

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN RADIOENLACE PARA EXPANSIÓN DE
COBERTURA DE INTERNET EN LA PARROQUIA “11 DE NOVIEMBRE” DE
LA PROVINCIA DE COTOPAXI.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Bryan Alejandro Cadena Borja

bryan.cadena01@epn.edu.ec

Bryan Steeven Uzuay Valenzuela

bryan.uzuay@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. FANNY PAULINA FLORES ESTEVEZ, MSc.

fanny.flores@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. FABIO MATÍAS GONZÁLEZ GONZÁLEZ, MSc.

fabio.gonzalez@epn.edu.ec

Quito, octubre 2021

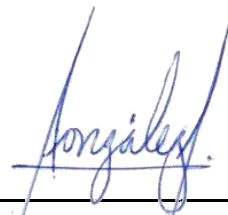
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr Cadena Borja Bryan Alejandro y el Sr Uzuay Valenzuela Bryan Steeven como requerimiento parcial a la obtención de los títulos de TECNÓLOGOS EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, bajo nuestra supervisión:



Fanny Paulina Flores Estevez

DIRECTORA DEL PROYECTO



Fabio Matías González González

CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros Cadena Borja Bryan Alejandro con CI: 172177588-8, Uzuay Valenzuela Bryan Steeven con CI: 172543506-7 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



**Bryan Alejandro Cadena
Borja**



**Bryan Steeven Uzuay
Valenzuela**

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios por darme la sabiduría necesaria, a mis padres José y Vilma por apoyarme en todo el camino hasta ahora, a mi tía Jenny que fue importante para cumplir esta meta que me ayudó con sus consejos siempre, a mi esposa Karelys y a mi hijo Nicolás que son el motivo por el cual me esfuerzo cada día, a mis amigos Kevin, Leonel, Steeven y Angel que compartimos muchos momentos en esta institución.

Bryan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por día a día bendecirme y lograr mi objetivo, a mi familia por siempre brindarme sus consejos.

A la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), por abrirme sus puertas y lograr mi objetivo de tener un título en esta prestigiosa institución

A los profesores que día a día dieron su esfuerzo y profesionalismo por enseñar, en especial a las ingenieras Viviana Párraga y Fanny Flores que nos brindaron su apoyo para lograr este objetivo.

A la empresa Intelcotopaxi por abrirnos sus puertas y brindarnos todo su apoyo para poder culminar nuestro proyecto.

Bryan

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a mi familia, que siempre me dieron una mano cuando necesitaba apoyo, a mi madre que cada día me recordaba lo importante que es culminar los estudios y a mi padre que me enseñó que todo esfuerzo que se realiza siempre tiene un fruto.

A los profesores de la Escuela de Formación de Tecnólogos que me brindaron sus conocimientos y supieron apoyarme en cada momento.

A mis amigos que me apoyaron dándome ánimos para llegar a la meta sin dar un paso atrás.

Steeven

AGRADECIMIENTO

A mi familia, en especial a mi papá y mamá quienes siempre me apoyaron en mis estudios, ayudándome en cada momento que lo necesitaba, en la parte económica o emocional.

A la Escuela Politécnica Nacional y a todos los docentes que conforman la Escuela de Formación de Tecnólogos por haberme ayudado y permitido culminar este nivel de estudio en una de las mejores universidades del país.

Un agradecimiento especial a la Ing. Viviana Párraga e Ing. Fanny Flores por su contribución en toda esta etapa.

Finalmente, a la empresa Intelcotopaxi por abrirnos sus puertas y aceptar que se lleve a cabo la implementación de este proyecto.

