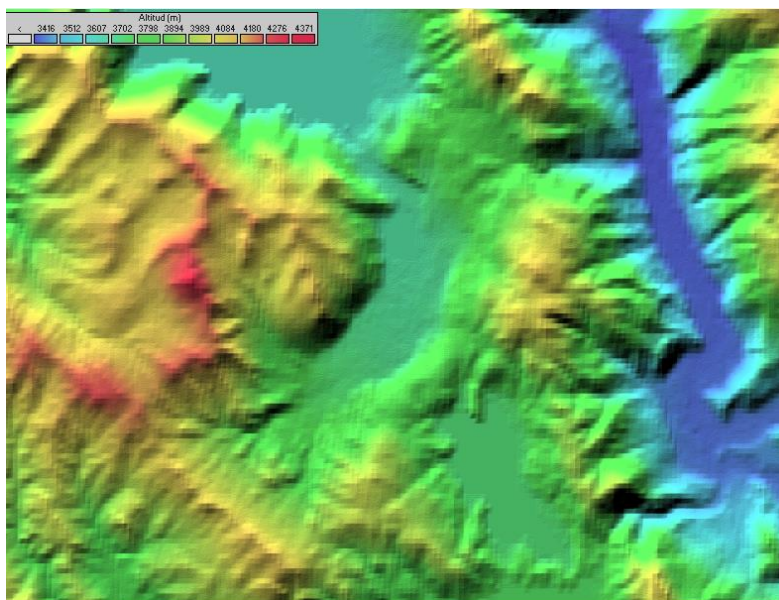


Especificar cuantos kilómetros va a abarcar esta área y el ancho alto en pixeles de la imagen final.

**Figura 50:** *Tamaño del mapa de trabajo - Radio Mobile.*



**Figura 51:** *Generación del mapa de trabajo - Radio Mobile.*



#### 4.4.2 *Propiedades de las Unidades*

Para situar las distintas estaciones, se debe conocer las coordenadas de cada estación. Se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 17:** *Coordenadas geográficas de las estaciones*

<b>Emplazamiento</b>	<b>Coordenadas geográficas</b>	<b>Altura (msnm)</b>
NODO BASE - ACOPIA	14°03'29.8" S 71°29'30.2" O	3720,6
CPE A01	14°03'44.1" S 71°29'26.8" O	3718,9
CPE A02	14°03'26.5" S 71°29'45.3" O	3713,8
CPE A03	14°03'6.6" S 71°29'56.2" O	3708,7
NODO 1 – SANTO DOMINGO	14°05'8.5" S 71°30'8.5" O	3745,7
CPE SD01	14°06'4.4" S 71°31'8.8" O	3920,7

CPE SD02	14°05'41.8" S 71°30'50.8" O	3807
CPE SD03	14°04'46.8" S 71°29'44" O	3723,1

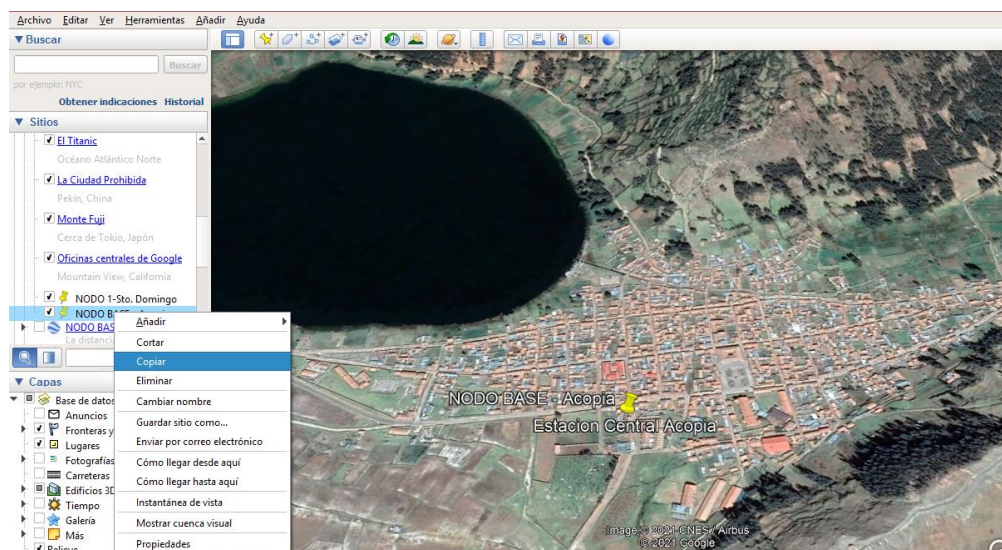
#### 4.4.2.1 Propiedades de Unidad Para Estación Acopia.

Para introducir cada uno de los valores se tendrá que seguir los siguientes pasos:

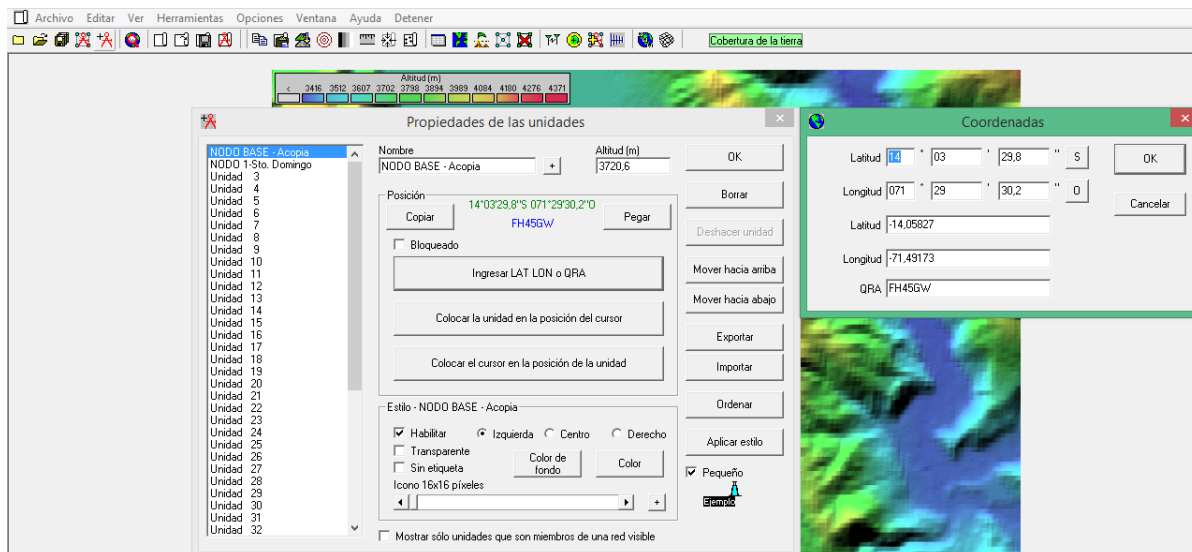
Seleccionar propiedades de las unidades.

- Una vez dentro de la ventana de configuración, se escoge la unidad 1 y se cambia el nombre por NODO BASE – ACOPIA y se realiza lo mismo para las siguientes unidades.
- Para generar la ubicación de la estación NODO BASE – Acopia. Se ingresa a Google earth, se ubica el punto específico y se copia las coordenadas. Luego en la ventana de propiedades de unidades, seleccionar y darle click en la opción pegar.

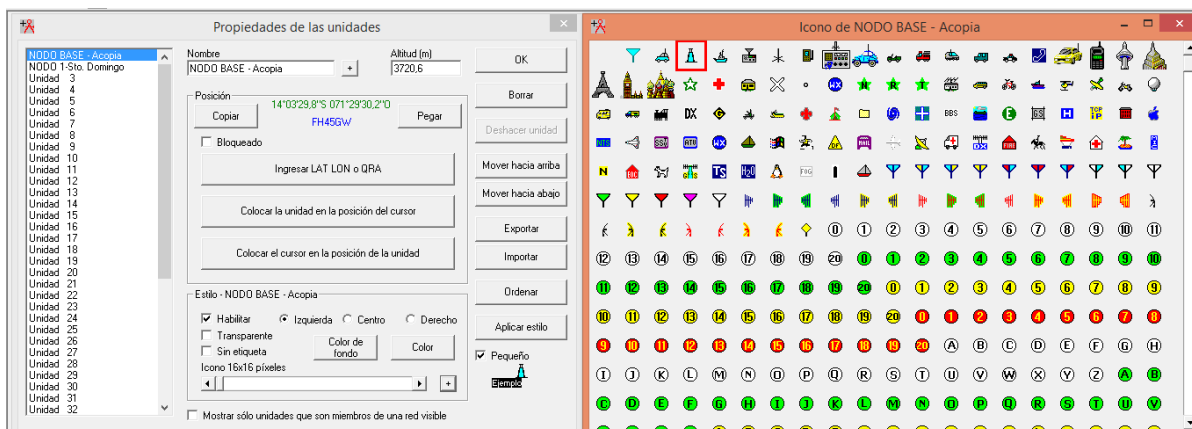
**Figura 52:** Ubicación de la unidad Nodo Base Acopia.



**Figura 53:** Configuración de propiedades de la unidad *Nodo Base Acopia - Radio Mobile*.



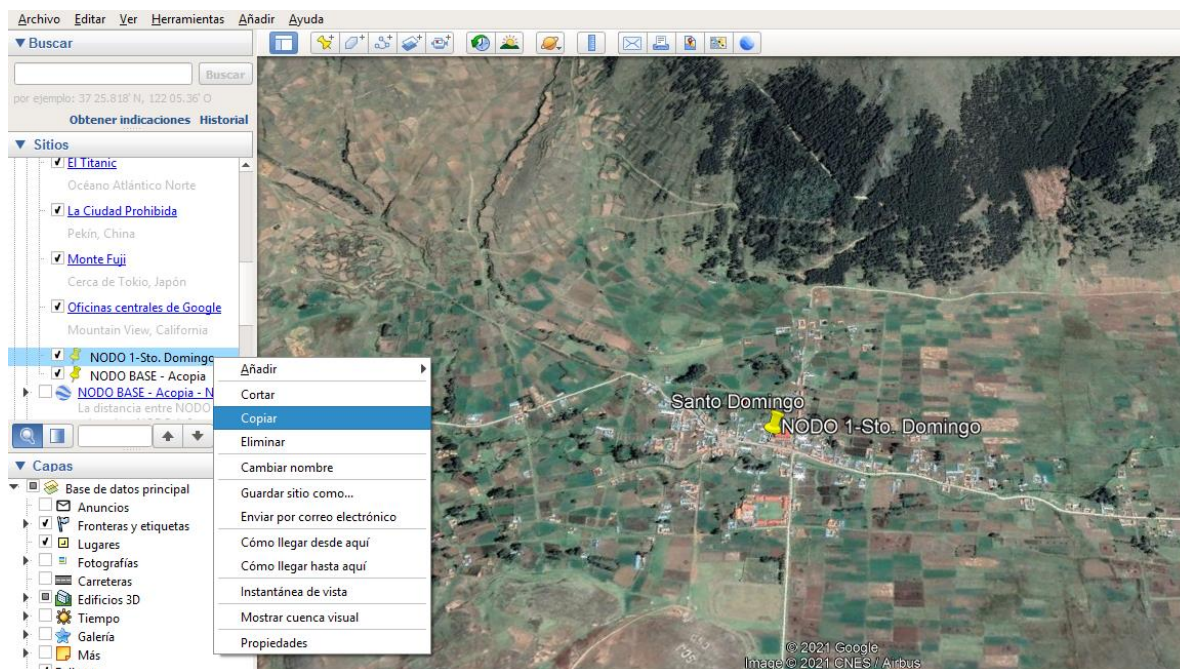
**Figura 54:** Asignación de icono para *Nodo Base Acopia - Radio Mobile*.



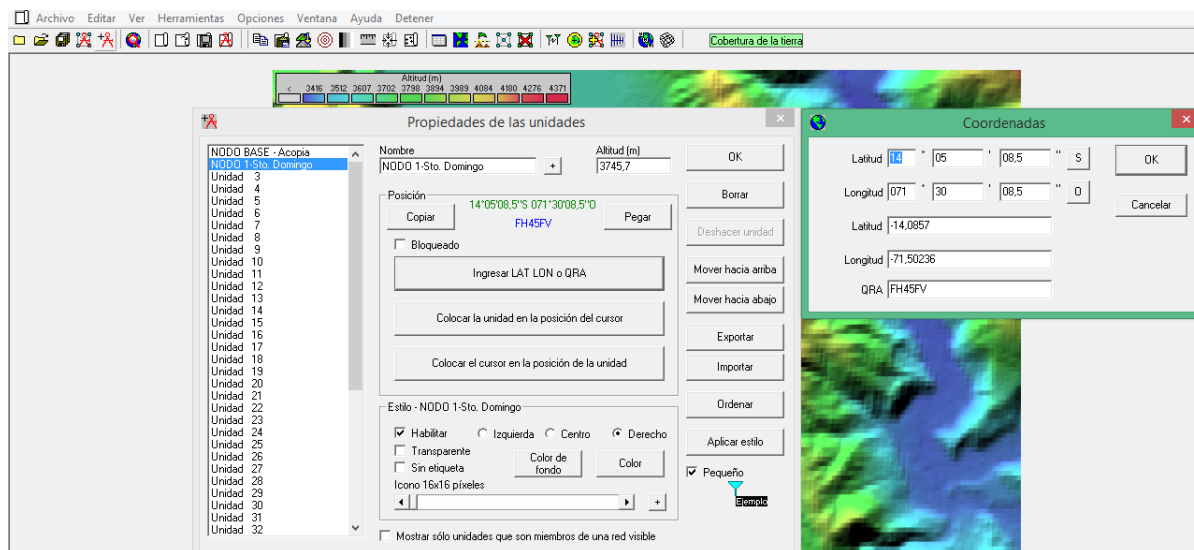
#### 4.4.2.2 Propiedades de Unidad Para Estación Santo Domingo.

Para generar la ubicación de la estación NODO 1 – Sto. Domingo. Se ingresa a Google earth, se ubica el punto específico y se copia las coordenadas. Luego en la ventana de propiedades de unidades, seleccionar y darle click en la opción pegar.

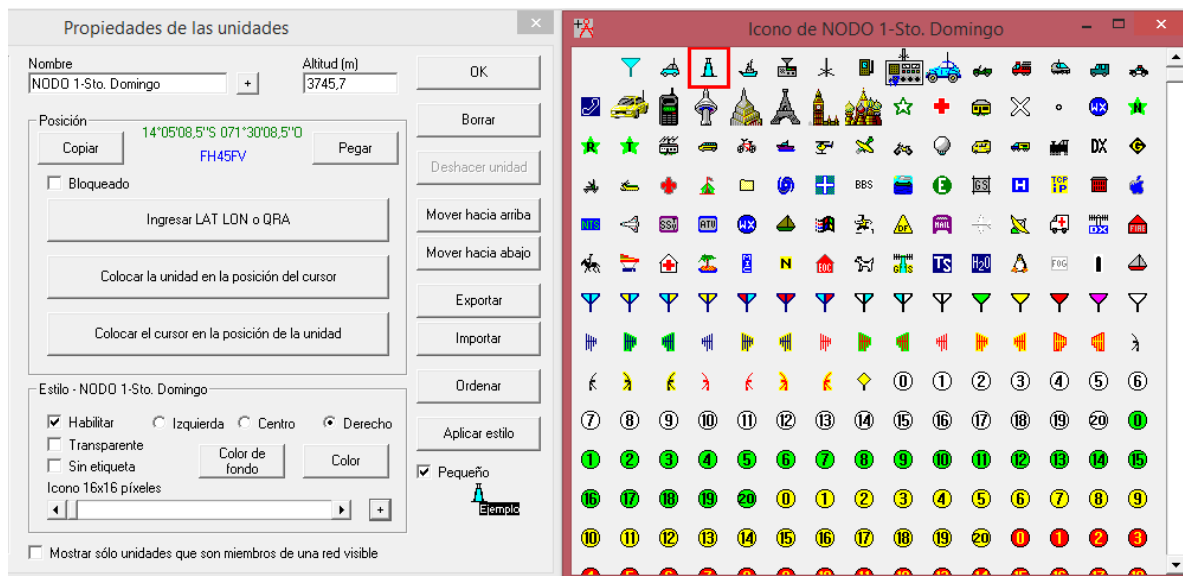
**Figura 55:** Ubicación de la unidad Nodo 1 Santo Domingo.



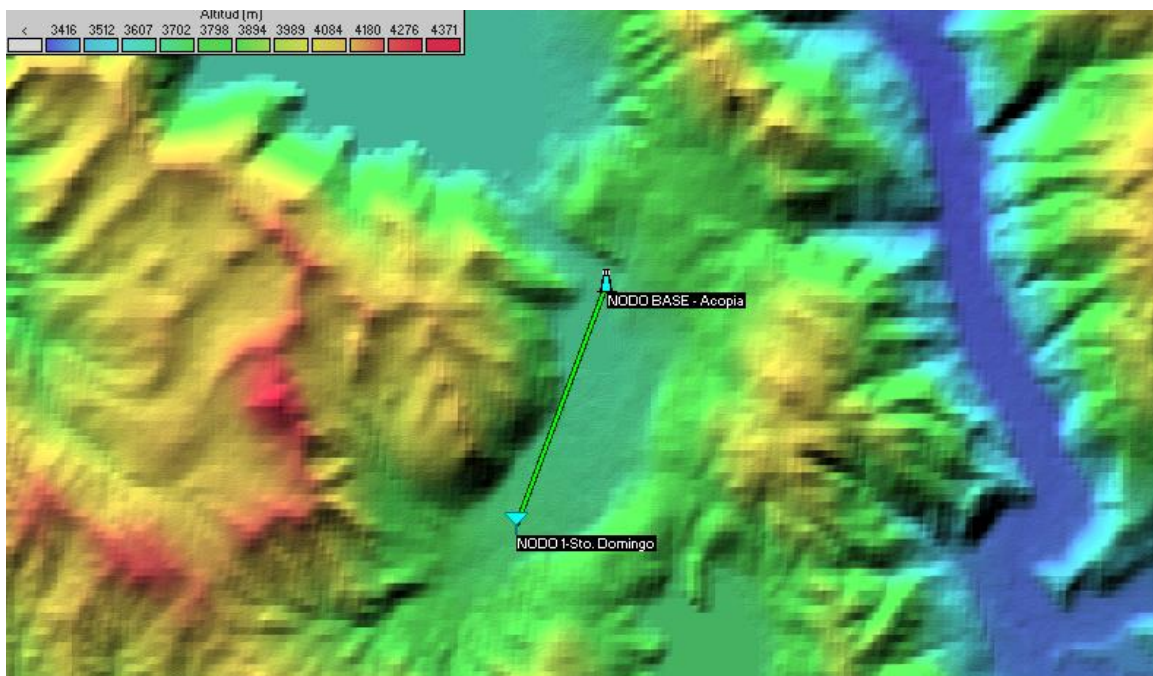
**Figura 56:** Configuración de propiedades de la unidad Nodo 1 Santo Domingo - Radio Mobile.



**Figura 57:** Asignación de icono para Nodo 1 Santo Domingo - Radio Mobile.



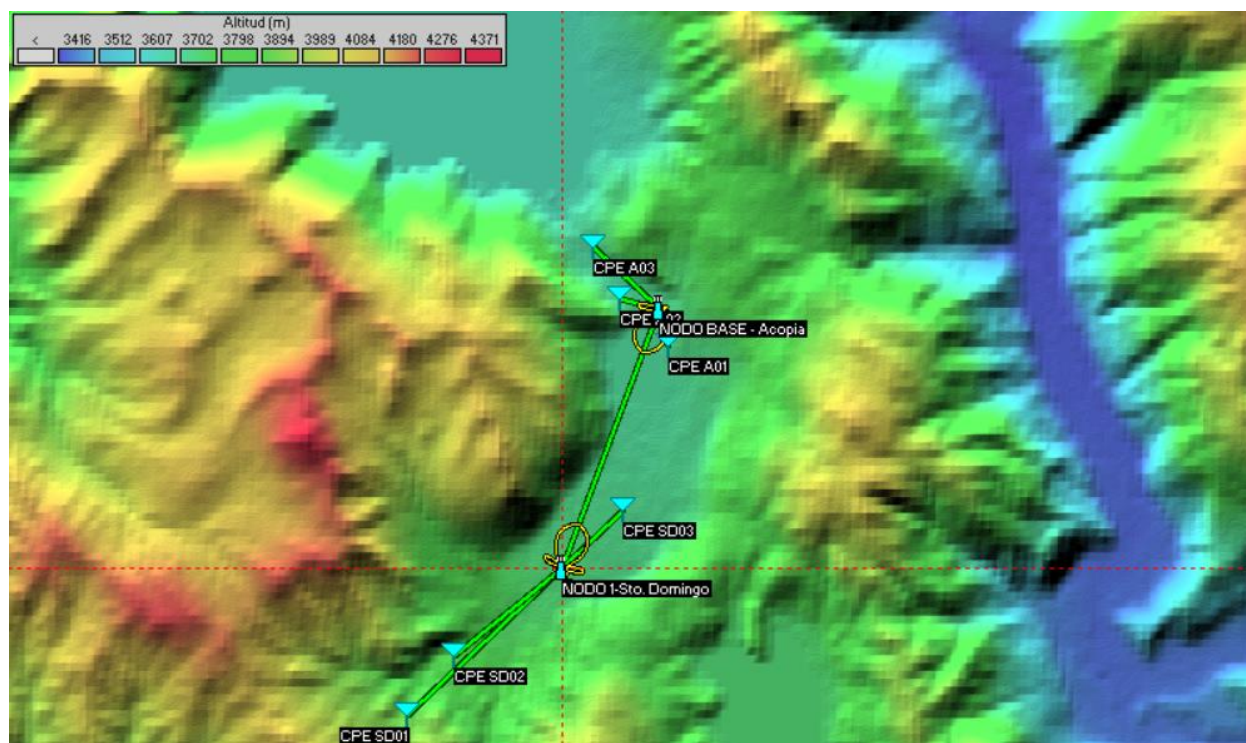
**Figura 58:** Generación de las estaciones Nodo Base Acopia y Nodo 1 Sto. Domingo - Radio Mobile.



**Figura 59:** *Generación de las estaciones Nodo Base Acopia y Nodo 1 Sto. Domingo - Google Earth.*



**Figura 60:** *Generación de estaciones y CPE - Radio Mobile.*





### **4.4.3 Propiedades de la Red**

Consiste en asignar valores a las variables para el cálculo de propagación y se realiza a través del menú Propiedades de las Redes, en lo cual aparece una ventana con varias opciones como: parámetros, topología, miembros, sistemas y estilo.

#### **4.4.3.1 Parámetros.**

Hacen referencia al clima, tipo de terreno, modo estadístico, polarización, nombre de la red y frecuencias de operación.

El primer paso es seleccionar un registro de la lista de las redes. En este caso se selecciona la red 01 y se le asigna el nombre PtP (Nodo Base - Nodo 1). Se realiza lo mismo para las siguientes redes.

- Frecuencia mínima [MHz]: umbral inferior de la banda de frecuencias para la que se realizaran los cálculos.
- Frecuencia máxima [MHz]: umbral superior de la banda de frecuencias para la que se realizaran los cálculos.
- Polarización(vertical/horizontal): polarización de las antenas empleadas en la red, la polarización vertical es la utilizada normalmente en los enlaces radio de las bandas VHF y UHF, ya que con esta polarización las ondas sufren menor atenuación que las que tienen polarización horizontal.
- Refractividad de la superficie[unidades-N]:
- Conductividad del suelo[S/m]:
- Permitividad relativa al suelo:

- Clima (Ecuatorial, Continental sub tropical, Marítimo sub tropical, Desierto, Continental templado, Marítimo templado sobre la tierra, Marítimo templado sobre el mar): este parámetro influye en el índice de refracción del aire y en la probabilidad de aparición de desvanecimientos de la señal (fading). Se seleccionó el clima continental templado.
- Modo estadístico (intento, accidental, móvil, difusión): modo de variabilidad de las señales en función de las características del sistema. Se selecciona la opción intento ya que el envío de información es desde un emisor a un receptor (unicast).

**Figura 61:** *Parámetros del BackHaul - Radio Mobile.*

The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' dialog box. On the left, a list of networks is shown, with 'PtP(Nodo Base - Nodo 1)' selected. The main area is divided into tabs: 'Parámetros', 'Topología', 'Miembros', 'Sistemas', and 'Estilo'. The 'Parámetros' tab is active, displaying the following settings:

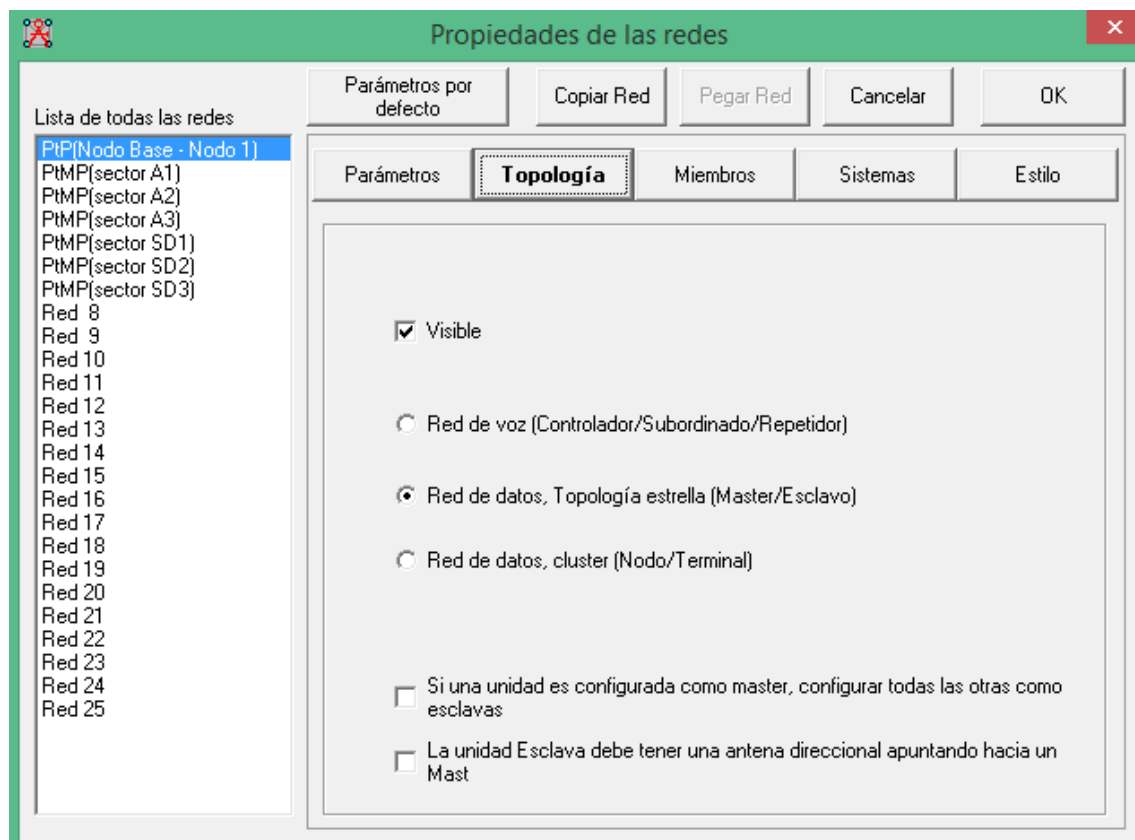
- Nombre de la red: PtP(Nodo Base - Nodo 1)
- Refractividad de la superficie (Unidades-N): 301
- Conductividad del suelo (S/m): 0,005
- Permitividad relativa al suelo: 15
- Frecuencia mínima (MHz): 5150
- Frecuencia máxima (MHz): 5875
- Polarización:  Vertical,  Horizontal
- Modo estadístico:  Intento (50% de tiempo),  Accidental (50% de ubicaciones),  Móvil,  Difusión (70% de situaciones)
- Clima:  Ecuatorial,  Continental sub-tropical,  Marítimo sub-tropical,  Desierto,  Continental templado,  Marítimo templado sobre la tierra,  Marítimo templado sobre el mar

### 4.4.3.2 Topología.

En esta sección se definirá la topología de radio enlace. Se selecciona la red en el cuadro izquierdo PtP (Nodo Base - Nodo 1) y se configura los siguientes parámetros. Se realiza lo mismo para las otras redes.

- Visible: activar para que la red sea visible en el mapa.
- Red de voz (controlador/subordinario/repetidor): para la comunicación entre estación de referencia y varias estaciones subordinadas. Ejemplo: red privada móvil (PMR)
- Red de datos, topología estrella (master/esclavo): para transmitir datos en la que la estación maestra controla a varias estaciones esclavas. Lo que se usa para este diseño.
- Red de datos, clúster(nodo/terminal): para red de datos que pueden retransmitir

**Figura 62:** Topología del BackHaul - Radio Mobile.

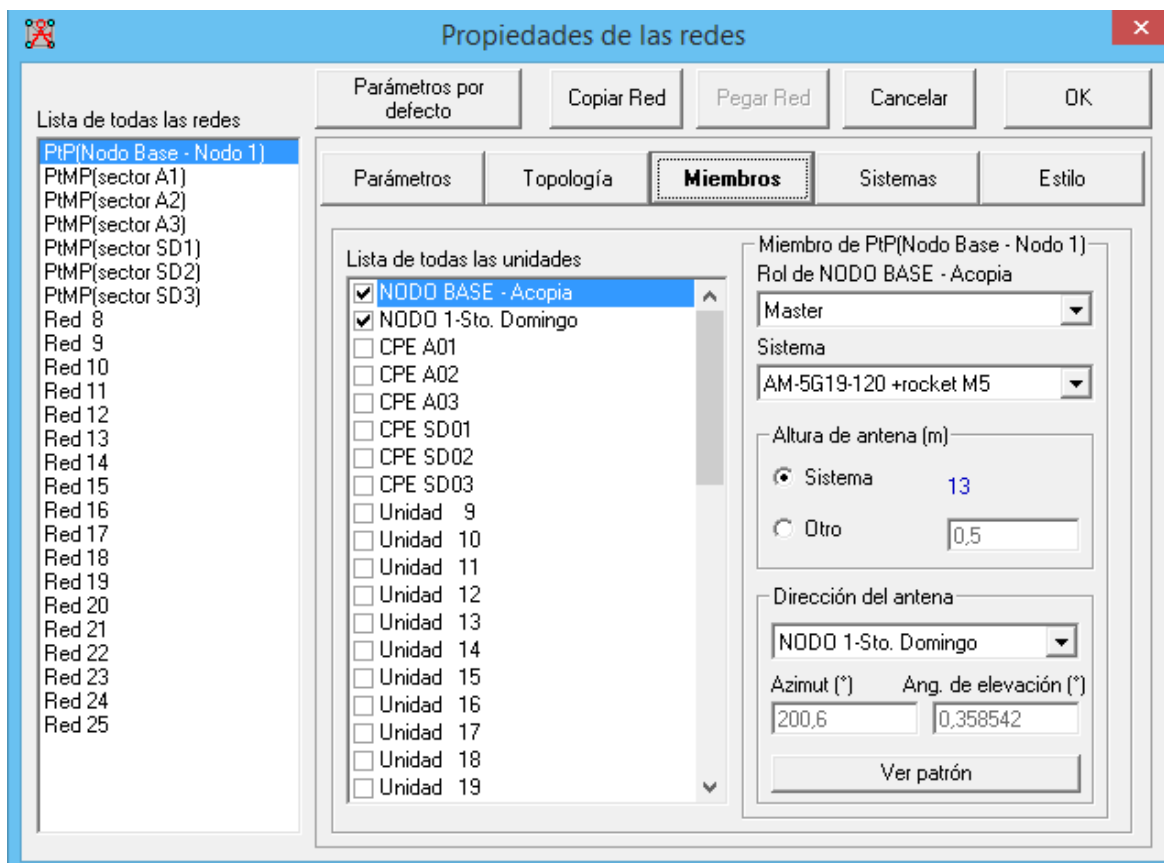


#### 4.4.3.3 Miembros o Definición de Estaciones.

Se indica el rol de cada unidad para que opere como maestro o esclavo, tabla 18.

**Tabla 18:** *Roles de las estaciones*

<b>Redes</b>	<b>Unidades o estaciones</b>	<b>Rol de unidad o estación</b>
PtP(Nodo Base – Nodo 1)	NODO BASE – Acopia	MAESTRO
	NODO 1-Sto. Domingo	ESCLAVO
PtMP (sector A1)	NODO BASE - Acopia	MAESTRO
	CPE A01	ESCLAVO
PtMP (sector A2)	NODO BASE - Acopia	MAESTRO
	CPE A02	ESCLAVO
PtMP (sector A3)	NODO BASE - Acopia	MAESTRO
	CPE A03	ESCLAVO
PtMP (sector SD1)	NODO 1- Sto. Domingo	MAESTRO
	CPE SD01	ESCLAVO
PtMP (sector SD2)	NODO 1- Sto. Domingo	MAESTRO
	CPE SD02	ESCLAVO
PtMP (sector SD3)	NODO 1- Sto. Domingo	MAESTRO
	CPE SD03	ESCLAVO

**Figura 63:** Rol de las unidades - Radio Mobile.

#### 4.4.3.4 Definición de Sistemas.

A partir de datasheet de los equipos se definen para cada sistema: la potencia del transmisor, umbral del receptor, tipo de antena, ganancia de antena. Además, se especifican la pérdida adicional cable, pérdida de la línea y la altura de antena en la torre.