Steeven

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 | Objetivo general | 1 |
| 1.2 | Objetivos específicos..... | 1 |
| 1.3 | Fundamentos..... | 1 |
| 2 | METODOLOGÍA..... | 12 |
| 2.1 | Descripción de la metodología usada | 12 |
| 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 13 |
| 3.1 | Diseño del radioenlace | 13 |
| 3.2 | Determinación de equipos y materiales | 25 |
| 3.3 | Implementación del radioenlace | 27 |
| 3.4 | Pruebas de funcionamiento | 40 |
| 4 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 50 |
| 4.1 | Conclusiones..... | 50 |
| 4.2 | Recomendaciones..... | 51 |
| 5 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 52 |
| | ANEXOS..... | 55 |
| | Anexo 1: Certificado de funcionamiento de proyecto de titulación..... | 1 |
| | Anexo 2: <i>Datasheet</i> Radio <i>Mimosa C5C</i> | 3 |
| | Anexo 3: <i>Datasheet</i> Antena <i>Ubiquiti Rocket Dish 34dBi 5G34</i> | 5 |
| | ANEXO 4: <i>Datasheet</i> SXT-SA5 | 16 |
| | ANEXO 5: Certificado de Funcionamiento Intelcotopaxi | 17 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Presentación de un enlace en <i>Radio Mobile</i> | 2 |
| Figura 1.2 <i>Dashboard Wisphub</i> | 4 |
| Figura 1.3 Cliente <i>Wisphub</i> | 4 |
| Figura 1.4 Finanzas <i>Wisphub</i> | 5 |
| Figura 1.5 Lista de <i>routers Wisphub</i> | 5 |
| Figura 1.6 Soporte técnico <i>Wisphub</i> | 6 |
| Figura 1.7 <i>Winbox</i> | 6 |
| Figura 3.1 Visita técnica a la parroquia “11 de noviembre” | 13 |
| Figura 3.2 Radioenlace entre dos nodos..... | 14 |
| Figura 3.3 Mapa <i>Google Earth</i> del nodo “11 de noviembre” | 17 |
| Figura 3.4 Coordenadas de los nodos: “11 de noviembre” y “El Salto” | 17 |
| Figura 3.5 Distancia entre nodo “11 de noviembre” y “El Salto” | 18 |
| Figura 3.6 Coordenadas del nodo principal en <i>Radio Mobile</i> | 18 |
| Figura 3.7 Coordenadas del nuevo nodo “11 de noviembre” | 19 |
| Figura 3.8 Mapa de los nodos | 19 |
| Figura 3.9 Parámetros del enlace | 20 |
| Figura 3.10 Topología del enlace..... | 20 |
| Figura 3.11 Miembro - Nodo central..... | 21 |
| Figura 3.12 Miembro - nodo “11 de noviembre” | 21 |
| Figura 3.13 Sistema enlace nodo central “El Salto” nodo “11 de noviembre” | 22 |
| Figura 3.14 Estilo enlace nodo central “El Salto” nodo “11 de noviembre” | 22 |
| Figura 3.15 Enlace entre nodo principal y nodo “11 de noviembre”..... | 23 |
| Figura 3.16 Enlace de Radio..... | 23 |
| Figura 3.17 Enlace de radio inverso..... | 24 |
| Figura 3.18 Salida de la antena <i>Ubiquiti</i> y radio <i>Mimosa</i> de la bodega general..... | 28 |
| Figura 3.19 Desempaque de la antena y platillo..... | 28 |
| Figura 3.20 Ajuste de la antena en el platillo | 29 |
| Figura 3.21 Colocación de la radio <i>Mimosa C5c</i> | 29 |
| Figura 3.22 Colocación de las protecciones..... | 30 |
| Figura 3.23 Implementación de la antena en la torre de la empresa | 30 |
| Figura 3.24 Ajuste de la antena con el platillo | 31 |
| Figura 3.25 Alineación de la antena..... | 31 |
| Figura 3.26 Colocación de la radio <i>Mimosa C5c</i> | 32 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Figura 3.27 | Colocación de radio <i>Mimosa C5c</i> | 32 |
| Figura 3.28 | Protección de la radio <i>Mimosa C5c</i> | 33 |
| Figura 3.29 | Ajuste de la base de la antena | 33 |
| Figura 3.30 | Tanque “11 de noviembre” parte inferior | 34 |
| Figura 3.31 | Tanque “11 de noviembre” parte superior | 34 |
| Figura 3.32 | Colocación de la antena en el módulo “11 de noviembre” | 35 |
| Figura 3.33 | Conexión en la central..... | 35 |
| Figura 3.34 | Conexión en la parroquia "11 de noviembre"..... | 35 |
| Figura 3.35 | Descarga del <i>firmware</i> de la radio | 36 |
| Figura 3.36 | <i>Firmware</i> instalado e introducción del código único | 36 |
| Figura 3.37 | Ingreso al equipo <i>Mimosa</i> | 37 |
| Figura 3.38 | Configuración del radio “El Salto”-”11 de noviembre” | 37 |
| Figura 3.39 | Configuración de administración radio “El Salto”-”11 de Noviembre” | 38 |
| Figura 3.40 | Configuración pestaña Enlace radio “11 de noviembre”- “El Salto”..... | 38 |
| Figura 3.41 | Configuración de administración radio “11 de noviembre”- “El Salto” | 39 |
| Figura 3.42 | Respuesta en frecuencia 4 900 - 6 400 (MHz) | 39 |
| Figura 3.43 | Radioenlace operativo y capacidad final del nodo central | 40 |
| Figura 3.44 | Radioenlace operativo y capacidad final del nodo “11 de noviembre” | 40 |
| Figura 3.45 | Armado de antena LHG5 <i>Mikrotik</i> | 41 |
| Figura 3.46 | Alineación de la antena..... | 41 |
| Figura 3.47 | Configuración IP antena cliente..... | 42 |
| Figura 3.48 | Configuración DHCP..... | 42 |
| Figura 3.49 | Configuración DNS | 43 |
| Figura 3.50 | Configuración corta fuegos..... | 43 |
| Figura 3.51 | Configuración rutas | 44 |
| Figura 3.52 | Configuración apartado Inalámbrico..... | 44 |
| Figura 3.53 | Configuración apartado Inalámbrico..... | 45 |
| Figura 3.54 | Protocolo NV2..... | 45 |
| Figura 3.55 | Apartado conjunto rápido | 46 |
| Figura 3.56 | Configuración <i>router</i> | 46 |
| Figura 3.57 | Configuración IP del <i>router</i> | 47 |
| Figura 3.58 | Configuración de ajustes inalámbricos del <i>router</i> | 47 |
| Figura 3.59 | Prueba de velocidad en cliente final | 48 |
| Figura 3.60 | Código QR del funcionamiento del sistema..... | 48 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1 Especificaciones radio <i>Mimosa C5c</i> | 7 |
| Tabla 1.2 Especificaciones radio <i>Ubiquiti Rocket M5 Titanium</i> | 8 |
| Tabla 1.3 Especificaciones antena <i>Ubiquiti Rocket Dish 5G34</i> | 8 |
| Tabla 1.4 Especificaciones <i>router</i> Tenda N300 | 9 |
| Tabla 1.5 Especificaciones de la antena <i>Mikrotik LHG5</i> | 10 |
| Tabla 1.6 Especificaciones del AP SXT-SA5 [14] | 10 |
| Tabla 3.1 Parámetros calculados y obtenidos en el <i>Radio Mobile</i> | 24 |
| Tabla 3.2 Direcciones IP asignadas para nodo “11 de noviembre” | 25 |
| Tabla 3.3 Cálculo de la capacidad aproximada del radioenlace | 25 |
| Tabla 3.4 Comparación de radios <i>Mimosa</i> y <i>Ubiquiti</i> | 26 |
| Tabla 3.5 Antenas <i>Ubiquiti Rocket Dish 5G34</i> y <i>Rocket Dish 5G30-LW</i> | 27 |

RESUMEN

A través del presente proyecto, mediante un radio enlace se conectó el nodo principal ubicado en la parroquia “El Salto” al nuevo nodo que se encuentra en la parroquia “11 de noviembre”, ambos nodos pertenecientes a la provincia de Cotopaxi. Dicha implementación se realizó con la finalidad de expandir el área de cobertura de la empresa Intelcotopaxi, proveedora de servicio de Internet. De esta manera, se beneficia a los moradores que viven en esta zona rural ya que los principales proveedores se centran en las zonas urbanas.

El presente documento está estructurado en cinco secciones. En la primera se presenta una introducción que contiene el planteamiento del problema, este se basa en la falta de conectividad a Internet en varias parroquias rurales del país. Además, se presenta los fundamentos teóricos que ayudaron a entender y realizar el radioenlace.

La segunda sección presenta la metodología empleada, en la cual se describe los pasos que fueron necesarios para el desarrollo de cada objetivo específico que se planteó.

La tercera sección, referente a los resultados y discusión, plasma el procedimiento paso a paso para el cumplimiento de cada objetivo, iniciando con el diseño del radioenlace, seguido por la adquisición de los equipos; además la implementación y por último las pruebas desarrolladas en los domicilios de clientes finales.

En la cuarta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas tras la implementación realizada en su totalidad.

Por último, se incluyen las referencias bibliográficas que ayudaron a entender de manera detallada los radioenlaces y los anexos que añaden sustento al proyecto.

Palabras claves: Internet, enlace PTP, NV2, DHCP.

ABSTRACT

Through this project, by means of a radio link, the main node located in the parish "El Salto" was connected to the new node located in the parish "11 de noviembre", both nodes belonging to the province of Cotopaxi. This implementation was carried out with the purpose of expanding the coverage area of the company Intelcotopaxi, Internet service provider. This will benefit the inhabitants living in this rural area, since the main providers are located in urban areas.

This document is structured in five sections. The first section presents an introduction containing the problem statement, which is based on the lack of Internet connectivity in several rural parishes of the country. In addition, the theoretical foundations that helped to understand and carry out the radio link are presented.

The second section presents the methodology used, which describes the steps that were necessary for the development of each specific objective.

The third section, referring to the results and discussion, shows the step-by-step procedure for the fulfillment of each objective, starting with the design of the radio link, followed by the acquisition of the equipment, the implementation and finally the tests carried out at the final customers' homes.

The fourth section presents the conclusions and recommendations obtained after the entire implementation.

Finally, the bibliographical references that helped to understand in detail the radio links and the annexes that add support to the project are included.

Keywords: *Internet, PTP link, NV2, DHCP.*

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el Internet se ha convertido en una necesidad básica, debido a que permite conectarse con el mundo [1]. A raíz de la pandemia, la comunicación ha sido uno de los principales problemas que surgieron en distintas zonas del país, en especial las rurales. En el año 2020, el 70.7% de los habitantes en Ecuador utilizó Internet, elevándose en un 11.5% más que en el año 2019 [2]. En las zonas rurales aumentó un 14% y en las urbanas 10.4% del total de abonados. Estas cifras fueron publicadas en el último informe que realizó el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) [2].

Uno de estos sectores es la parroquia “11 de noviembre” de la provincia de Cotopaxi. En el presente trabajo se propone solucionar el problema de los moradores de la parroquia que no cuentan con una adecuada conexión a Internet, mediante la implementación de un radioenlace, cumpliendo las necesidades como son calidad, garantía y soporte técnico. Las problemáticas causadas se van a resolver mediante cuatro objetivos que describen el diseño, adquisición de equipos, implementación y la comprobación del servicio en los domicilios de los clientes finales.

1.1 Objetivo general

Implementar un radioenlace para expansión de cobertura de Internet en la parroquia “11 de noviembre” de la provincia de Cotopaxi.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar el diseño del proyecto analizando el sistema inalámbrico mediante una herramienta de *software*.
- Determinar los equipos y materiales que cumplan con las características técnicas para su adquisición.
- Implementar el radioenlace en la parroquia “11 de noviembre”.
- Realizar las pruebas del servicio.

1.3 Fundamentos

- Enlace Punto a Punto

Son conexiones para establecer una comunicación entre dos dispositivos que se localizan en diferentes lugares mediante ondas electromagnéticas que se propagan a

través del aire, estos se utilizan para la transmisión de datos o para brindar servicio de Internet, para ello deben tener visibilidad de los puntos [3].

- **Radio Mobile**

Es un programa libre, que permite realizar los cálculos para radio enlaces de larga distancia en diferentes tipos de terreno. Este utiliza datos geográficos en combinación con la información de los equipos como son la sensibilidad, potencia, ruido, entre otros parámetros y proporciona una imagen como se muestra en la Figura 1.1 [4].

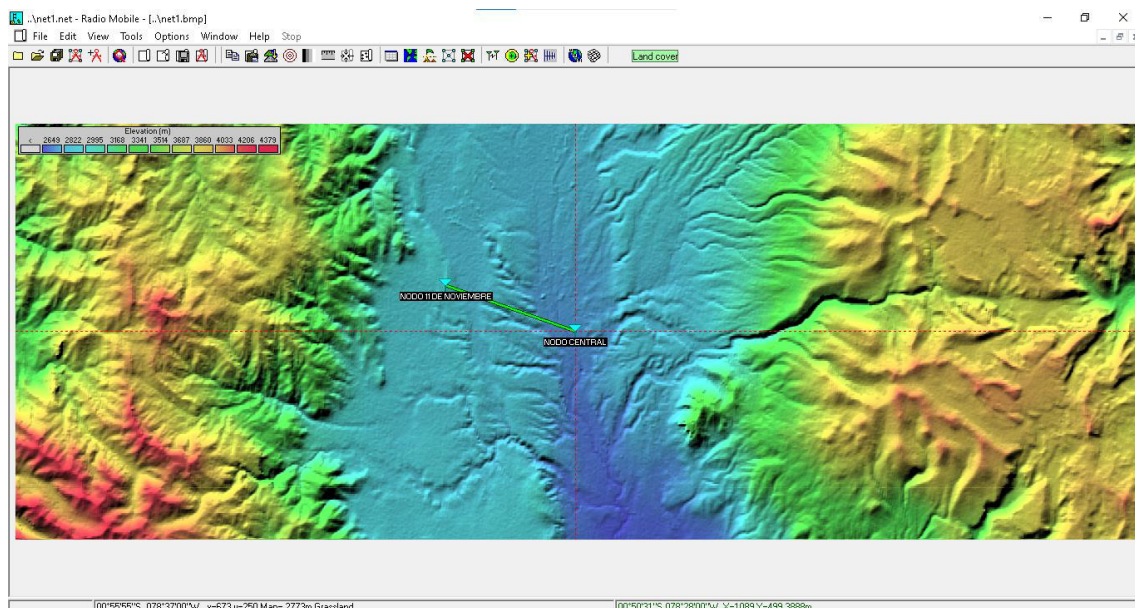


Figura 1.1 Presentación de un enlace en *Radio Mobile*

Este programa utiliza el modelo *Longley-Rice*, el cual está basado en el análisis estadístico de la superficie terrestre y la teoría electromagnética; este modelo también se puede decir que es empírico-estadístico debido a que predice la mediana de la atenuación de la señal de radiofrecuencias. Además, tiene varias utilidades que ayudan a la creación y proyección del diseño de los enlaces [4].

Los parámetros que se pueden colocar en las simulaciones ayudan a visualizar de manera teórica los equipos, los cuales serán usados en la implementación que se va a realizar.

El modelo puede ser utilizado en dos tipos de modos de predicción:

- Área de cobertura
- Punto a punto

El programa utiliza los datos topográficos del proyecto de la NASA *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM); de estos datos se crean mapas que pueden ser montados a mapas descargados de Internet como *Google Maps*, *Map Quest*, entre otros.

Este programa permite trabajar con longitudes de trayecto de 1 - 2 000 (km) y también frecuencias de 20 (KHz) a 40 (GHz) [4].

- **Dirección IP**

Número único dedicado para cada equipo, que consta de 4 cifras separadas por un punto, el número máximo es de 255 [5].

- **Dirección MAC**

Estas direcciones son únicas a nivel mundial, son colocadas en cada dispositivo después de ser fabricado. Las direcciones MAC se conforman por 48 bits se representan por lo general con dígitos hexadecimales, se agrupan en seis parejas comúnmente se separan con dos puntos o un guion. Tres de las seis parejas nos indican el fabricante y las otras tres parejas nos muestra el modelo [6].

- **Wisphub**

Es un sistema utilizado por los Proveedores de Servicio de Internet (ISP) y Proveedores de Servicio de Internet Inalámbrico (WISP), el cual se basa en la nube; permite administrar varios o pocos clientes mediante: Colas simples, Protocolo de Resolución de Direcciones (ARP), Protocolo de Configuración de Huésped Dinámico (DHCP), Protocolo Punto a Punto sobre Ethernet (PPPoE), Control de Ancho de Banda por grupos [7].

Dentro de sus características están:

Dashboard:

Es la pantalla principal donde se presenta el total de clientes existentes, tráfico total tanto de subida como de bajada y los *tickets* generados a la parte de soporte técnico, como se muestra en la Figura 1.2 [7].