**Tabla 19:** *Altura de la antena en la torre Tx y Rx*

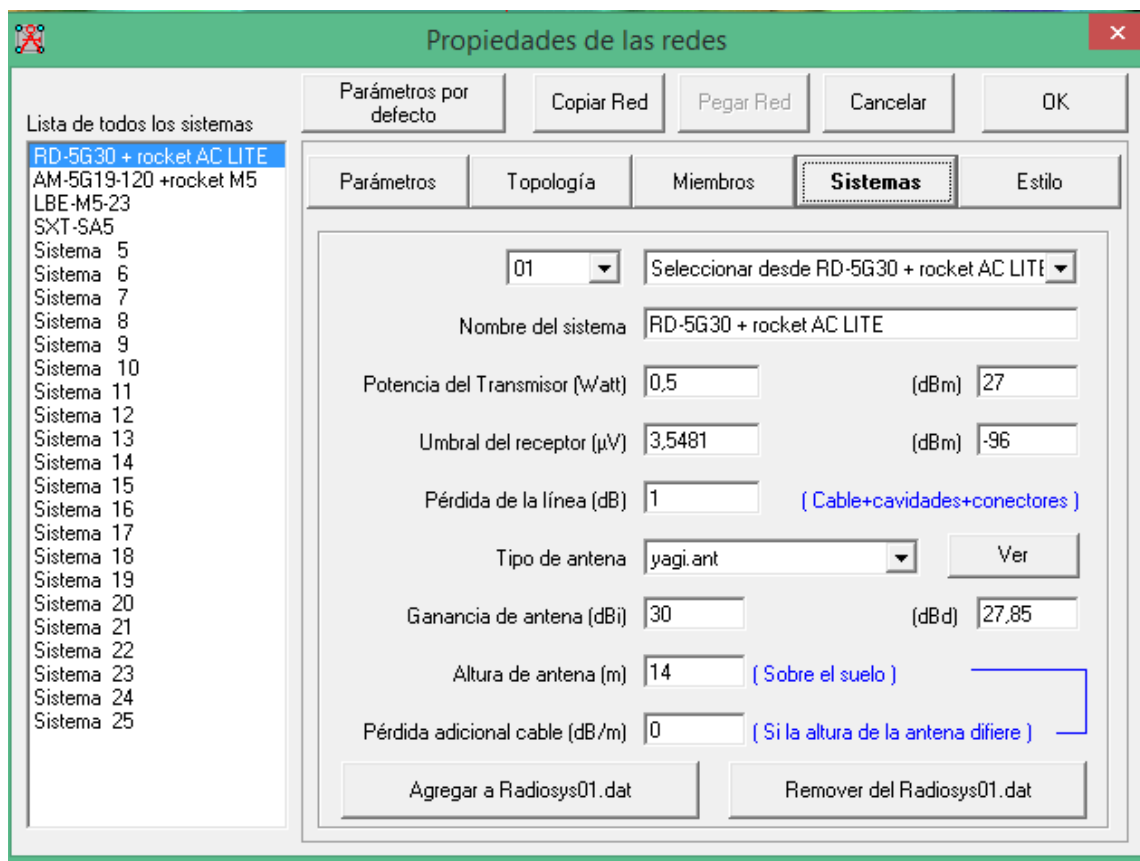
Redes	Unidades o estaciones	Altura de la antena en la torre Tx [m]	Altura de la antena en la torre Rx [m]

---

PtP (Nodo Base–Nodo 1)	NODO BASE – Acopia	14 metros	-
	NODO 1-Sto. Domingo	-	14 metros
PtMP (sector A1)	NODO BASE - Acopia	13 metros	-
	CPE A01	-	7 metros
PtMP (sector A2)	NODO BASE - Acopia	13 metros	-
	CPE A02	-	7 metros
PtMP (sector A3)	NODO BASE - Acopia	13 metros	-
	CPE A03	-	7 metros
PtMP (sector SD1)	NODO 1- Sto. Domingo	13 metros	-
	CPE SD01	-	7 metros
PtMP (sector SD2)	NODO 1- Sto. Domingo	13 metros	-
	CPE SD02	-	7 metros
PtMP (sector SD3)	NODO 1- Sto. Domingo	13 metros	-
	CPE SD03	-	7 metros

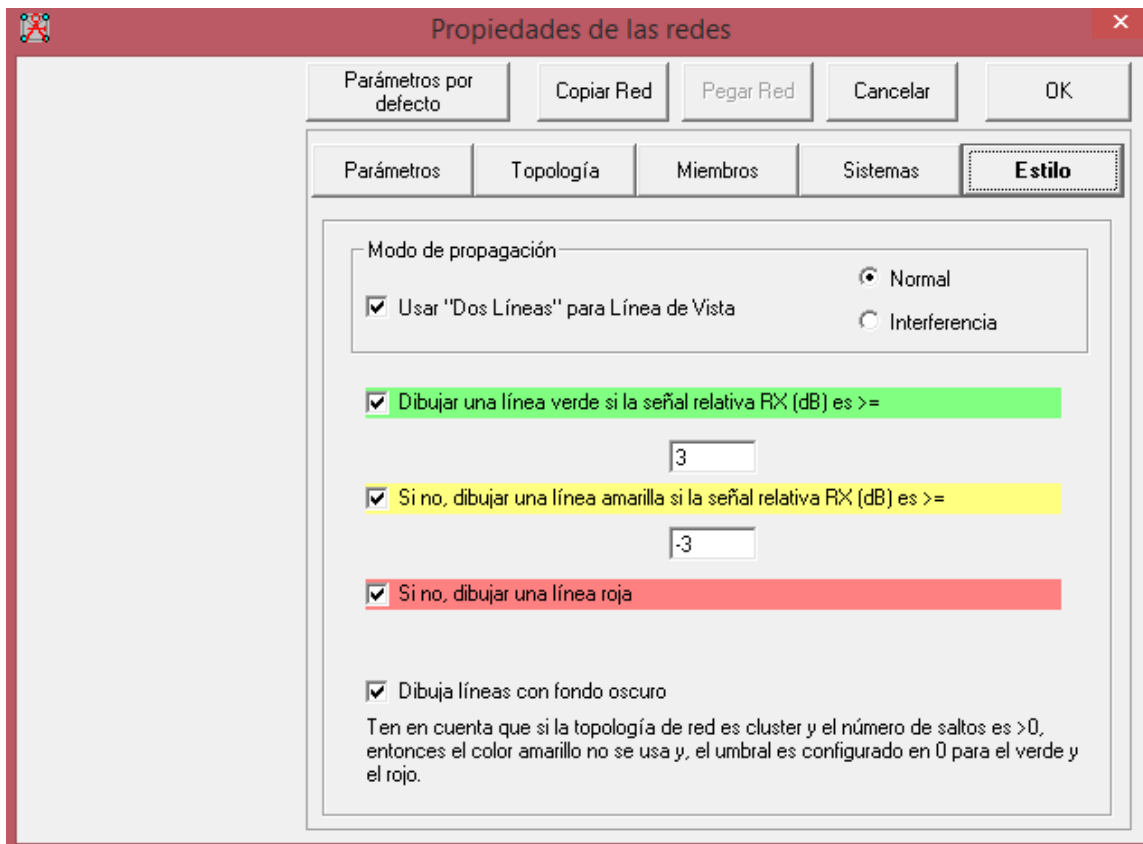
---

**Figura 64:** Asignación de parámetros de los equipos de comunicación - Radio Mobile.



#### 4.4.3.5 Estilo de Cálculo.

En esta ventana se configura el método a utilizar por el algoritmo de cálculos de propagación y la forma en la que se representa los resultados en el mapa. Para nuestros cálculos, dejaremos las casillas marcadas tal como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 65:** Gestión del estilo de cálculo - Radio Mobile.

El significado de las siguientes casillas se muestra a continuación:

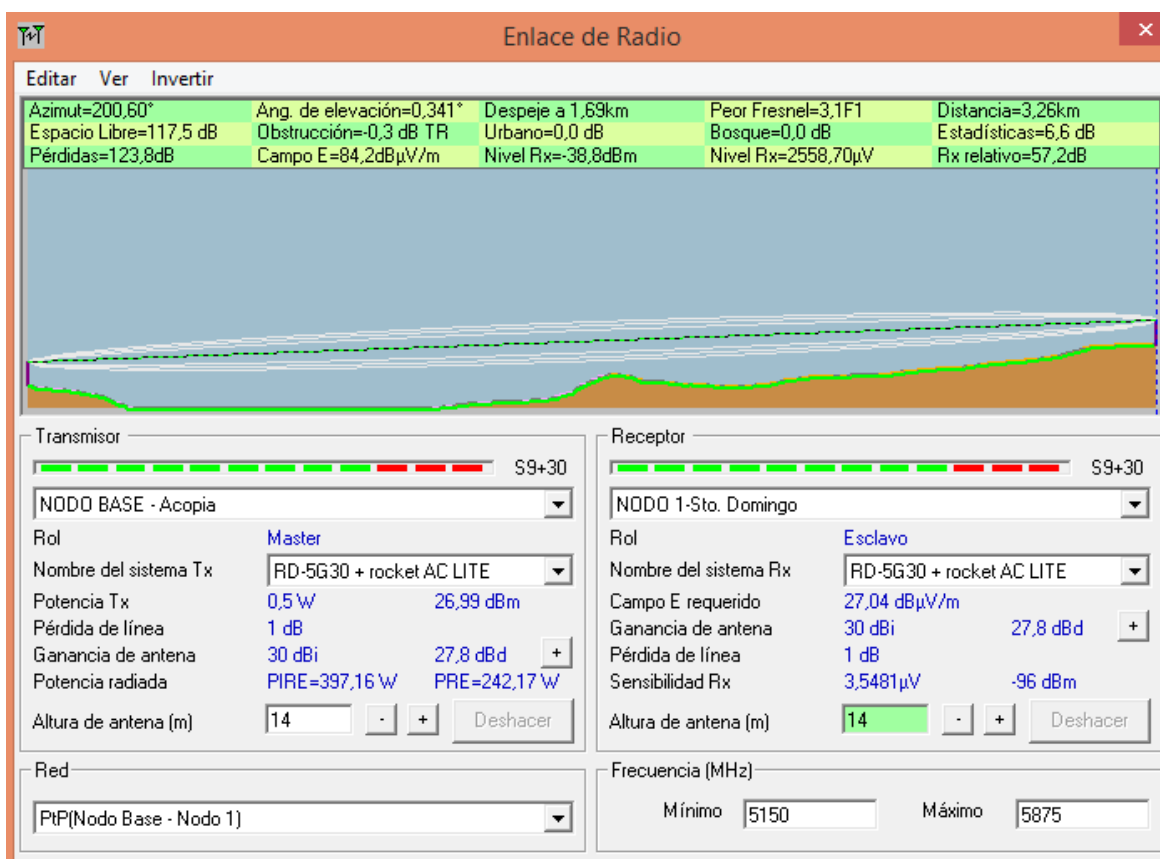
- Dibujar una línea VERDE si la señal relativa Rx[dB]  $\geq 3$
- Si no, dibujar una línea AMARILLA si la señal relativa Rx [dB]  $\leq -3$
- Si no, dibujar una línea roja.



#### 4.4.4 Resultados de Enlace de Radios

##### 4.4.4.1 Enlace de Radio BackHaul.

**Figura 66:** Resultado del enlace de radio BackHaul - Radio Mobile.



- La distancia entre el nodo base Acopia y nodo 1 Sto. Domingo es 3.26 km
- Variación de altitud de 39,3m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 3,1F1 a 1,69km
- La frecuencia promedio es 5512,500 MHz
- Espacio libre = 117,7dB, Obstrucción = -0.3dB, Urbano = 0.0 dB, Forestación = 0.0dB Estadísticas = 6,6dB.
- La pérdida de propagación total es 123,8dB.

- Ganancia del sistema de nodo base Acopia a nodo 1 Sto. Domingo es de 181,0 dB (antena a 200.6° ganancia = 30,0 dBi).
- Ganancia del sistema de Sto. Domingo a nodo base Acopia es de 181,0 dB (antena a 20.6° ganancia = 30.0 dBi)

**Perdidas en el espacio libre:** Ecuación (6).

$$L_b[dB] = 32.5 + 20 \log(d) + 20 \log(f)$$

$$L_b[dB] = 32.5 + 20 \log(3.26) + 20 \log(5800)$$

$$L_b[dB] = 118.03$$

d: 3.26 Km

f: 5.8 GHz=5800Mhz

**Radio de Fresnel:** Ecuación (3).

$$h_0 = \sqrt{\lambda \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

$$h_0 = \sqrt{0.052 \frac{1.69 * 1.57}{1.69 + 1.57}}$$

$$h_0 = 6.5 \text{ m}$$

**La claridad:** Ecuación (4).

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2Ka} - h_s$$

$$h_c = 3734.6 - \frac{1.69}{1.57} (3734.6 - 3759.7) - \frac{1.69 * 1.57 * 1000}{2 * \frac{4}{3} * 6370} - 3727.1$$