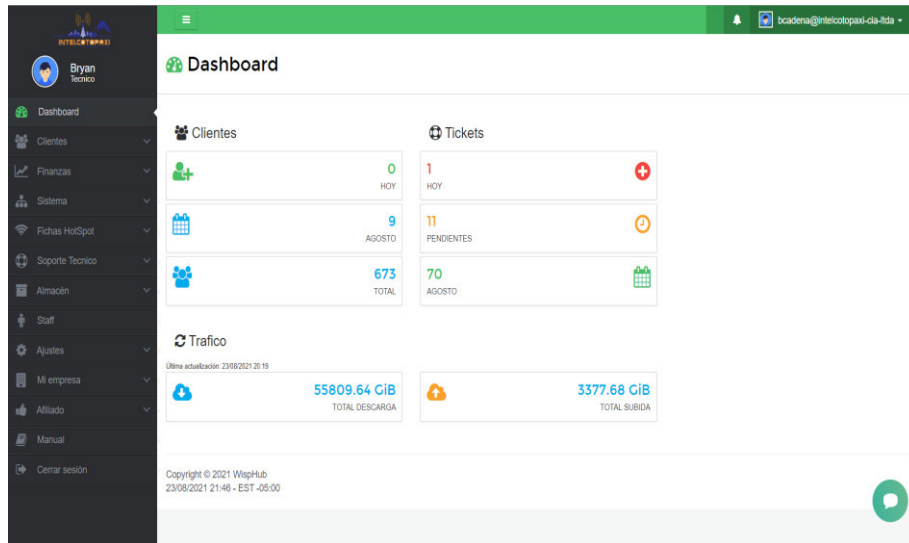


Figura 1.2 Dashboard Wisphub

Cientes:

En este ítem se puede visualizar el listado de los abonados que se encuentran en el sistema y su ubicación geográfica. También se incluyen nuevos clientes con sus respectivas características como son: Protocolo de Internet (IP), Control de Acceso a Medios (MAC), coordenadas del domicilio, tipo de antenas, tipo de plan de Internet, a qué nodo se encuentra enlazado, entre otros. El sistema permite observar si existe conexión, realizando *ping* al cliente, y verificando el tráfico de red ya sea mensual, semanal o en tiempo real. Aquí se puede activar o desactivar a los clientes por falta de pago, como se muestra en la Figura 1.3 [7].

The 'Lista de Clientes' interface includes a search bar and a table with the following data:

| Nombre | Servicio | Ip | Estado | Plan Internet | Router |
|-----------------------------------|--|---------------|--------|---------------|-------------------|
| GUAMANGATE DIAZ EDWIN EUCLIDES | 0727 GUAMANGATE DIAZ EDWIN EUCLIDES | 1 2.1 0. 17 | Activo | RESIDENCIAL 1 | R2_NODO_EL_SALTO |
| BUSTAMANTE ELIZALDE BELGICA MARIA | 0728 BUSTAMANTE ELIZALDE BELGICA MARIA | 1 2.1 0. 55 | Activo | RESIDENCIAL 3 | R3_NODO_CUICUNO |
| MIGUEL DAVIS OCHOA PINTA | 0725 OCHOA PINTA CHRISTIAN SANTIAGO | 1 2.1 3.1 50 | Activo | RESIDENCIAL 3 | R3_NODO_CUICUNO |
| MIGUEL DAVID MALLA CORDOVA | 0726 MALLA CORDOVA MIGUEL DAVID | 1 2.1 0. 251 | Activo | RESIDENCIAL 3 | R3_NODO_CUICUNO |
| JULISSA MARIBEL TOAQUIZA CAYO | 0724 JULISSA MARIBEL TOAQUIZA CAYO | 1 2.1 0. 876 | Activo | RESIDENCIAL 3 | R1_NODO_SAN_BUENA |
| PAUL ESTALIN YASELGA VALENZUELA | 0723 YASELGA VALENZUELA PAUL ESTALIN | 1 2.1 1.1 136 | Activo | RESIDENCIAL 4 | R3_NODO_CUICUNO |
| ROSA ELVIRA LEMA DE LA CRUZ | 0722 LEMA DE LA CRUZ ROSA ELVIRA | 1 2.1 0.2 25 | Activo | RESIDENCIAL 2 | R2_NODO_EL_SAL |

Figura 1.3 Cliente Wisphub

Finanzas:

En este apartado se realiza la facturación a los clientes, promesas de pagos para que el servicio no sea desactivado en la fecha de corte general, también se puede obtener los pagos pendientes, la búsqueda de facturas de fechas anteriores y un balance general de la parte de contabilidad, como se muestra en la Figura 1.4 [7].

| #Factura | Cajero | Usuario | Cliente | Fecha Pago |
|----------|-----------------|--|--------------------------------------|------------------|
| 7507 | Thalia Chicalza | 0389-gavilanes-pilaguano-nelson@intelcotopaxi-cla-lda | GAVILANES PILAGUANO NELSON | 23/08/2021 16:05 |
| 7506 | Thalia Chicalza | 0626-lema-condor-ana-lucia@intelcotopaxi-cla-lda | LEMA CONDOR ANA LUCIA | 23/08/2021 16:04 |
| 7504 | Thalia Chicalza | fo_0105-roman-campaña-milton-eduardo@intelcotopaxi-cla-lda | ROMAN CAMPANA MILTON EDUARDO ROMAN | 23/08/2021 11:03 |
| 7503 | Thalia Chicalza | 0678-olmos-olmos-mishel-estefania@intelcotopaxi-cla-lda | OLMOS OLMOS MISHELL ESTEFANIA | 21/08/2021 12:27 |
| 7499 | Thalia Chicalza | 0663-inga-de-la-cruz-gisela-nataly@intelcotopaxi-cla-lda | INGA DE LA CRUZ GISELA NATALY | 19/08/2021 15:22 |
| 7498 | Thalia Chicalza | mtoaquiza@intelcotopaxi-cla-lda | TOAQUIZA RAMIREZ MARGARITA ALEXANDRA | 19/08/2021 10:49 |
| 7496 | Thalia Chicalza | 0728-bustamante-elizalde-belgica-maria@intelcotopaxi-cla-lda | BUSTAMANTE ELIZALDE BELGICA MARIA | 01/09/2021 |

Figura 1.4 Finanzas Wisphub

Sistema:

Brinda información sobre los *routers* implementados en toda la red, los planes de Internet disponibles, la ubicación de los nodos y la lista de puntos de acceso activos para cubrir los sectores, como se muestra en la Figura 1.5 [7].