$$h_c = 34.4m$$

**Margen de la claridad:** Ecuación (5).

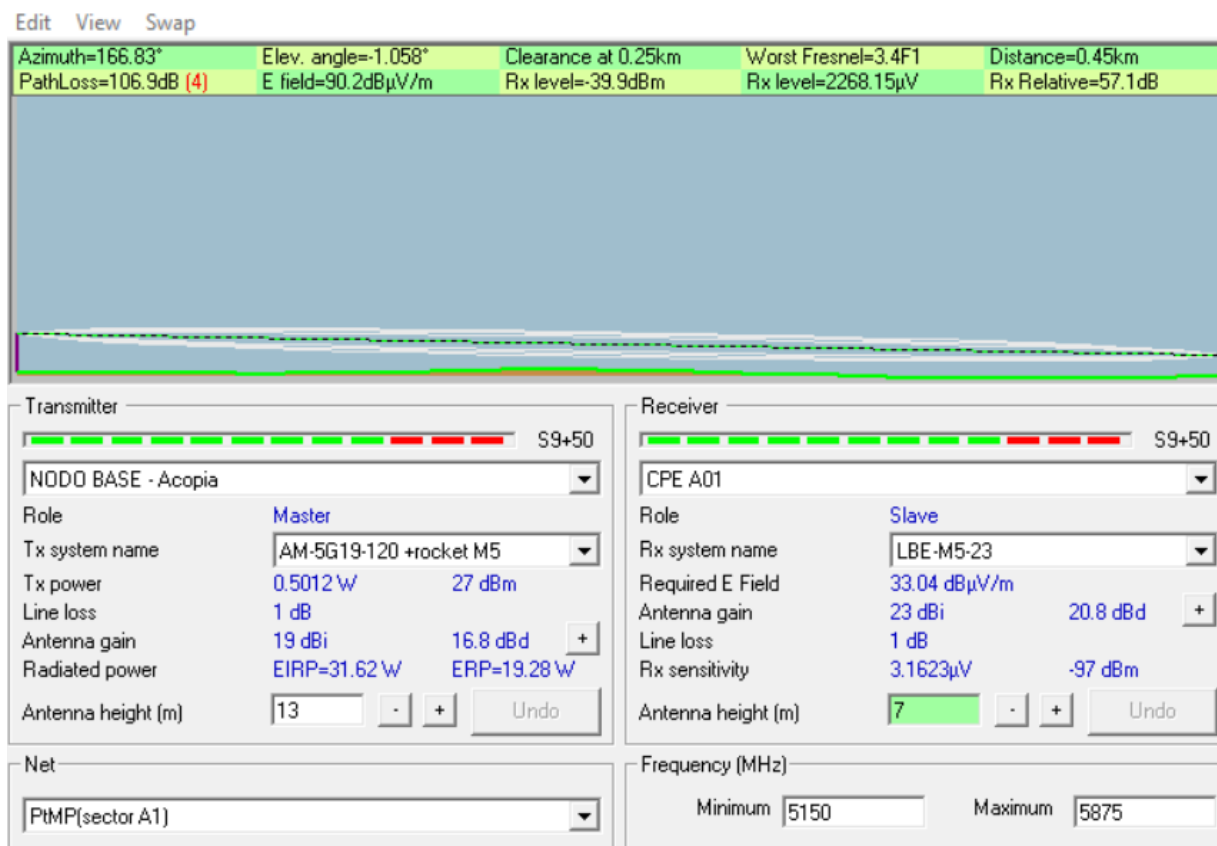
$$h_{cm} = h_c - h_0$$

$$h_{cm} = 34.4 - 6.5$$

$$h_{cm} = 27.9m$$

#### 4.4.4.2 Enlace Estación Acopia a Usuario A01.

**Figura 67:** Resultado del enlace estación Acopia a Usuario A01.

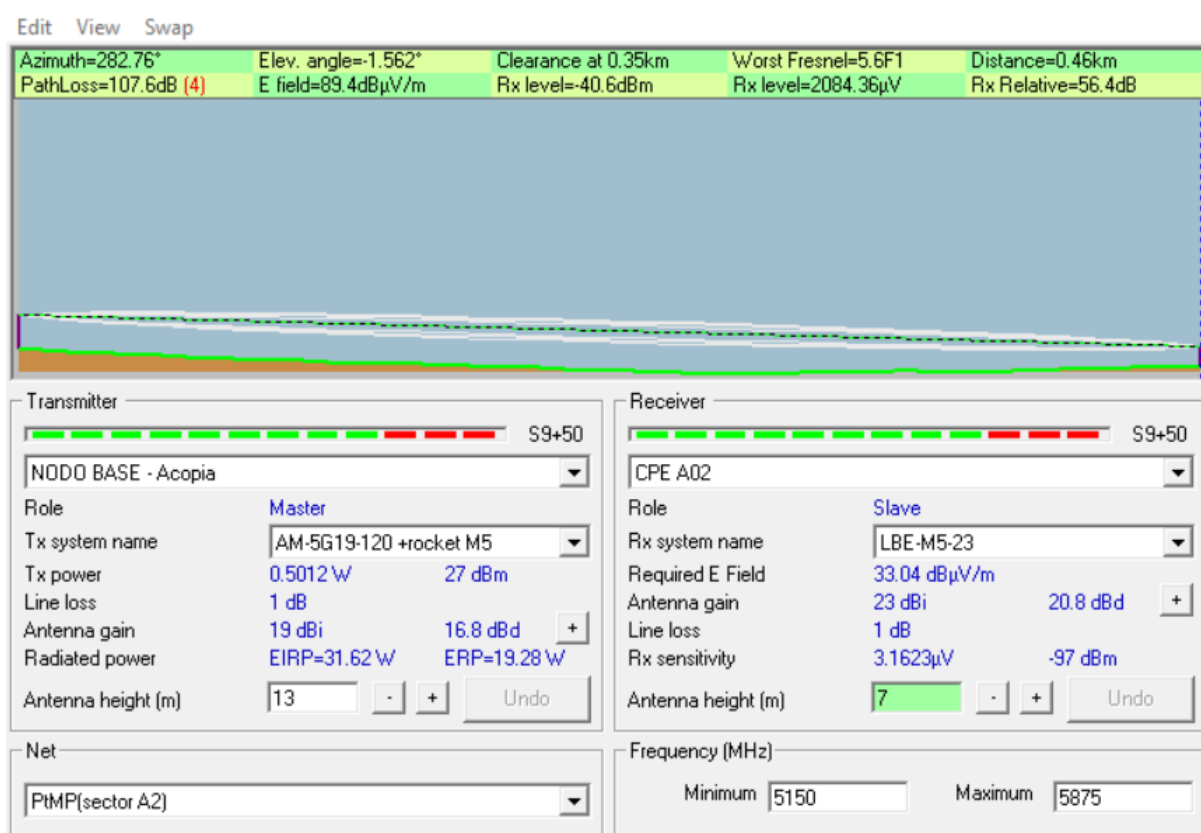


- La distancia entre el nodo base Acopia y CPE A01 es 0.45 km
- Variación de altitud de 3.3m

- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 3.4F1 a 0.3km
- La frecuencia promedio es 5512,500 MHz
- Espacio libre = 100.4 dB, Obstrucción = 0.0dB, Urbano = 0.0 dB, Forestación = 0.0dB Estadísticas = 6,5dB.
- La pérdida de propagación total es 106.9dB.
- Ganancia del sistema de nodo base Acopia a CPE A01 es de 164.0 dB (antena a 166.8° ganancia = 19.0 dBi).
- Ganancia del sistema de CPE A01 a nodo base Acopia es de 159.0 dB (antena a 346.8° ganancia = 23.0 dBi)
- Peor recepción es 52.1dB sobre la señal requerida a encontrar 70% de situaciones.

#### 4.4.4.3 Enlace Estación Acopia a Usuario A02.

**Figura 68:** Resultado del enlace estación Acopia a Usuario A02.

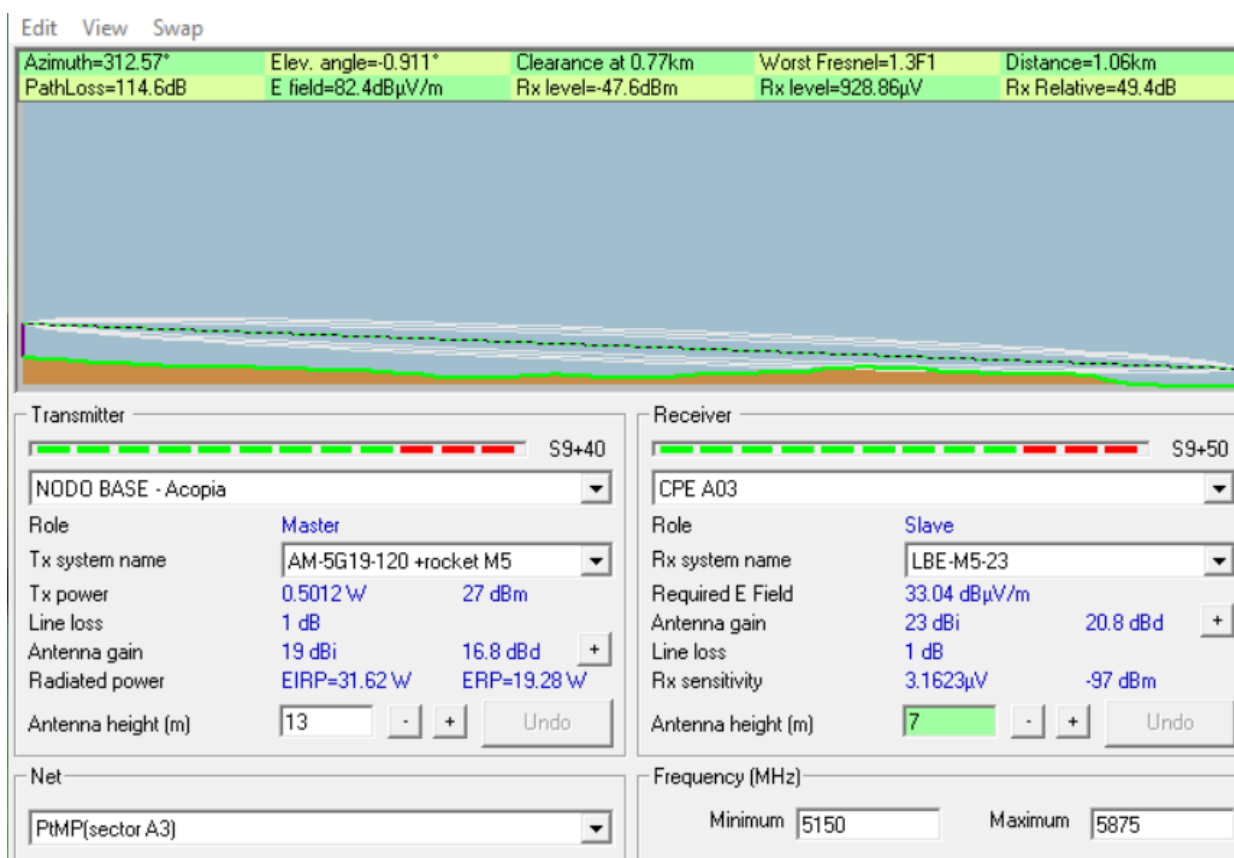


- La distancia entre el nodo base Acopia y CPE A02 es 0.46 km
- Variación de altitud de 9.6 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 5.6F1 a 0.4km
- La frecuencia promedio es 5512,500 MHz
- Espacio libre = 100.5 dB, Obstrucción = 0.5dB, Urbano = 0.0 dB, forestación = 0.0 dB  
Estadísticas = 6,6dB.
- La pérdida de propagación total es 107.6dB.
- Ganancia del sistema de nodo base Acopia a CPE A02 es de 164.0 dB (antena a 282.8° ganancia = 19.0 dBi).

- Ganancia del sistema de CPE A02 a nodo base Acopia es de 159.0 dB (antena a 102.8° ganancia = 23.0 dBi)

#### 4.4.4.4 Enlace Estación Acopia a Usuario A03.

**Figura 69:** Resultado del enlace estación Acopia a Usuario A03.

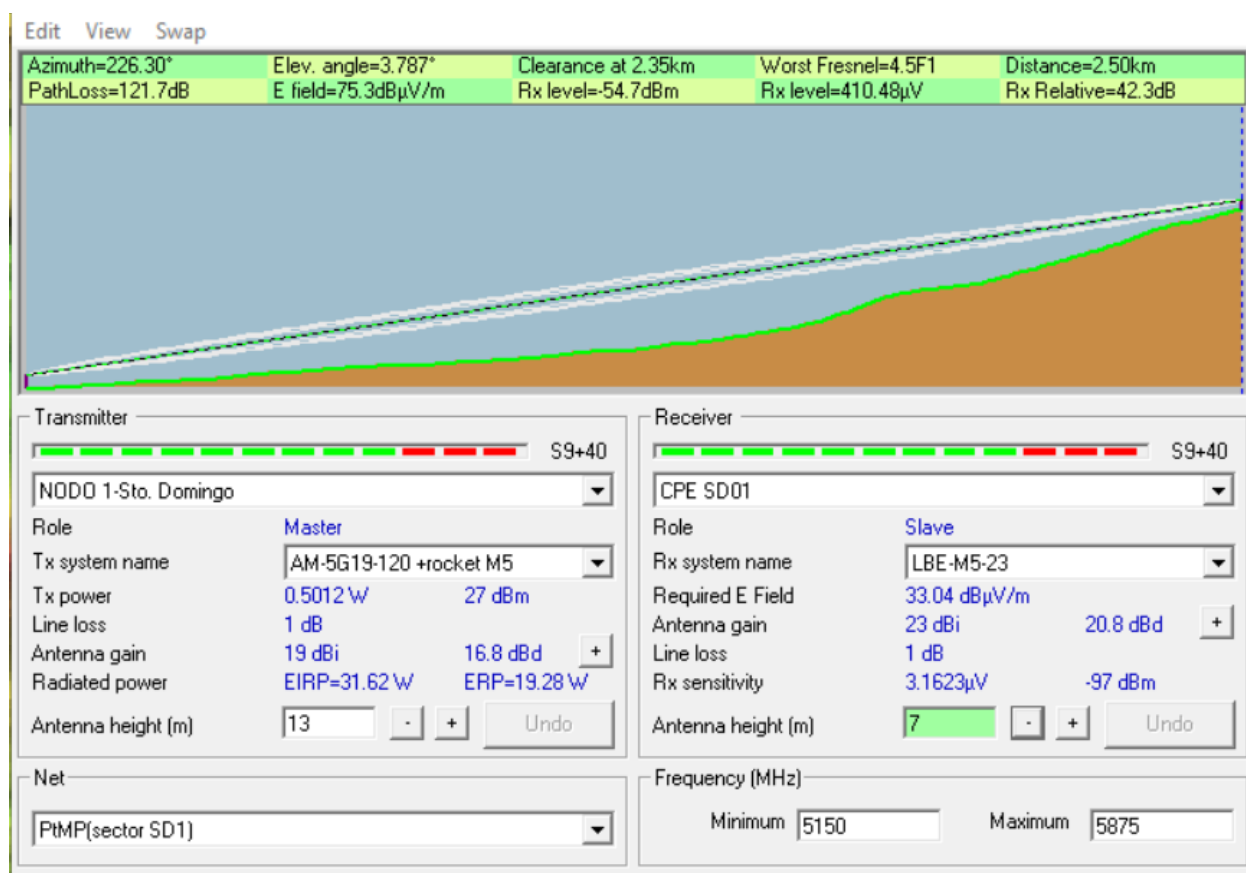


- La distancia entre el nodo base Acopia y CPE A03 es 1.06 km
- Variación de altitud de 11.3 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.3F1 a 0.8km
- La frecuencia promedio es 5512,500 MHz
- Espacio libre = 107.7 dB, Obstrucción = 0.3dB, Urbano = 0.0 dB, forestación = 0.0 dB
- Estadísticas = 6,6dB.

- La pérdida de propagación total es 114.6dB.
- Ganancia del sistema de nodo base Acopia a CPE A03 es de 164.0 dB (antena a 312.6° ganancia = 19.0 dBi).
- Ganancia del sistema de CPE A03 a nodo base Acopia es de 159.0 dB (antena a 132.6° ganancia = 23.0 dBi).

#### 4.4.4.5 Enlace Estación Santo Domingo a Usuario SD01.

**Figura 70:** Resultado del enlace estación Santo Domingo a Usuario SD01.

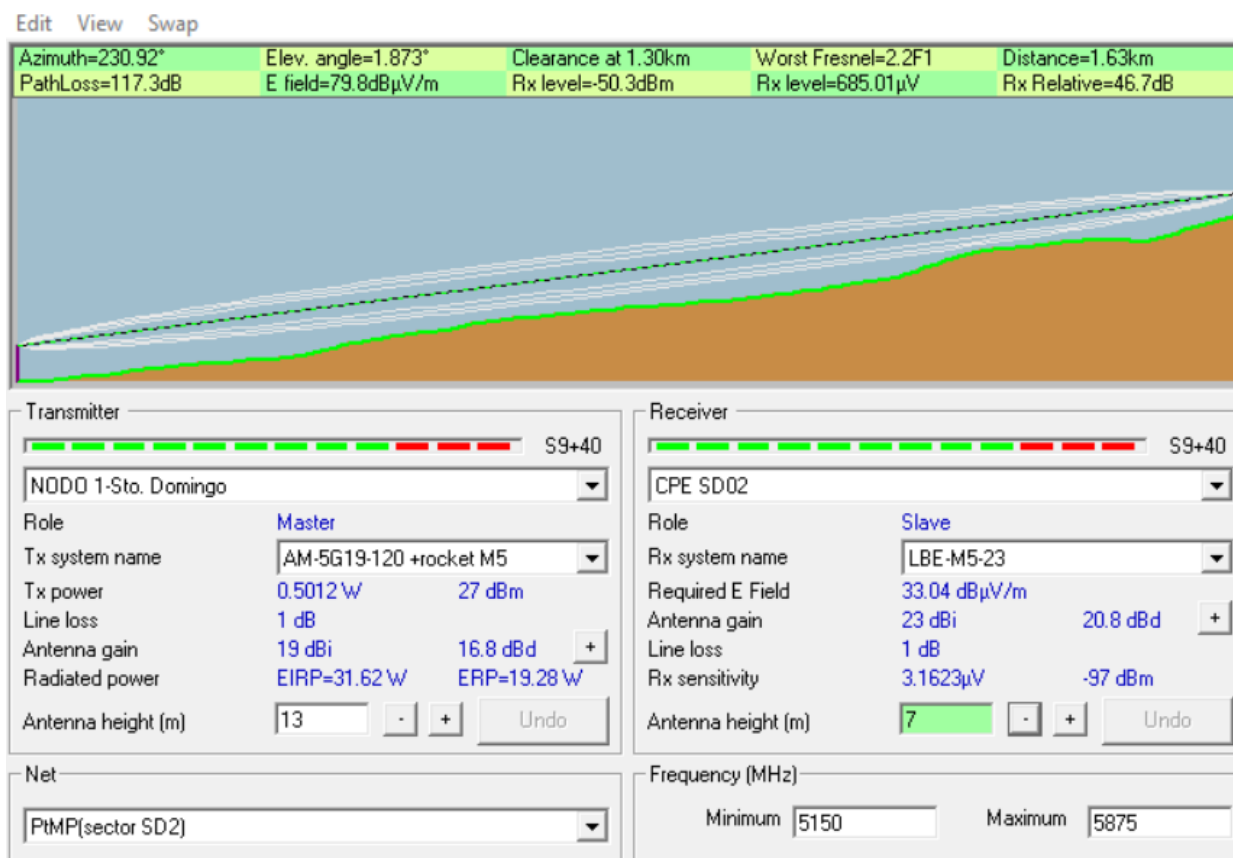


- La distancia entre el nodo 1 Sto. Domingo y CPE SD01 es 2.5 km
- Variación de altitud de 175.4 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4.5F1 a 2.4km

- La frecuencia promedio es 5512,500 MHz
- Espacio libre = 115.2 dB, Obstrucción = -0.2 dB, Urbano = 0.0 dB, forestación = 0.0 dB  
Estadísticas = 6,7dB.
- La pérdida de propagación total es 121.7dB.
- Ganancia del sistema de nodo 1 Sto. Domingo a CPE SD01 es de 164.0 dB (antena a 226.3° ganancia = 19.0 dBi).
- Ganancia del sistema de CPE SD01 a nodo 1 Sto. Domingo es de 159.0 dB (antena a 46.3° ganancia = 23.0 dBi).

#### 4.4.4.6 Enlace Estación Santo Domingo a Usuario SD02.

**Figura 71:** Resultado del enlace estación Santo Domingo a Usuario SD02.

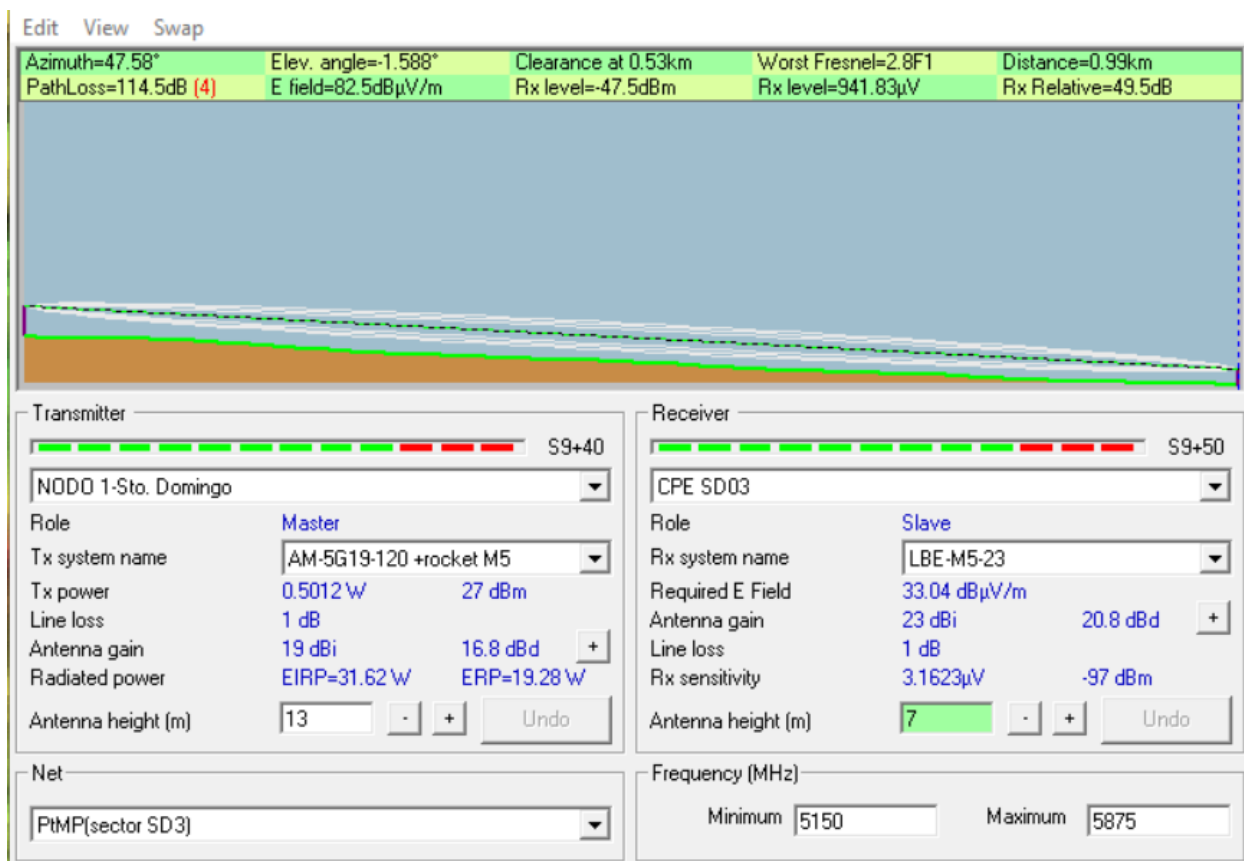




- La distancia entre el nodo 1 Sto. Domingo y CPE SD02 es 1.63 km
- Variación de altitud de 61.7 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 2.2F1 a 1.3km
- La frecuencia promedio es 5512,500 MHz
- Espacio libre = 111.5 dB, Obstrucción = -0.8dB, Urbano = 0.0 dB, forestación = 0.0 dB  
Estadísticas = 6,6dB.
- La pérdida de propagación total es 117.3dB.
- Ganancia del sistema de nodo 1 Sto. Domingo a CPE SD02 es de 164.0 dB (antena a 230.9° ganancia = 19.0 dBi).
- Ganancia del sistema de CPE SD02 a nodo 1 Sto. Domingo es de 159.0 dB (antena a 50.9° ganancia = 23.0 dBi)

#### 4.4.4.7 Enlace Estación Santo Domingo a Usuario SD03.

**Figura 72:** Resultado del enlace estación Santo Domingo a Usuario SD03.



- La distancia entre el nodo 1 Sto. Domingo y CPE SD03 es 0.99 km
- Variación de altitud de 22.2 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 2.8F1 a 0.5km
- La frecuencia promedio es 5512,500 MHz
- Espacio libre = 107.2 dB, Obstrucción = 0.9dB, Urbano = 0.0 dB, forestación = 0.0 dB  
Estadísticas = 6,4dB.
- La pérdida de propagación total es 114.5dB.

- Ganancia del sistema de nodo 1 Sto. Domingo a CPE SD03 es de 164.0 dB (antena a 47.6° ganancia = 19.0 dBi).
- Ganancia del sistema de CPE SD03 a nodo 1 Sto. Domingo es de 159.0 dB (antena a 227.6° ganancia = 23.0 dBi)

#### 4.5 Cálculo de Ancho de Banda para WISP

Se considera 2 factores para realizar este cálculo.

- **Factor de simultaneidad:** índice que permite estimar el número de clientes que estarán conectados intentando usar el ancho de banda en un determinado tiempo. Para zonas rurales se aplica el factor del 20% y para zonas urbanas 80%.
- **Overbooking:** es un término que se puede interpretar como la multiplicación del enlace dedicado con el que se tiene. Se aplica considerando que el cliente mientras navega no usa completamente el canal constantemente, pues tras haberse cargado la página web, el canal es liberado, pudiendo ser utilizado por otro usuario.

Para realizar el cálculo de ancho de banda de la red troncal se tomará en cuenta clientes o usuarios tipo residencial y comercial utilizando la siguiente ecuación.

$$AB = \frac{[N^{\circ}clientes \times factor\ simultaneidad \times plan(Mbps)]}{factor\ overbooking} (1 + e) \quad (10)$$

**Tabla 20:** *Cálculo de ancho de banda WISP.*

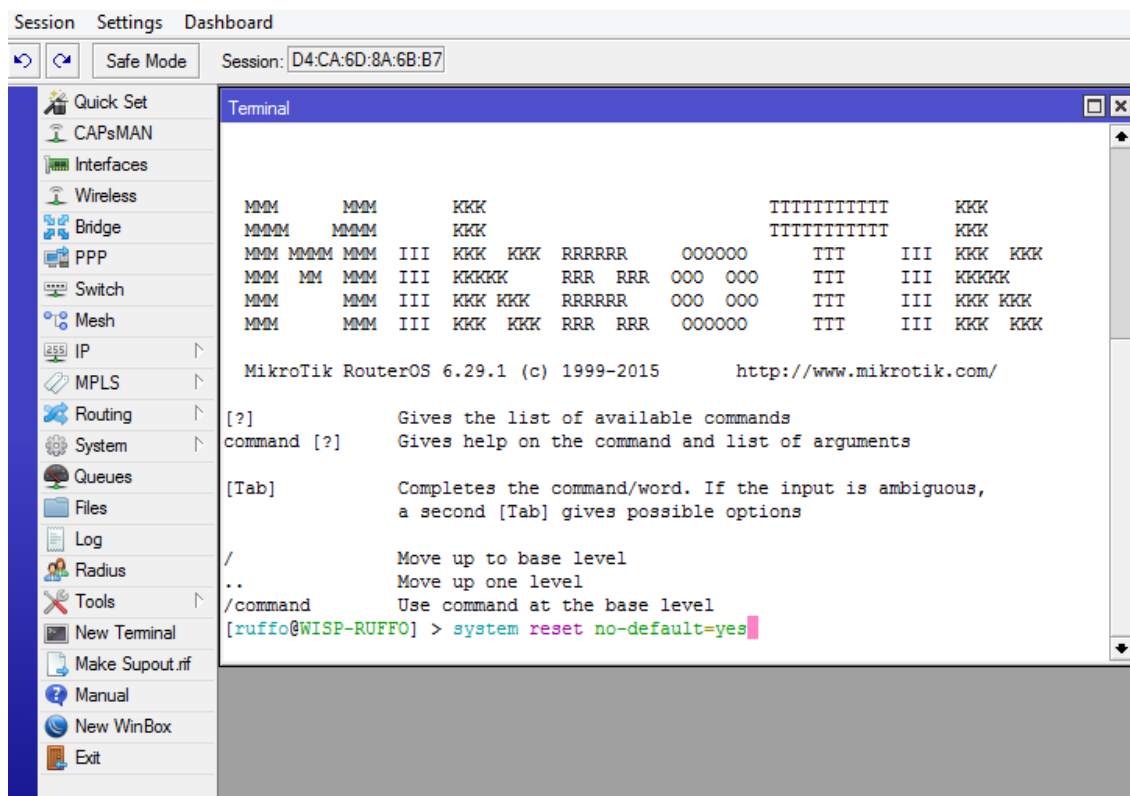
<b>N° clientes</b>	<b>Planes (Mbps)</b>	<b>Capacidad vendida</b>	<b>Factor simultaneidad</b>	<b>%de estrés</b>	<b>Factor OverBooking</b>	<b>Contratar 1:1 dedicado</b>
25	10 Mbps	250 Mbps	70%	15%	1/20	10 Mbps
25	8 Mbps	200 Mbps	70%	15%	1/20	8 Mbps
25	6 Mbps	150 Mbps	70%	15%	1/20	6 Mbps
30	4 Mbps	120 Mbps	70%	15%	1/20	5 Mbps
15	15 Mbps	225 Mbps	80%	15%	1/8	26 Mbps
120		945 Mbps				55 Mbps

#### 4.6 Control de Velocidad de Internet

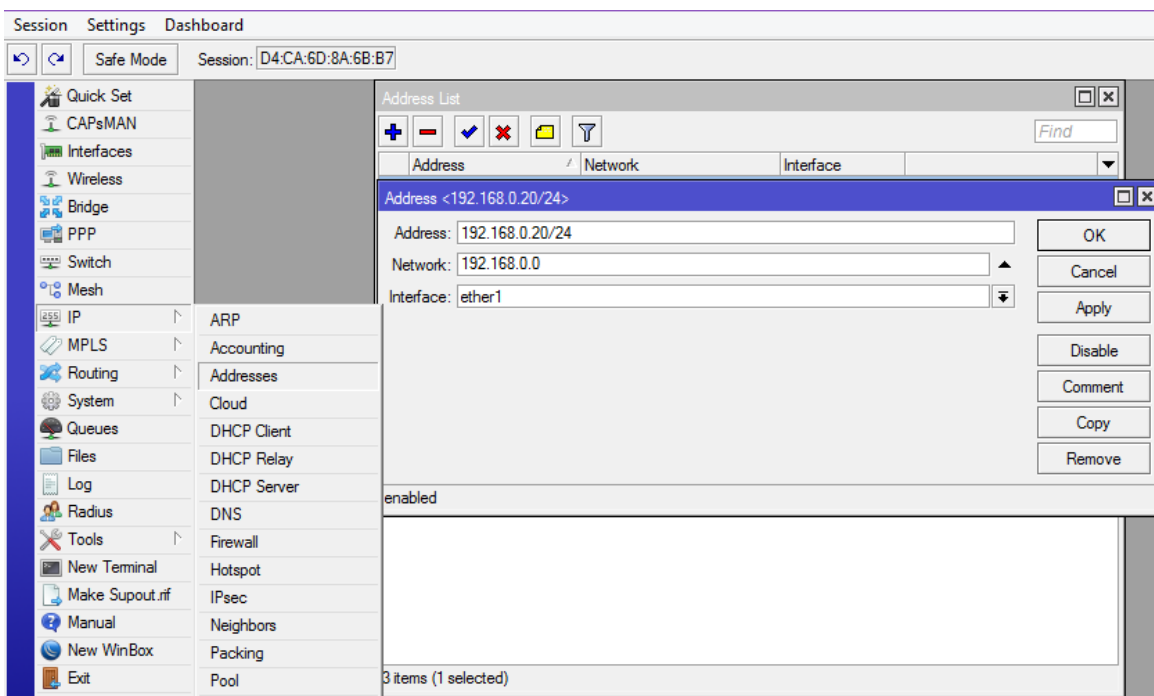
En el router del proveedor de internet dedicado se obtendrá una IP disponible, en este caso como diseño de la red inalámbrica pondremos IP 192.168.0.20 y será asignado para puerto ether1 del RB.

Para evitar algún problema posterior es recomendable realizar un reset al equipo ingresando el comando (system reset no-defaults=yes) y se confirma escribiendo la letra “Y”.

*Figura 73: Reset a Routerboard Mikrotik.*

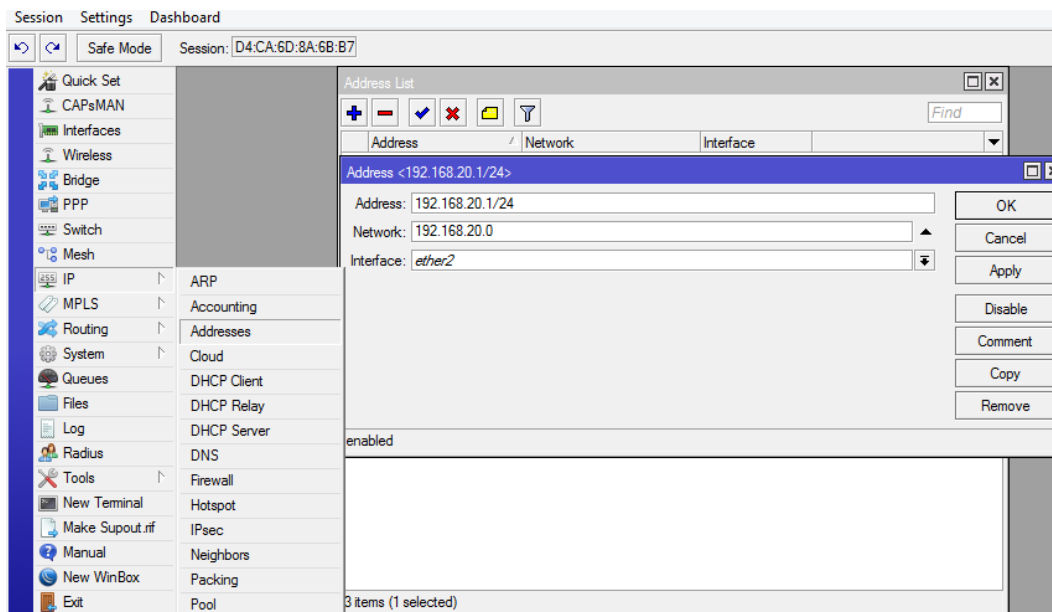


- Se asigna la IP disponible a WAN (puerto ether 1) ingresando a la opción IP/Address.
- Address: se ingresa la IP disponible, en este caso 192.168.0.20 y se puede ver que es el mismo segmento de red que tiene el router del proveedor de internet dedicado. Se agrega al final de la IP “/24” que pertenece a la máscara de red del router del proveedor de internet dedicado.
- Interface: se selecciona ether 1, ya que este puerto será el WAN.