| Nombre | Ip | Usuario | Api | Configuración | Script de Conexión | Zona | Acción |
|------------------------|-------------|---------|------|-------------------------------|--------------------|------------------------|----------------|
| R2_NODO_EL_SALTO_GPON | 192.168.1.1 | wisphub | True | PCQ Amarre IP/Mac | No | R2_NODO_EL_SALTO_GPON | [Ver] [Editar] |
| R1_NODO_SAN_BUENA_GPON | 192.168.1.2 | wisphub | True | PCQ Amarre IP/Mac | No | R1_NODO_SAN_BUENA_GPON | [Ver] [Editar] |
| R1_NODO_SAN_BUENA | 192.168.1.3 | wisphub | True | Simple Queue Amarre IP/Mac | Si | R1_NODO_SAN_BUENA | [Ver] [Editar] |
| R4_NODO_11DENOVEMBRE | 192.168.1.4 | wisphub | True | Simple Queue Amarre IP/Mac | Si | R4_NODO_11DENOVEMBRE | [Ver] [Editar] |
| R2_NODO_EL_SALTO | 192.168.1.5 | wisphub | True | Simple Queue | Si | R2_NODO_EL_SALTO | [Ver] [Editar] |

Figura 1.5 Lista de routers Wisphub

Soporte Técnico:

En esta pestaña se puede observar los *tickets* generados por la parte administrativa y se notifica al técnico de turno mediante correo electrónico, dando la opción de cerrar el *ticket* o ponerlo en proceso. Esto permite tener una estadística y balance al final de cada mes, como se muestra en la Figura 1.6 [7].

| #Ticket | Cliente | Asunto | Abierto | Estado | Prioridad | N° IP | Ultimo Cambio |
|---------|---------------------------------|-------------------|------------------|---------|-----------|-----------------|------------------|
| 0000565 | ALMACHI BONIFAS MIRIAN GISELA | Internet Lento | 23/08/2021 17:23 | Nuevo | Alta | 1' 2.1.3.12. 3 | 23/08/2021 17:23 |
| 0000564 | YUGCHA GUSHCASHO NANCY ROCIO | VISITA TECNICA | 21/08/2021 11:46 | Nuevo | Muy Alta | 1' 0.1.8.4. 10 | 21/08/2021 11:46 |
| 0000563 | LLANGO TELLO MARIA JUANA | Internet Lento | 21/08/2021 11:17 | Nuevo | Muy Alta | 1. 2.1' 4.76 | 21/08/2021 11:17 |
| 0000562 | GUANOTASIG PALOMO OSCAR ALBERTO | No Tiene Internet | 20/08/2021 12:49 | Nuevo | Alta | 1' 1.1.0.4. 7 | 20/08/2021 12:49 |
| 0000561 | PALLO QUILA STALIN EVERALDO | No Tiene Internet | 19/08/2021 17:12 | Cerrado | Muy Alta | 1. 2.1. 3.2. 45 | 19/08/2021 18:27 |

Figura 1.6 Soporte técnico Wisphub

- **Winbox**

Es un programa creado por John Tully y Arnis Riekstins creadores de *Mikrotik* para los ISP y usuarios concededores del software, aquel permite administrar equipos *Mikrotik*, utilizando una interfaz amigable para el usuario como se visualiza en la Figura 1.7 [8].

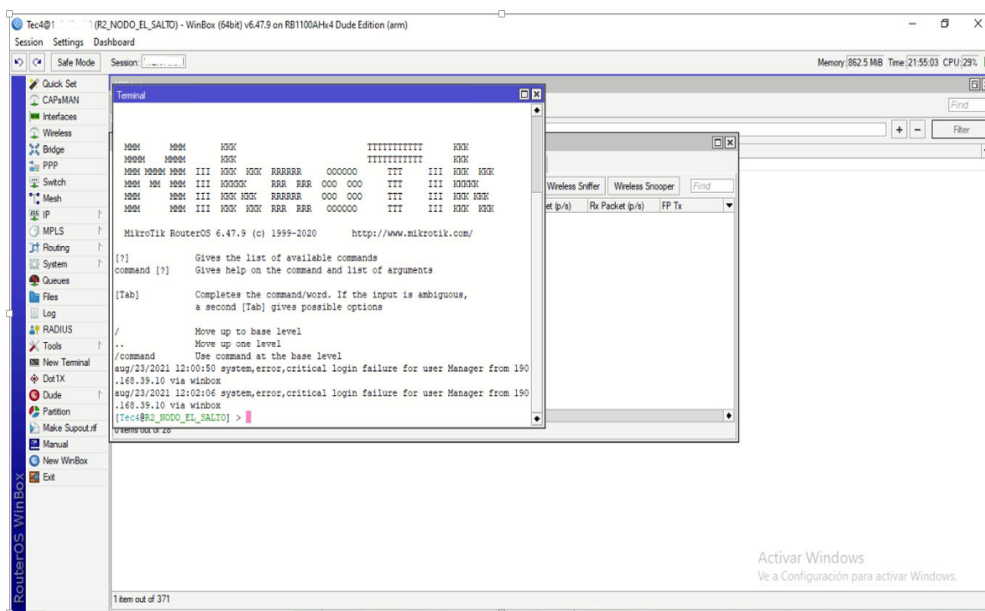


Figura 1.7 Winbox

Este programa permite el registro de *routers* donde estarán enlazados los diferentes clientes; adicional, se controla el ancho de banda, subredes, direcciones IP, direcciones MAC, entre otros parámetros. Mediante este programa se configura el equipo *Mikrotik* en los usuarios finales [8].

- **Radio *Mimosa C5c***

Es un radio ideal para *backup* de corto y largo alcance. Es utilizado para aplicaciones de punto a multipunto como radio para clientes, y para enlaces punto a punto brinda un alto rendimiento debido a que supera árboles y follaje. Su diseño es pequeño y de costo reducido en comparación con otras soluciones alámbricas como la OLT para fibra óptica; consta con certificación IP55 que ayuda a resistir los fenómenos naturales que se presentan en la zona tropical. Para mayor detalle, se presenta el *datasheet* en el Anexo 2 [9]. Las especificaciones técnicas más importantes de la radio se indican en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Especificaciones radio *Mimosa C5c* [9]

| Especificaciones | Radio <i>Mimosa C5c</i> |
|----------------------------------|--|
| Rango de frecuencias | PTMP: 4 900 - 6 400 (MHz) PTP: 4 900 - 6 400 (MHz) |
| Potencia máxima de salida | 27 (dBm) |
| Sensibilidad | -87 (dBm) a 80 (MHz) -90 (dBm) a 40 (MHz) -93 (dBm) a 20 (MHz) |
| Rendimiento máximo | PTP / PTMP: 700 (Mbps) |
| Gigabit Ethernet | 10/100/1 000-BASE-T |
| Seguridad | Cliente WPA2 + <i>Mimosa</i> 802.1x |
| QoS | Admite 4 niveles de QoS pre configurados |
| Dimensiones | Profundidad 44 (mm) Ancho 65 (mm) Altura 188.4 (mm) |
| Distancia de enlace | Mayor a 50 (Km) |
| Banda de operación | 5 (GHz) |