**Figura 74:** Asignación de IP a puerto WAN - Routerboard.

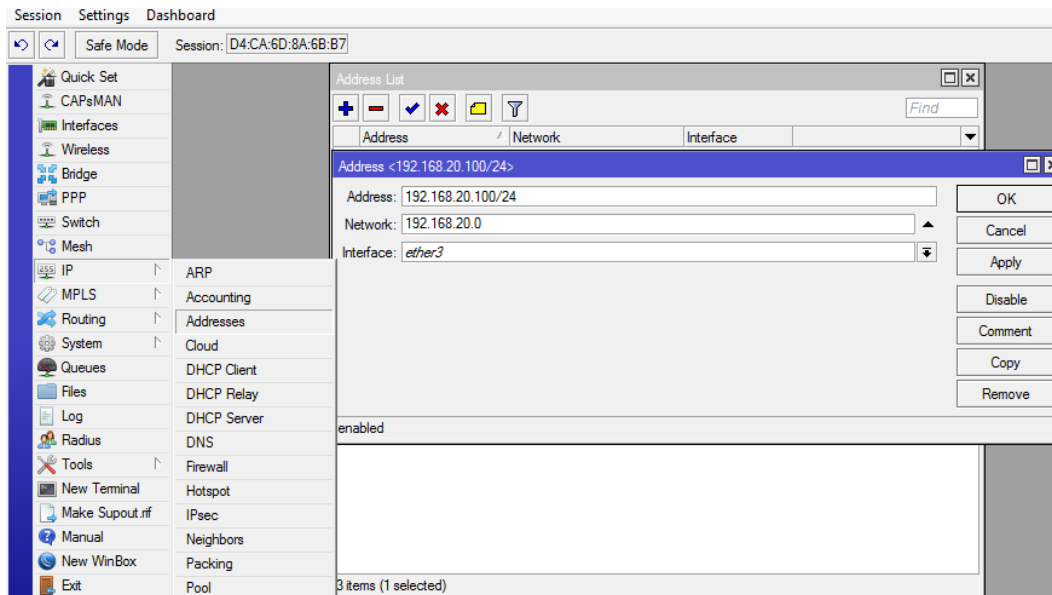
- Para LAN 1 se asigna una IP y este será nuestro Gateway (puerta de enlace)
- Segmento de LAN 192.168.20.0/24
- Gateway 192.168.20.1

**Figura 75:** Asignación de IP para puerto LAN 1 - Routerboard.



- Para el LAN 2 se realiza la misma configuración, pero cambiando la IP address e interface.
- Segmento de LAN 192.168.20.0/24
- Gateway 192.168.20.100.

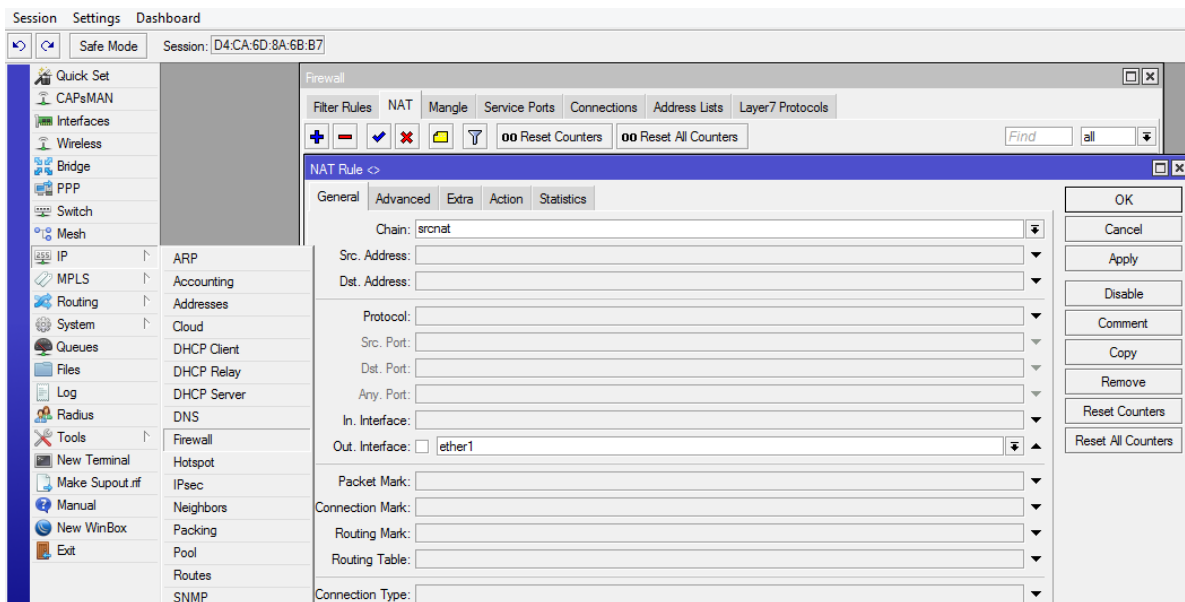
**Figura 76:** Asignación de IP para puerto LAN 2 - Routerboard.



- Enmascarar la red LAN para que se comunique a través de la interface WAN. Para ello se ingresa a la opción IP/firewall/NAT después en la pestaña general y action.
- Chain: se activa la opción “srcnat”
- Out interface: se selecciona el puerto. En este caso para el WAN el ether 1.

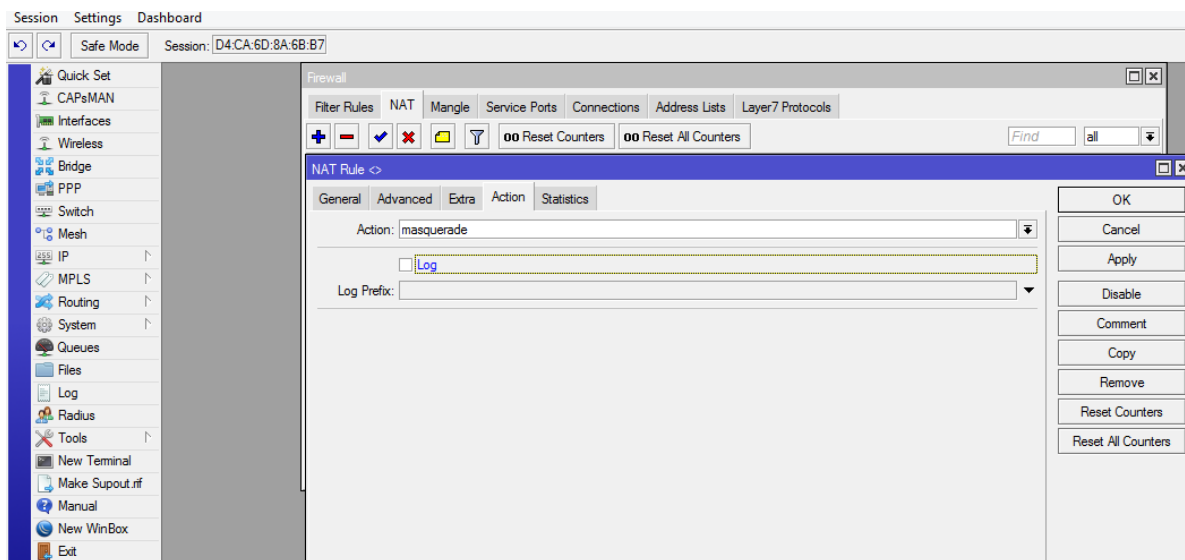


**Figura 77:** Enmascaramo de la red LAN - Routerboard.



- Finalmente, en la pestaña action activar la opción “masquerade”

**Figura 78:** Activación de "masquerade" - Routerboard.

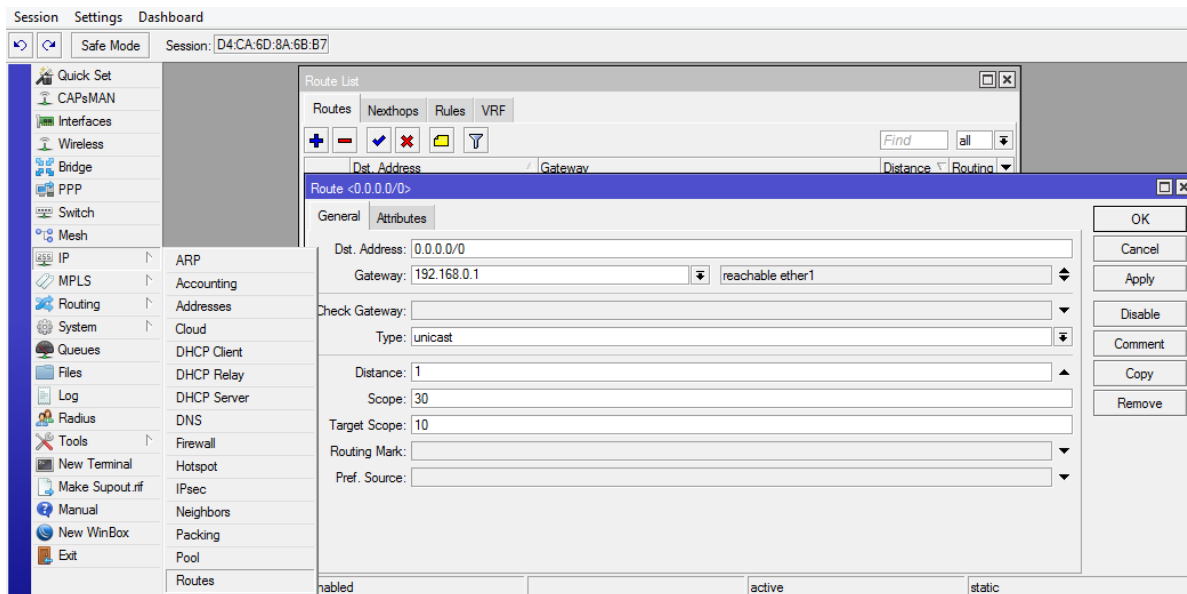


Ahora se indica al RB que el internet viene de la dirección IP 192.168.0.1 que es el Gateway del proveedor de servicio de internet ISP. Para ellos se ingresa a la opción IP/Routers

- Dst. Address: se digita 0.0.0.0/0 que es la dirección de destino general.

- Gateway: es la IP del router del proveedor de servicio de internet ISP en este caso 192.168.0.1

**Figura 79:** *Asignación de IP del router de ISP en Routerboard.*



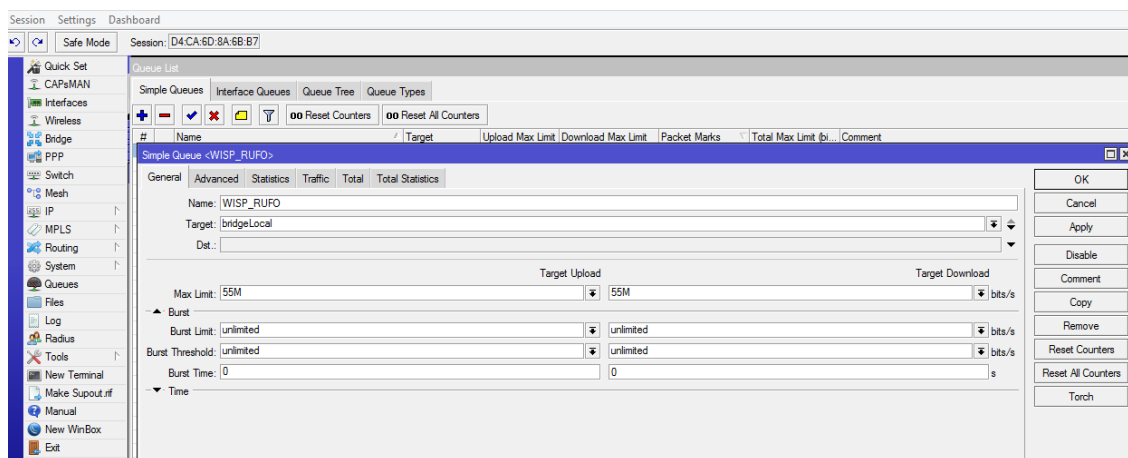
- Para validar el acceso a internet se tiene que realizar el ping a 8.8.8.8 y nos debe responder.

### ***Configuración de QUEUES para el control de ancho de banda.***

Uno de los propósitos como proveedor de internet es que la red se mantenga estable, para ello se tiene que distribuir correctamente el ancho de banda y una manera de controlar es utilizando el simple Queue de Mikrotik. Los pasos a seguir son lo siguiente:

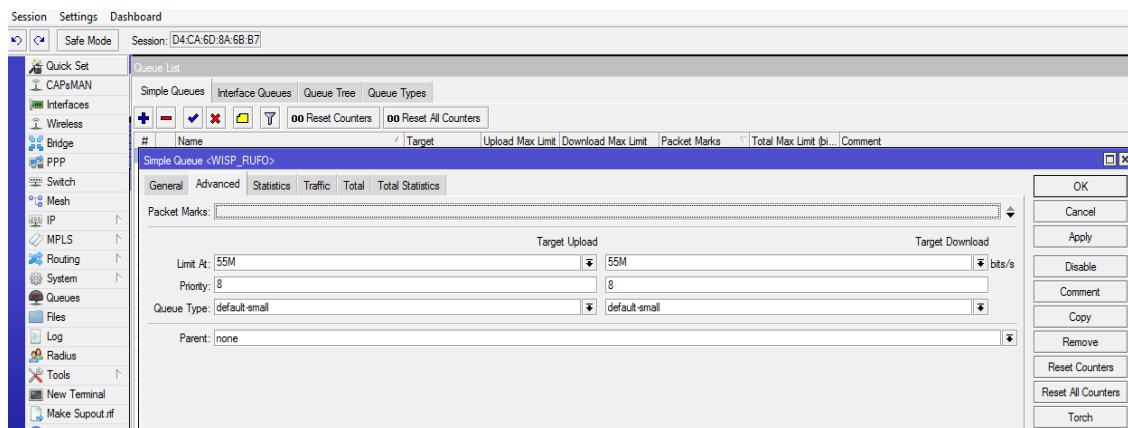
- En el menú izquierdo se selecciona la opción QUEUES -> simple queues -> icono “+”
- Se crea una Cola principal, donde se asignó con nombre “WISP\_RUFO”.
- Target se elige el interfaz bridge local, donde pasará el 100% de ancho de banda del ISP
- Se asigna la velocidad de internet carga y descarga en Mbps.

**Figura 80: Creación de QUEUE PARENT.**



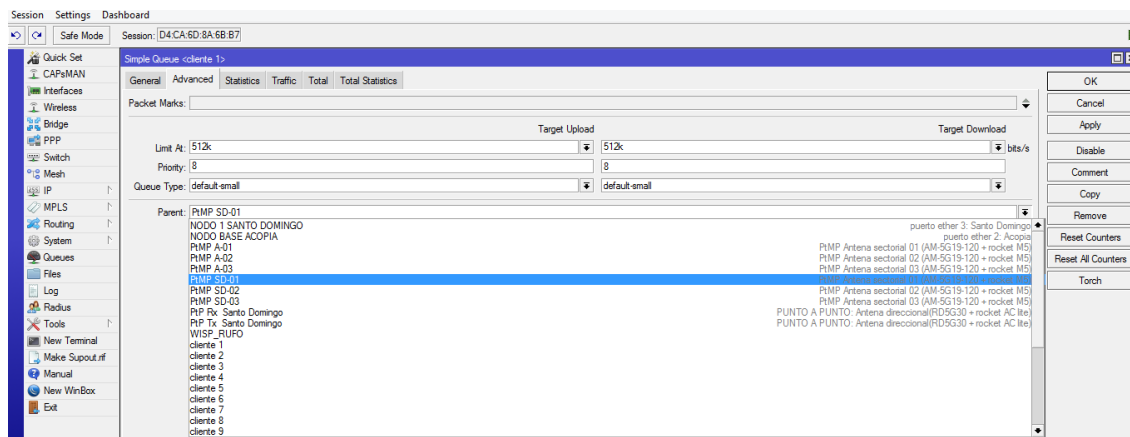
- Para garantizar la carga y descarga mínima se tiene que realizar una configurar avanzada, para ello se va a la pestaña Advance.
- En Limit At tanto en carga y descarga se ingresa la velocidad de internet que llegara al usuario mientras haya tráfico de red.

**Figura 81: Simple QUEUE "Advance".**



- A cada estación o miembro se le debe asignar un QUEUE Parent para poder trabajar ordenadamente. Ya que cada QUEUE Parent tiene su ancho de banda asignado.

**Figura 82:** Asignación de miembro al Parent.



### **Indicadores de colores en colas.**

- 0% a 50% tráfico de red en color VERDE.
- 51% a 75% tráfico de red en color AMARILLO.
- 76% a 100% tráfico de red en color ROJO.