- **Radio Ubiquiti Rocket M5 Titanium**

Este equipo se utiliza para enlaces que necesitan un alto rendimiento en la transferencia de datos. Su diseño es para entornos donde las condiciones climáticas son extremas, reduce el ruido del ambiente, tiene gestión mediante Sistema de Posicionamiento Global (GPS) sin interferencia de ubicación [10]. Las especificaciones más importantes se presentan en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Especificaciones radio *Ubiquiti Rocket M5 Titanium* [10]

| Especificaciones | Radio <i>Ubiquiti Rocket M5 Titanium</i> |
|----------------------------------|---|
| Rango de frecuencias | 5 170 - 5 825 (MHz) |
| Potencia máxima de salida | 27 (dBm) |
| Sensibilidad | -75 (dBm) a -94 (dBm) |
| Rendimiento máximo | 150 (Mbps) |
| Gigabit Ethernet | Puerto 10/100/1 000 |
| Seguridad | WEP/WPA/WPA2 |
| QoS | Compatibilidad con 802.11e / WMM |
| Dimensiones | 160 x 80 x 44 mm |
| Distancia de enlace | Hasta 50 (Km) |

- **Antena Ubiquiti Rocket Dish 5G34**

Ideal para enlaces punto a punto, su antena es de doble polarización tanto en horizontal como en vertical, para mayor detalle se presenta el *datasheet* de la antena en el Anexo 3 [11]. En la Tabla 1.3 se presentan las características técnicas más relevantes.

Tabla 1.3 Especificaciones antena *Ubiquiti Rocket Dish 5G34* [11]

| Especificaciones | <i>Ubiquiti Rocket Dish 5G34</i> |
|---|---|
| Frecuencias | 4.9 – 5.8 (GHz) |
| Ganancia | 30 - 34 (dBi) |
| Dimensiones | 1050 x 1050 x 421 (mm) |
| Máxima velocidad de viento que soporta | 200 (Km/h) |
| Polarización | <i>Dual-Linear</i> |

- **Router Tenda N 300**

El *router* incorpora una configuración amigable para el cliente, este equipo brinda una velocidad de hasta 300 (Mbps), se lo puede utilizar de diferente manera ya sea como repetidor de señal o modo AP [12]. En la Tabla 1.4 se puede visualizar las características de este equipo.

Tabla 1.4 Especificaciones *router* Tenda N300 [12]

| Especificaciones | <i>Router Tenda N 300 Easy</i> |
|------------------------------------|---|
| Estándar y protocolo | IEEE 802.3/3U, IEEE 802.11n/g/b |
| Interfaz | <ul style="list-style-type: none"> • 1 puerto WAN de 10/100 (Mbps) • 3 puertos LAN de 10/100 (Mbps) |
| Antena | 2 antenas fijas omnidireccionales de 5 (dBi) |
| Rango de frecuencia | 2,412 - 2,472 (GHz) |
| Seguridad inalámbrica | <ul style="list-style-type: none"> • WEP de 64/128 bits • WPA-PSK • WPA2-PSK |
| Tipo de conexión a Internet | Dirección IP dinámica, PPPoE, dirección IP estática, L2TP, PPTP |
| Servidor DHCP | <ul style="list-style-type: none"> • Servidor DHCP incorporado • Lista de clientes DHCP • Reserva de direcciones |
| Control parental | <ul style="list-style-type: none"> • Filtro de clientes • Filtro MAC • Filtro de sitios <i>web</i> |

- **Antena Mikrotik LHG5**

El LHG 5 es perfecto para enlaces punto a punto, admite el protocolo Nv2 TDMA. El modelo de la rejilla ayuda a la protección contra el viento, el puerto *Ethernet* de la antena está internamente en la unidad inalámbrica, esto ayuda a que no haya pérdidas de cables [13]. En la Tabla 1.5 se presentan las especificaciones técnicas más importantes de la antena.

Tabla 1.5 Especificaciones de la antena *Mikrotik LHG5* [13]

| Especificaciones | Antena <i>Mikrotik LHG5</i> |
|---|------------------------------------|
| Sistema operativo | <i>RouterOS</i> |
| RAM | 64 (MB) |
| Almacenamiento | 16 (MB) |
| Rango de frecuencia | 2.412 – 2.472 (GHz) |
| Entradas DC | 1 (entrada PoE) |
| Velocidad de datos | 300 (Mbps) |
| Estándares inalámbricos | 802.11a / n |
| Puertos | <i>Ethernet 10/100</i> |
| Grado de protección IP (<i>Ingress Protection</i>) | IP54 |

- **SXT-SA5**

Es un punto de acceso inalámbrico para exteriores de 5 GHz de alta velocidad, de fácil montaje cuenta con una antena de 14dBi se puede configurar mediante el *software Winbox*. Cuenta con una carcasa dedicada para áreas con alta interferencia [14]. En Tabla 1.6 se presentan las especificaciones técnicas más importantes.

Tabla 1.6 Especificaciones del AP SXT-SA5 [14]

| Especificaciones | Antena <i>Mikrotik LHG5</i> |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Sistema operativo | <i>RouterOS</i> |
| RAM | 64 (MB) |
| Almacenamiento | 128 (MB) |
| Grados de cobertura | 90 |
| Entradas DC | 1 (entrada PoE) |
| Velocidad de datos | 300 (Mbps) |
| Estándares inalámbricos | 802.11a / n |
| Puertos | <i>Ethernet 10/100/1000</i> |
| Rango de frecuencia | 4920-5920 (MHz) |

- **Zona de Fresnel**

Es una zona que se debe tener en cuenta debido a que afecta en la propagación de la onda, pues debe existir una visibilidad entre las dos antenas; es necesario calcular la primera zona de Fresnel debido a que, si existe una obstrucción en esta zona el enlace presentará pérdidas [14].

- **Pérdidas en el espacio libre (FSL)**

Debido a la distancia que existe en los enlaces, la señal de radio frecuencia (RF) se atenúa. Este parámetro mide la potencia que se pierde desde el punto inicial del transmisor al punto final del receptor sin obstáculos, su medida es expresada en (dB) [14].

- **Presupuesto de potencia del enlace**

O también conocido como el balance de un enlace punto a punto, donde se calcula el margen que es igual a la potencia de transmisión menos la pérdida en el cable del transmisor más la ganancia de la antena transmisora menos la pérdida en el espacio libre más la ganancia de la antena receptora menos la pérdida en el cable del receptor menos la sensibilidad del receptor [15].

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

Se realizó el diseño del proyecto mediante la herramienta de *software Radio Mobile*, el cual es un *software* libre que permite realizar el diseño de los enlaces en topografías irregulares; se puede incluir equipos y la información necesaria para su simulación. Este *software* permitió calcular los equipos a ser utilizados en la implementación, además se obtuvo la simulación de la propagación de las ondas desde la parroquia “11 de noviembre” hasta el nodo principal ubicado en el barrio “El Salto”. Se realizó el cálculo del presupuesto del enlace con el radio *Mimosa C5c*.

Se determinaron los equipos y materiales que cumplieran con las características técnicas para su adquisición, mediante la investigación comparativa se pudo brindar el asesoramiento adecuado al personal de la empresa INTELCOTOPAXI CIA LTDA.