**Figura 83: Resultado QUEUES.**

#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit	Comment
8	WISP_RUFO	bridgeLocal	55M	55M	
1	NODO 1 SANTO DOMINGO	ether3	unlimited	unlimited	puerto ether 3: Santo Domingo
9	PtP Tx. Santo Domingo	192.168.20.108	unlimited	unlimited	PUNTO A PUNTO: Antena direccional(RD5G30 + rocket AC lite)
2	PtP Rx. Santo Domingo	192.168.20.109	unlimited	unlimited	PUNTO A PUNTO: Antena direccional(RD5G30 + rocket AC lite)
12	PtMP SD-01	192.168.20.110	unlimited	unlimited	PtMP Antena sectorial 01 (AM-5G19-120 + rocket M5)
4	cliente 1	192.168.20.111	4M	4M	
3	cliente 2	192.168.20.112	6M	6M	
6	cliente 3	192.168.20.113	8M	8M	
7	cliente 4	192.168.20.114	10M	10M	
24	cliente 5	192.168.20.115	unlimited	unlimited	
11	PtMP SD-02	192.168.20.141	unlimited	unlimited	PtMP Antena sectorial 02 (AM-5G19-120 + rocket M5)
25	cliente 6	192.168.20.142	4M	4M	
27	cliente 7	192.168.20.143	6M	6M	
5	cliente 8	192.168.20.144	8M	8M	
10	PtMP SD-03	192.168.20.171	unlimited	unlimited	PtMP Antena sectorial 03 (AM-5G19-120 + rocket M5)
28	cliente 9	192.168.20.172	4M	4M	
29	cliente 10	192.168.20.173	8M	8M	
26	cliente 11	192.168.20.174	10M	10M	
0	NODO BASE ACOPIA	ether2	unlimited	unlimited	puerto ether 2: Acopia
15	PtMP A-01	192.168.20.10	unlimited	unlimited	PtMP Antena sectorial 01 (AM-5G19-120 + rocket M5)
16	cliente A	192.168.20.11	4M	4M	
17	cliente B	192.168.20.12	6M	6M	
18	cliente C	192.168.20.14	8M	8M	
19	cliente D	192.168.20.15	8M	8M	
14	PtMP A-02	192.168.20.41	unlimited	unlimited	PtMP Antena sectorial 02 (AM-5G19-120 + rocket M5)
20	cliente A1	192.168.20.42	6M	6M	
30	cliente B1	192.168.20.43	8M	8M	
31	cliente C1	192.168.20.44	15M	15M	
13	PtMP A-03	192.168.20.71	unlimited	unlimited	PtMP Antena sectorial 03 (AM-5G19-120 + rocket M5)
21	cliente A2	192.168.20.72	4M	4M	
22	cliente B2	192.168.20.73	8M	8M	
23	cliente C2	192.168.20.74	15M	15M	

## 4.7 Estudio y Evaluación Económica

### 4.7.1 Costo de Inversión Inicial

#### 4.7.1.1 Costo de Equipos de Comunicación.

**Tabla 21: Costo de equipos de comunicación para Acopia y Santo Domingo**

EQUIPOS DE COMUNICACIÓN NODO BASE - ACOPIA						
Ítem	Cantidad	Unidad	Descripción	Marca	Precio unitario	Precio total
1	01	Unidad	Antena Direccional RD-5G30	Ubiquiti	S/ 500.00	S/ 500.00

2	03	Unidades	Antena Sectorial AM-5G19-120	Ubiquiti	S/ 569.00	S/ 1,707.00
3	01	Unidad	Rocket AC lite	Ubiquiti	S/ 650.00	S/ 650.00
4	03	Unidades	Rocket M5	Ubiquiti	S/ 369.00	S/ 1,107.00
5	01	Unidad	TL-SG1008P	TP link	S/ 200.00	S/ 200.00
6	01	Unidad	Rb2011uias	Micktotik	S/ 550.00	S/ 550.00
7	01	Unidad	RT-602LCD	Forza	S/ 320.00	S/ 320.00
8	75	Metros	Cable ftp Cat. 6	Dixon	S/ 1.00	S/ 75.00
9	10	Unidades	Conector RJ-45 Apantallado Cat.6	Dixon	S/ 1.00	S/ 10.00
Total, sin IGV						S/ 5,119.00
IGV: 18%						S/ 921.42
Total con IGV						S/ 6,040.42

### EQUIPOS DE COMUNICACIÓN NODO 1 – SANTO DOMINGO

10	01	Unidad	Antena Direccional RD-5G30	Ubiquiti	S/ 500.00	S/ 500.00
11	03	Unidades	Antena Sectorial AM-5G19-120	Ubiquiti	S/ 569.00	S/ 1,707.00
12	01	Unidad	Rocket AC lite	Ubiquiti	S/ 650.00	S/ 650.00
13	03	Unidades	Rocket M5	Ubiquiti	S/ 369.00	S/ 1,107.00
14	01	Unidad	TL-SG1008P	TP link	S/ 200.00	S/ 200.00
15	01	Unidad	RT-602LCD	Forza	S/ 320.00	S/ 320.00
16	75	Metros	Cable ftp Cat. 6	Dixon	S/ 1.00	S/ 75.00

17	10	Unidades	Conector RJ-45 Apantallado Cat. 6	Dixon	S/ 1.00	S/ 10.00
					Total sin IGV	S/ 4,569.00
					IGV: 18%	S/ 822.42
					Total con IGV	S/ 5,391.42
<b>TOTAL (para 2 estaciones)</b>						<b>S/ 11,431.84</b>

#### 4.7.1.2 Costo de Materiales para Torre Ventada.

**Tabla 22:** Costo de torres de comunicación para Acopia y Santo Domingo

<b>TORRE DE COMUNICACIÓN VENTADA NODO BASE - ACOPIA</b>						
Ítem	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio unitario	Precio total	
TRAMOS						
1	5	Unidades	30cmx30cmx30cmx 3mx1.5mm	S/ 80.00	S/ 400.00	
2	1	Unidad	BASE de platina 2" y 1/2" x 1/4"	S/ 40.00	S/ 40.00	
ACCESORIOS:						
Cable acerado 5/32"						
3	1	Juego	Templadores de 1/2" Grilletes de 1/2" Grapas de 1/4" Anclajes de 1/2"		S/ 150.00	

				Total sin IGV	S/ 590.00
				IGV: 18%	S/ 106.20
				Total con IGV	S/ 696.20
<b>TORRE DE COMUNICACIÓN VENTADA NODO 1 – SANTO DOMINGO</b>					
TRAMOS					
1	5	Unidades	30cmx30cmx30cmx 3mx1.5mm	S/ 80.00	S/ 400.00
2	1	Unidad	BASE de platina 2" y 1/2" x 1/4"	S/ 40.00	S/ 40.00
ACCESORIOS:					
Cable acerado 5/32"					
3	1	Juego	Templadores de 1/2" Grilletes de 1/2" Grapas de 1/4" Anclajes de 1/2"		S/ 150.00
				Total sin IGV	S/ 590.00
				IGV: 18%	S/ 106.20
				Total con IGV	S/ 696.20
<b>TOTAL (2 torres):</b>					<b>S/ 1,392.40</b>

#### 4.7.1.3 Costo de Materiales para Pararrayo.

**Tabla 23:** Costo de materiales para el sistema de pararrayo - Acopia y Santo Domingo

#### PARARRAYO NODO BASE - ACOPIA



<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
1	1	Unidad	Pararrayo tipo franklin.	S/ 140.00	S/ 140.00
2	1	Unidad	Mástil galvanizado/ pintado reforzado.	S/ 60.00	S/ 60.00
3	14	Metros	Cable de cobre desnudo 5AWG	S/ 8.00	S/ 112.00
4	10	Unidades	Grampa LU de hierro.	S/ 7.00	S/ 70.00
5	2	Unidades	Terminal tipo ojal para cable.	S/ 2.00	S/ 4.00
				Total, sin IGV	S/ 386.00
				IGV:18%	S/ 69.48
				Total con IGV	S/ 455.48

---

**PARARRAYO NODO 1 – SANTO DOMINGO**

---

6	1	Unidad	Pararrayo tipo franklin.	S/ 140.00	S/ 140.00
7	1	Unidad	Mástil galvanizado/ pintado reforzado.	S/ 60.00	S/ 60.00
8	14	Metros	Cable de cobre desnudo 5AWG	S/ 8.00	S/ 112.00
9	10	Unidades	Grampa LU de hierro.	S/ 7.00	S/ 70.00
10	2	Unidades	Terminal tipo ojal para cable.	S/ 2.00	S/ 4.00
				Total sin IGV	S/ 386.00
				IGV:18%	S/ 69.48
				Total con IGV	S/ 455.48

---

**TOTAL (para 2 torres): S/ 910.96**

---

#### 4.7.1.4 Costo de Materiales para Pozo a Tierra.

**Tabla 24:** Costo de materiales para pozo a tierra.

<b>POZO A TIERRA NODO BASE - ACOPIA</b>					
Ítem	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	1	Unidad	Varilla de cobre 3/4"x2.4m	S/ 190.00	S/ 190.00
2	1	Unidad	Caja de registro 40x40cm	S/ 30.00	S/ 30.00
3	1	Unidad	Conector tipo AB P/varilla 5/8"	S/ 5.00	S/ 5.00
4	2	Unidades	Sacos de sal industrial	S/ 20.00	S/ 40.00
5	2	Unidades	Sacos de bentonita sódica	S/ 20.00	S/ 40.00
6	2	Unidades	Cemento conductor.	S/ 25.00	S/ 50.00
7	9	Metros	Cable desnudo 16mm <sup>2</sup> o 5AWG	S/ 8.00	S/ 72.00
				Total sin IGV	S/ 427.00
				IGV:18%	S/ 76.86
				Total con IGV:	S/ 503.86
<b>POZO A TIERRA NODO 1- SANTO DOMINGO</b>					
8	1	Unidad	Varilla de cobre 3/4"x2.4m	S/ 190.00	S/ 190.00
9	1	Unidad	Caja de registro 40x40cm	S/ 30.00	S/ 30.00
10	1	Unidad	Conector tipo AB P/varilla 5/8"	S/ 5.00	S/ 5.00
11	2	Unidades	Sacos de sal industrial	S/ 20.00	S/ 40.00
12	2	Unidades	Sacos de bentonita sódica	S/ 20.00	S/ 40.00
13	2	Unidades	Cemento conductor.	S/ 25.00	S/ 50.00

14	9	Metros	Cable desnudo 16mm2 o 5AWG	S/ 8.00	S/ 72.00
				Total sin IGV	S/ 427.00
				IGV:18%	S/ 76.86
				Total con IGV:	S/ 503.86
<b>TOTAL (para 2 torres):</b>					<b>S/ 1,007.72</b>

#### 4.7.1.5 Costo de Materiales para Oficina.

**Tabla 25:** *Costo de materiales de oficina.*

<b>MATERIALES DE OFICINA</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio total</b>
1	Muebles	S/ 400.00
2	Utilitarios	S/ 75.00
Total sin IGV		S/ 475.00
IGV:18%		S/ 85.00
<b>Total con IGV:</b>		<b>S/ 560.00</b>

#### *Costo de Inversión Inicial*

**Tabla 26:** *Presupuesto de inversión inicial.*

<b>COSTO DE INVERSION INICIAL</b>	
Equipo de comunicación y suministros (2 estaciones)	S/ 11,431.84
Instalación de equipos y configuración (2 estaciones)	S/ 700.00
Infraestructura de torres de comunicación (2 estaciones)	S/ 1,392.40

Instalación de las torres de comunicación (2 estaciones)	S/ 600.00
Sistema de pararrayo (2 estaciones)	S/ 910.96
Sistema de pozo a tierra (2 estaciones)	S/ 1,007.72
Instalación de sistemas de pozo a tierra y pararrayo (2 estaciones)	S/ 1,400.00
Materiales de oficina	S/ 560.00
<b>TOTAL: S/ 18,002.92</b>	

#### 4.7.2 Tarifa e Ingresos

##### 4.7.2.1 Tarifa.

*Tabla 27: Tarifa de proveedor de servicio de internet*

Tipo de servicio	Planes	Factor Overbooking	Costo mensual
Residencial 1	4 Mbps	1/20 (Download/Upload)	S/ 35.00
Residencial 2	6 Mbps	1/20 (Download/Upload)	S/ 50.00
Residencial 3	8 Mbps	1/20 (Download/Upload)	S/ 65.00
Residencial 4	10 Mbps	1/20 (Download/Upload)	S/ 80.00
Empresarial 2	15 Mbps	1/10 simétrico (Download/Upload)	S/ 190.00
<b>TOTAL (en 120 clientes):</b>			<b>S/ 8,775.00</b>

##### 4.7.2.2 Ingresos.

*Tabla 28: Ingreso del servicio de internet.*

Tipo de servicio	Ingreso mensual	Ingreso anual
Residencial y empresarial	S/ 8,775.00	S/ 105,300.00

### 4.7.3 Costos Totales

#### 4.7.3.1 Costos Fijos

##### *Costos de mantenimiento.*

Para el mantenimiento de la infraestructura de red y mantenimiento de equipos será semestralmente.

**Tabla 29:** *Costo de mantenimiento.*

<b>Costos de mantenimiento</b>	<b>Costo semestral</b>	<b>Costo anual</b>
Infraestructura de red	S/ 80.00	S/ 160.00
Mantenimiento de equipos	S/ 120.00	S/ 240.00
	<b>TOTAL:</b>	S/ 400.00

##### *Sueldo del personal.*

**Tabla 30:** *Sueldo del personal.*

<b>Descripción</b>	<b>Administrador/Gerente</b>	<b>Técnico</b>	<b>Total</b>
Número de personal	1	1	2
Salario mensual	S/ 1,500.00	S/ 1,000.00	S/ 2,500.00

##### *Proveedor de internet dedicado.*

El gasto por acceso a internet es 25 dólares (85 soles) por 1Mbps dedicado y simétrico.

**Tabla 31:** *Costo por el acceso a internet dedicado.*

<b>Periodo</b>	<b>Mbps contratado</b>	<b>Costo Gilat</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
----------------	------------------------	--------------------	----------------	--------------



<b>Depreciación (por cada año)</b>	<b>646.20</b>
<b>Valor de salvamento (en 5 años)</b>	<b>3927.30</b>

#### 4.7.3.2 Costos Variables.

#### *Consumo de potencia en la torre de comunicación Torre base – Distrito de Acopia*

**Tabla 33:** *Consumo de potencia en estación base.*

Equipos	Cantidad	Voltaje	Corriente	Potencia por equipo	Potencia total
ONT proveedor	1	12V	1A	12W	12W
RB2011UiAS-RM	1	24V	1.2A	28.8W	28.8W
TL-SG1008P	1	48V	1.25A	60W	60W
Rocket AC lite	1	24V	0.5A	12W	12W
Rocket M5	3	24V	1A	24W	72W
<b>TOTAL:</b>					<b>184.8W</b>

#### *Consumo de potencia en la torre de comunicación torre nodo 1 – comunidad de Santo Domingo.*

**Tabla 34:** *Consumo de potencia en nodo 1.*

Equipos	Cantidad	Voltaje	Corriente	Potencia por equipo	Potencia total
TL-SG1008P	1	48V	1.25A	60W	60W
Rocket AC lite	1	24V	0.5A	12W	12W
Rocket M5	3	24V	1A	24W	72W
<b>TOTAL:</b>					<b>144W</b>

*Gasto mensual de energía eléctrica en las dos estaciones.*

$$GM = \frac{Pc(\text{horas al día})(\text{días al mes})(\text{costo de 1 KWh})}{1000} \quad (11)$$

Donde:

GM = Gasto Mensual [soles].

Pc = Potencia consumida [watts].

Nodo base Acopia:

$$GM = \frac{184.8(24)(30)(0.3371)}{1000}$$

$$GM(\text{Acopia}) = 44.7 \text{ soles}$$

Nodo 1 Sto. Domingo

$$GM = \frac{144(24)(30)(0.3371)}{1000}$$

$$GM(\text{Sto. Domingo}) = 35 \text{ soles}$$

**Tabla 35:** *Gasto mensual de energía eléctrica en las dos estaciones.*

<b>Estación</b>	<b>Cantidad de horas/día</b>	<b>Potencia consumida</b>	<b>Costo por 1KWh</b>	<b>Gasto mensual [soles]</b>
Nodo base – Acopia	24 horas	184.8 W	S/ 0.34	S/ 44.70
Nodo 1 – Sto. Domingo	24 horas	144 W	S/ 0.34	S/ 35.00
			<b>TOTAL:</b>	<b>S/ 79.70</b>

*Costos totales*



**Tabla 36: Costos totales.**

<b>COSTOS TOTALES</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>		
Sueldo personal (administrador y técnico)	S/ 2,500.00	S/ 30,000.00
alquiler oficina - Acopia	S/ 60.00	S/ 720.00
Alquiler espacio torre de comunicación - Acopia	S/ 20.00	S/ 240.00
Alquiler local – Santo Domingo	S/ 40.00	S/ 480.00
Alquiler espacio torre de comunicación – Santo Domingo	S/ 20.00	S/ 240.00
Proveedor internet dedicado.	S/ 4,675.00	S/ 56,100.00
Mantto	S/ 13.30	S/ 159.60
Depreciación de los equipos.	S/ 53.85	S/ 646.20
	<b>Total:</b>	<b>S/ 7,382.15      S/ 88,585.80</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>		
Suministros de oficina (hojas, cuadernos, etc.)	S/ 15.00	S/ 180.00
Suministro de limpieza (2 estaciones)	S/ 25.00	S/ 300.00
Energía eléctrica - Acopia	S/ 45.00	S/ 540.00
Agua - Acopia	S/ 13.00	S/ 156.00
Energía eléctrica – Santo Domingo	S/ 35.00	S/ 420.00
Agua – Santo Domingo	S/ 10.00	S/ 120.00
Movilización	S/ 30.00	S/ 360.00
	<b>Total:</b>	<b>S/ 173.00      S/ 2,076.00</b>

---

**TOTAL (CF+CV): S/ 7,555.15 S/ 90,661.80**

---

#### 4.7.4 Evaluación económica del proyecto.

##### 4.7.4.1 Flujo Neto Efectivo.

Describe los ingresos y los egresos de dinero en efectivo en el transcurso de un periodo de tiempo determinado.

**Tabla 37: Flujo neto efectivo.**

Descripción	Flujo neto efectivo
Año 0	-18002.92
Año 1	14638.20
Año 2	16833.90
Año 3	19359
Año 4	22262.9
Año 5	25602.3 + VS

Con estos datos se construye el diagrama de flujo.

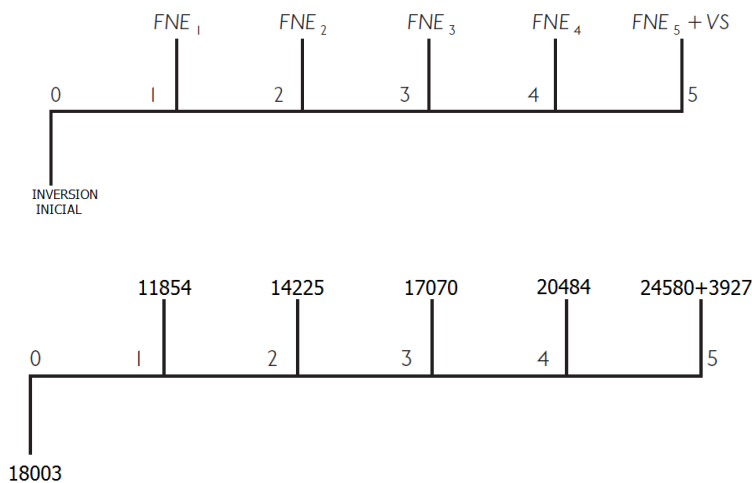


Figura: diagrama de flujo neto efectivo

#### 4.7.4.2 Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR).

Tasa mínima aceptable de rendimiento, esta tasa se usa como referencia para determinar el proyecto le puede generar ganancias o no.

Interpretación de los valores de TMAR:

- Si la TMAR es menor a la inflación, el proyecto no será rentable por lo tanto no se invertirá ya que genera pérdidas.
- Si la TMAR es igual a la inflación, el proyecto no generará perdidas ni ganancias.
- Si la TMAR es superior a la inflación, el proyecto será rentable por lo tanto genera ganancias.

Las tasas de ganancia recomendadas son:

- Bajo riesgo (1% a 10%). Cuando la demanda del servicio es estable y no existe competencia fuerte de otros servidores.
- Riesgo medio 11% a 20%. Cuando tiene una demanda variable y competencia considerable.
- Riesgo alto TMAR mayor a 20% sin límite superior. Cuando el precio del servicio cambia mucho debido a la oferta y demanda.

$$TMAR = i + f + if \quad (12)$$

Donde:

$i$  = premio al riesgo.

$f$  = inflación.

$$TMAR = 0.1 + 0.15 + 0.1 \times 0.15$$

$$TMAR = 0.27 = 27\%$$

#### 4.7.4.3 Valor Presente Neto (VPN).

También conocido como Valor Actual Neto, es actualmente uno de los métodos de análisis más utilizado y fácil para evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El objetivo de VPN es saber si una inversión es rentable, es decir, si va generar ganancias o pérdidas.

El VPN se puede interpretar de la siguiente manera:

- VPN < 0 El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.
- VPN = 0 El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.
- VPN > 0 El proyecto de inversión generará ganancias, por lo tanto se acepta.

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5} \quad (13)$$

$$vpn = -18003 + \frac{14638}{(1+0.27)^1} + \frac{16834}{(1+0.27)^2} + \frac{19359}{(1+0.27)^3} + \frac{22263}{(1+0.27)^4} + \frac{25602 + 3927}{(1+0.27)^5}$$

$$vpn = -18003 + 48910$$

$$vpn = 30907$$

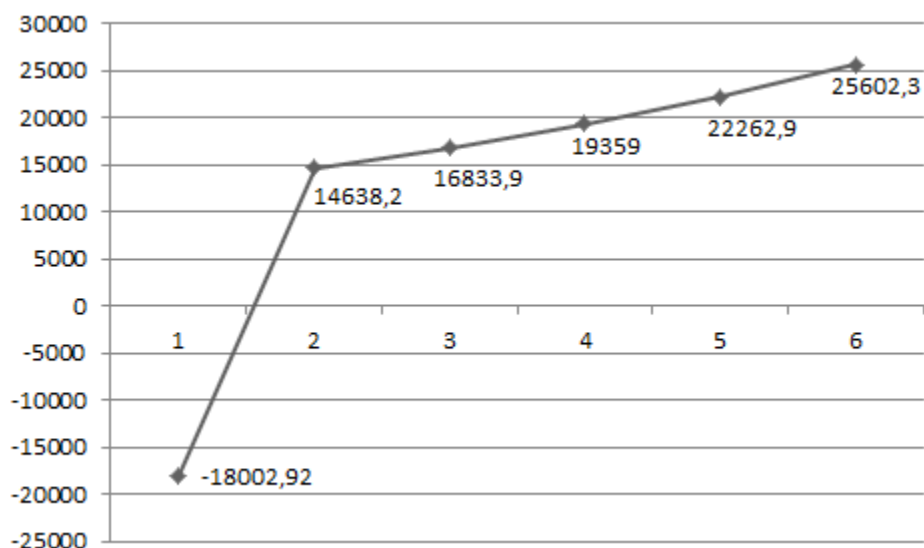
#### 4.7.4.4 Tasa Interna de Retorno (TIR).

Se obtiene al hacer VPN=0, con lo cual se obtiene que la TIR es de 90%

Después de obtener estos resultados, se concluye que se debe realizar la inversión ya que:

- El VPN es positivo e igual a 30907
- La TIR es mayor que la TMAR (90% > 27%)

#### 4.7.4.5 Periodo de Recuperación (PRI)



PRI = 1 periodo y medio, la inversión se recupera a mediados del segundo año de operación del proyecto.

En la siguientes tablas se representa resumen general de: costo de inversión inicial, tarifa, ingresos, costos totales y evaluación económica.

**Tabla 38:** Resumen - Costo de inversión inicial.

<b>Costo de inversión inicial</b>	
Equipos de comunicación (2 estaciones)	S/ 11,431.84
Instalación de equipos y configuración (2 estaciones)	S/ 700.00
Infraestructura de torres de comunicación (2 estaciones)	S/ 1,392.40
Instalación de las torres de comunicación (2 estaciones)	S/ 600.00
Sistema de pararrayo (2 estaciones)	S/ 910.96
Sistema de pozo a tierra (2 estaciones)	S/ 1,007.72
Instalación de sistemas de pozo a tierra y pararrayo (2 estaciones)	S/ 1,400.00
Materiales de oficina	S/ 560.00
<b>TOTAL:</b>	<b>S/ 18,002.92</b>

**Tabla 39: Resumen - Tarifa, ingresos y Costos Totales.**

<b>Descripción</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Tarifa e ingresos		
tarifa	<b>S/ 8,775.00</b>	
ingreso	S/ 8,775.00	S/ 105,300.00
<b>COSTOS FIJOS</b>		
Sueldo personal (administrador y técnico)	S/ 2,500.00	S/ 30,000.00
alquiler oficina - Acopia	S/ 60.00	S/ 720.00
Alquiler espacio torre de comunicación - Acopia	S/ 20.00	S/ 240.00
Alquiler local – Santo Domingo	S/ 40.00	S/ 480.00
Alquiler espacio torre de comunicación – Santo Domingo	S/ 20.00	S/ 240.00
Proveedor internet dedicado.	S/ 4,675.00	S/ 56,100.00
Mantto	S/ 13.30	S/ 159.60
Depreciación de los equipos.	S/ 53.85	S/ 646.20
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 7,382.15</b>	<b>S/ 88,585.80</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>		
Suministros de oficina (hojas, cuadernos, etc.)	S/ 15.00	S/ 180.00
Suministro de limpieza (2 estaciones)	S/ 25.00	S/ 300.00
Energía eléctrica - Acopia	S/ 45.00	S/ 540.00
Agua - Acopia	S/ 13.00	S/ 156.00
Energía eléctrica – Santo Domingo	S/ 35.00	S/ 420.00
Agua – Santo Domingo	S/ 10.00	S/ 120.00
Movilización	S/ 30.00	S/ 360.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 173.00</b>	<b>S/ 2,076.00</b>
<b>COSTOS TOTALES (CF+CV)</b>	<b>S/ 7,555.15</b>	<b>S/ 90,661.80</b>

**Tabla 40: Resumen - Evaluación económica.**

<b>Evaluación económica</b>	
Flujo Neto Efectivo	(-18002.92) (14638.20)(16833.90)(19359)(22262.9)(25602.3+VS)

---

Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)	27%
Valor Presente Neto (VPN)	30907
Tasa Interna de Retorno (TIR)	90%
Periodo de Recuperación (PRI)	1.5 años

---

## Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

1. Se determinó el proveedor del servicio de internet dedicado banda ancha con costo de 25 dólares 1Mbps y la empresa es Gilat Network Perú.
2. Se definió el ancho de banda requerida para las dos zonas tanto para el distrito de Acopia y su comunidad de Santo Domingo de 55Mbps dedicado y simétrico.
3. Se definió la cobertura de acceso a internet y la central de distribución usando el Google Earth y Radio Mobile. Como central de distribución para el poblado de Acopia es la estación Base Acopia con coordenada geográfica 14°03'29.8" S 71°29'30.2" O que se encuentra a 3720.6 msnm con una torre de altura de 14 metros. Y para la comunidad de Santo Domingo es el Nodo 1 Santo Domingo con coordenada geográfica 14°05'8.5" S 71°30'8.5" O que se encuentra a 3745.7 msnm con una torre de altura de 14 metros.
4. Se realizo el enlace back haul con equipos de 30 dBi para 3.26 Km con un total de perdida de propagación de 123.8dB, donde no hay pérdidas por forestación ni por construcción y sí por espacio libre y estadística.
5. Para el control de ancho de banda se usó el software winbox de mikrotik lo cual permite administrar los paquetes tanto la descarga, subida y bloqueo de algunas páginas si el usuario los solicita.
6. La red está diseñada para ser implementado con equipos de marca ubiquiti en frecuencia libre de 5.8GHz que permite transmitir mayor ancho de banda y con menor interferencia. Para el enlace troncal se consideró las antenas direccionales RD-5G30-LW de 30dBi y para la distribución de internet hacia los clientes las antenas sectoriales AM-5G19-120 de



19dBi que son utilizados para el enlace punto a punto y punto a multipunto tanto para la estación Base Acopia y Nodo 1 Santo Domingo. Para estos equipos se consideró un sistema de alimentación ininterrumpible (UPS RT-602LCD).

7. El costo inicial para implementar el proyecto de las dos estaciones tanto para la estación Acopia y Santo Domingo es de 18000 soles. Se realizó el análisis económico del proyecto obteniendo resultados favorables ( $VPN > 0$  y la  $TIR > TMAR$ ). Por lo que el proyecto será rentable.

## 5.2 Recomendaciones

1. Para un enlace optimo y evitar problemas a posterior, se recomienda realizar la simulación considerando las características de las antenas apropiadas a la aplicación. Donde primordialmente se tiene que validar la línea de vista LoS, alcance optimo y zona fresnel.
2. Para la selección de antenas, es importante considerar el tipo de antena verificando el estándar de operación, la ganancia en función a la distancia, la frecuencia de transmisión y recepción.
3. Se recomienda actualizarse de las nuevas tecnologías para mejorar el servicio, considerando no alterar los precios del servicio de internet.
4. En la implementación del sistema WISP considerar que las torres o estructuras donde las antenas van a ser instalados, deben ser estables para poder conservar el rendimiento y estabilidad.
5. Se recomienda trabajar con energía eléctrica estabilizada, puesta a tierra, para evitar daños a los equipos de comunicación.
6. A nivel de seguridad se recomienda usar encriptación WPA2-AES con más de 10 caracteres que incluyan números, símbolos, letras mayúsculas y minúsculas. Así el servicio será más seguro contra los ataques.
7. Cuando se quiera transmitir capacidad de datos por encima de 300Mbps es recomendable cambiar el radio M5 por una tecnología AC.
8. Cuando en la zona existe mucha interferencia por otros proveedores de internet es recomendable buscar manualmente una frecuencia más libre y siempre respetando la potencia de transmisión según modulación.

## Bibliografía

- [1] Monteza Salazar, J. C., & Sandoval Ramírez, J. B. (2018). *Diseño de Red de Banda Ancha Inalámbrica para mostrar la mejora de la cobertura con calidad de servicio al acceso de las redes y servicios de telecomunicaciones en los centros poblados del Distrito de Chota-Cajamarca.*
- [2] Quispe Marce, J. H. (2017). *Simulación de una Red Inalámbrica Estándar IEEE 802.16e con Linkplanner para dar Servicio de Internet en Distrito de Ácora.*
- [3] Rubio Gambini, J. A., & Samillán Inoquio, J. D. (2018). *Diseño de una red inalámbrica con acceso a internet para disminuir la brecha digital en el A.H. “Los Mangos” del distrito de Pimentel - 2016.*
- [4] Avalos Morales, W. H. (2019). *Red inalámbrica para intercomunicar sucursales de la empresa Concentrados de Proteínas S.A.C. - Chimbote.*
- [5] Caisaguano, P. G. (2018, 3 mayo). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Diseño y simulación de un WISP Wireless Internet Service Provider para la ciudad de Pedernales en Manabí Ecuador.* Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15471>
- [6] Landeta, F. L. (2018, 19 junio). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Diseño e implementación de la red LAN Y WLAN para la empresa Tesquimsa C.A.* Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15623>

- [7] Castillo, G. J. (2018, 5 octubre). *Repositorio Digital UCSG: Estudio y diseño de una red inalámbrica Wi-Fi para servicio de internet público gratuito en el Terminal Terrestre Green Center de la ciudad de Esmeraldas*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11341>
- [8] Nery, R. (2013). *líneas de transmisión* (primera ed.). <http://libros.uv.mx/index.php/UV/catalog/view/FC173/124/384-1>
- [9] Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (cuarta ed.). Pearson Educación.
- [10] Stallings, W. (2004). *Comunicaciones Y Redes De Computadores* (7.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- [11] Albornoz, J. M. (2007). *Radioenlaces Digitales* (primera ed.). Academica Española. [https://www.researchgate.net/publication/44419688\\_Radioenlaces\\_Digitales\\_Jose\\_Manuel\\_Albornoz](https://www.researchgate.net/publication/44419688_Radioenlaces_Digitales_Jose_Manuel_Albornoz)
- [12] Stallings, W. (2001). *Comunicaciones y Redes de Computadores* (sexta ed.). Prentice Hall.
- [13] Salazar, J. (2016). *Redes Inalámbricas* (Versión de prueba ed., Vol. 1) [Libro electrónico]. Erasmus. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf)
- [14] Ramia, M. A., Amin, A. M., & Ashraf, A. O. (2015). A Comparison between IEEE 802.11a, b, g, n and ac Standards. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 17(3), 26–29. <https://doi.org/10.9790/0661-17532629>
- [15] Bütrich, S. (2013). *Redes, Inalámbricas en los Países en Desarrollo* (cuarta ed.). <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>

[16] Behrouz, F. (2007). *Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones* (cuarta ed.).

McGraw-Hill Education.

[17] Baca Urbina, G. (2001). *Evaluación de proyectos* (4.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

<https://econforesyproyec.files.wordpress.com/2014/11/evaluacion-de-proyectos-gabriel-baca-urbina-corregido.pdf>