Se implementó un radioenlace en la parroquia “11 de noviembre”, en base al diseño obtenido, el cual consistió en ampliar la cobertura de Internet desde el nodo principal que se encuentra ubicado en la Av. Belisario Quevedo y Guayaquil al nuevo nodo “11 de noviembre”, cumpliendo las normas técnicas de instalación y seguridad para poder aumentar la cobertura y brindar el servicio a los moradores del sector. Una vez culminada la conexión, se instaló el sistema de cableado estructurado. Además, se configuraron los equipos según lo establecido en sus manuales, cumpliendo las normas técnicas para conseguir una red con escalabilidad.

Se instaló el servicio de Internet a varios clientes del sector para verificar el correcto funcionamiento de toda la solución implementada mediante pruebas de velocidad y saturación del canal del enlace.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El enlace establecido entre los dos sectores ayuda a ampliar la cobertura del servicio de Internet que brinda la empresa Intelcotopaxi. Este radioenlace es el principal y mediante el control de un *router* se designa los (Mbps) a varios puntos de acceso como son los SXT-SA5, a los cuales los clientes finales se conectan según su ubicación, estos deben tener línea de vista para lograr la máxima conectividad.

3.1 Diseño del radioenlace

Se realizó la visita técnica a la parroquia “11 de noviembre” para constatar la cobertura y línea de vista, como se observa en la Figura 3.1.

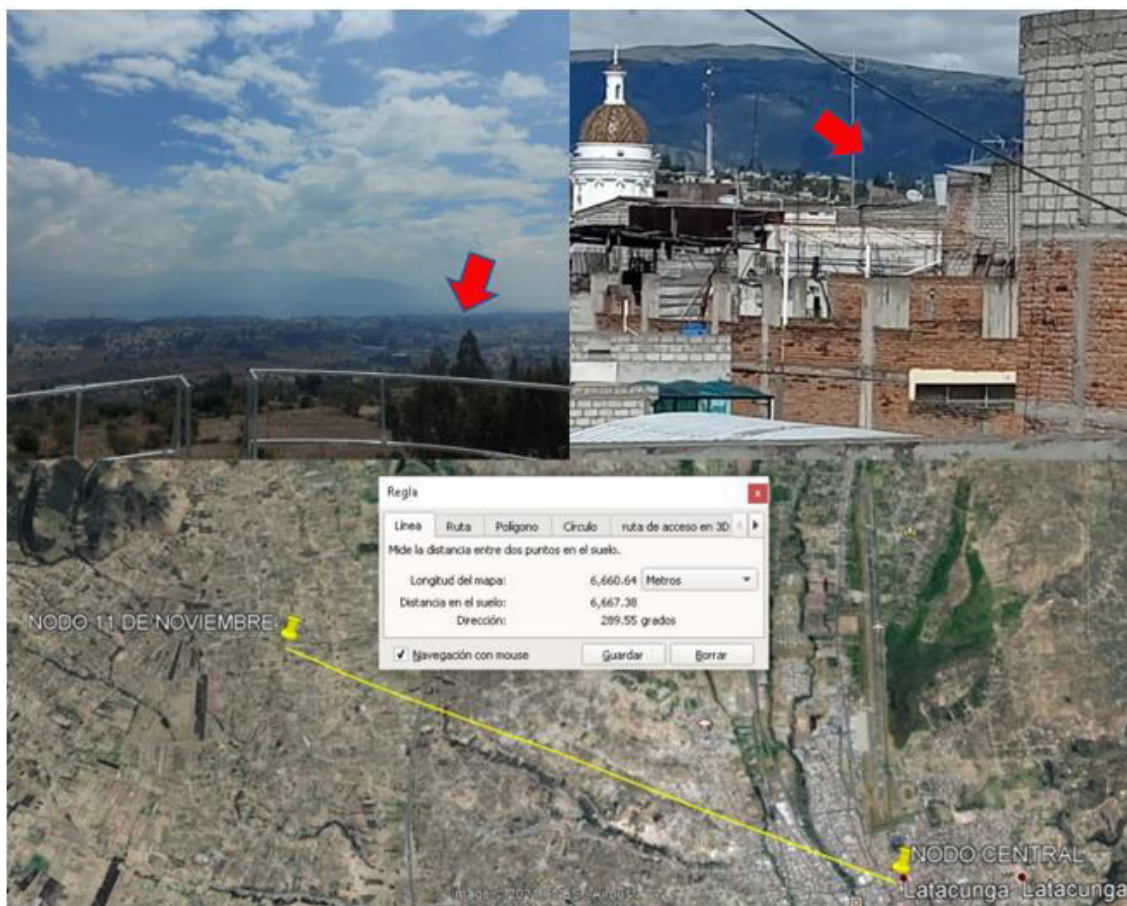


Figura 3.1 Visita técnica a la parroquia “11 de noviembre”

En la Figura 3.2 se detalla de manera visual como estaría comprendido un radioenlace con los respectivos parámetros que se toman en cuenta para realizar el cálculo de presupuesto de potencia.

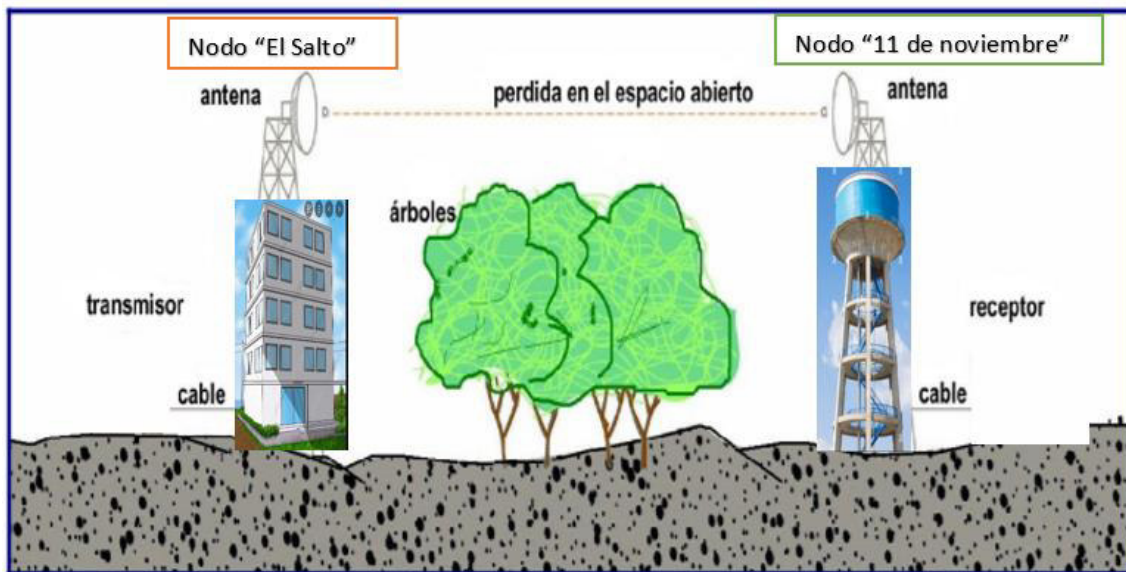


Figura 3.2 Radioenlace entre dos nodos

Los siguientes parámetros fueron considerados de acuerdo a los datos obtenidos en la visita y en los *datasheet* de los equipos, para el desarrollo del diseño:

- Altura del edificio del nodo central = 12 (m) + 3 (m) mástil
- Altura del tanque = 23 (m) + 2 (m) mástil
- Distancia entre los nodos = 6.66 (Km)
- Radio *Mimosa C5c* y Antena *Ubiquiti Rocket Dish 5G34*

Zona de Fresnel

Para el cálculo del radio máximo de la primera zona de Fresnel se utiliza la Ecuación 3.1.

$$r = 17.32 * \sqrt{\left(\frac{d}{4f}\right)}$$

Ecuación 3.1 Radio máximo de la primera zona de Fresnel [14]

Donde:

d : distancia en (Km) del enlace

f : frecuencia en (GHz)

Se procede a calcular el radio máximo de la zona de Fresnel, usando la Ecuación 3.1.

Donde:

d = 6.66 (km) [16]

$$f = 5.650 \text{ (GHz) [9]}$$

Usando la Ecuación 3.1 se obtiene:

$$r = 9.4 \text{ (m)}$$

De acuerdo al radio mobile podemos observar que la primera zona de Fresnel se encuentra despejada.

Pérdida en el espacio libre (FSL)

La pérdida en el espacio libre mide la potencia que se pierde cuando no se tiene obstáculos y se puede calcular con la Ecuación 3.2.

$$FSL \text{ (dB)} = 20 \log(d) + 20 \log(f) + k$$

Ecuación 3.2 Pérdidas en el espacio libre [14]

Donde:

d = distancia entre los enlaces

f = frecuencia de operación

k = constante que depende de las unidades a trabajar

Se calcula la pérdida que se presenta en el espacio libre del enlace utilizando la Ecuación 3.2.

Donde:

$$d = 6.66 \text{ (Km) [16]}$$

$$f = 5.650 \text{ (GHz) [9]}$$

$$k = 92.45 \text{ [10]}$$

Usando la Ecuación 3.2 se obtiene:

$$FSL = 123.96 \text{ (dB)}$$

Presupuesto de enlace completo

Para su cálculo se utiliza la Ecuación 3.3.

$$P_{RX}(\text{dBm}) = P_{TX} - L_{CCTX} + G_{TX} - FSL + G_{RX} - L_{CCRX} - S_{RX}$$

Ecuación 3.3 Presupuesto de potencia del enlace [15]

Donde:

$P_{RX}(dBm)$: Potencia recibida por el receptor

$P_{TX}(dB)$: Potencia de transmisión

$L_{CCTX}(dB)$: Pérdida en el cable del transmisor

$G_{TX}(dBi)$: Ganancia de la antena transmisora

$FSL(dB)$: Pérdida en el espacio libre

$G_{RX}(dBi)$: Ganancia de la antena receptora

$L_{CCRX}(dB)$: Pérdida en el cable del receptor

$S_{RX}(dBm)$: Sensibilidad del receptor

Para obtener el presupuesto de enlace, se utiliza la Ecuación 3.3.

Donde:

P_{TX} : 27 (dBm) [9]

L_{CCTX} : 1 (dB) [15]

G_{TX} : 30 (dBi) [11]

FSL : 123.96 (dB)

G_{RX} : 30 (dBi) [11]

L_{CCRX} : 1 (dB) [15]

S_{RX} : - 87 (dBm) [9]

Usando la Ecuación 3.3 se obtiene:

$$P_{RX} = 48.04 (dBm)$$

A continuación, se presenta el diseño del proyecto, analizando el sistema inalámbrico mediante el *software Radio Mobile*:

Se procedió a visitar la parroquia “11 de noviembre”, se ubicó una zona estratégica la cual permite tener una visibilidad del 100 % desde el nodo central ubicado en “El Salto”.

Se colocó la radiobase en la cima de un tanque de agua debido a que ya contaba con una altura de 23 (m), y era visible para poder realizar el enlace de la mejor manera.

Además del *software Radio Mobile*, se utilizó el programa *Google Earth*, en el cual se colocó las coordenadas exactas de los enlaces, esto se puede visualizar en la Figura 3.3.

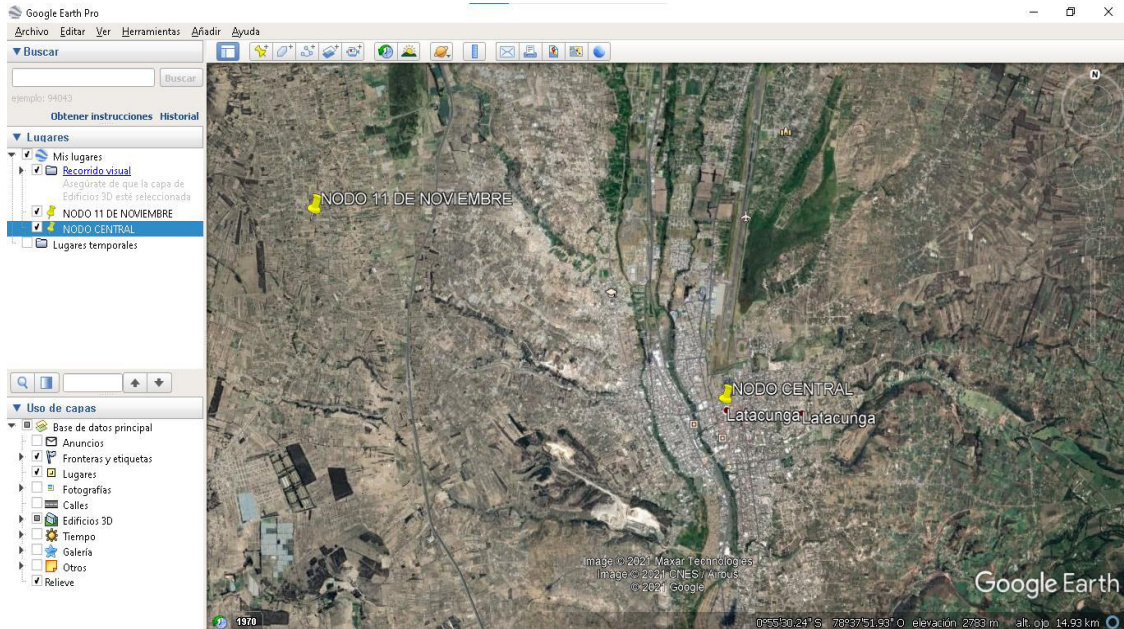


Figura 3.3 Mapa *Google Earth* del nodo “11 de noviembre”

Se tomaron las coordenadas de los nodos involucrados en el nuevo enlace, en este caso el nodo principal y el nodo “11 de noviembre”, como se visualiza en la Figura 3.4.

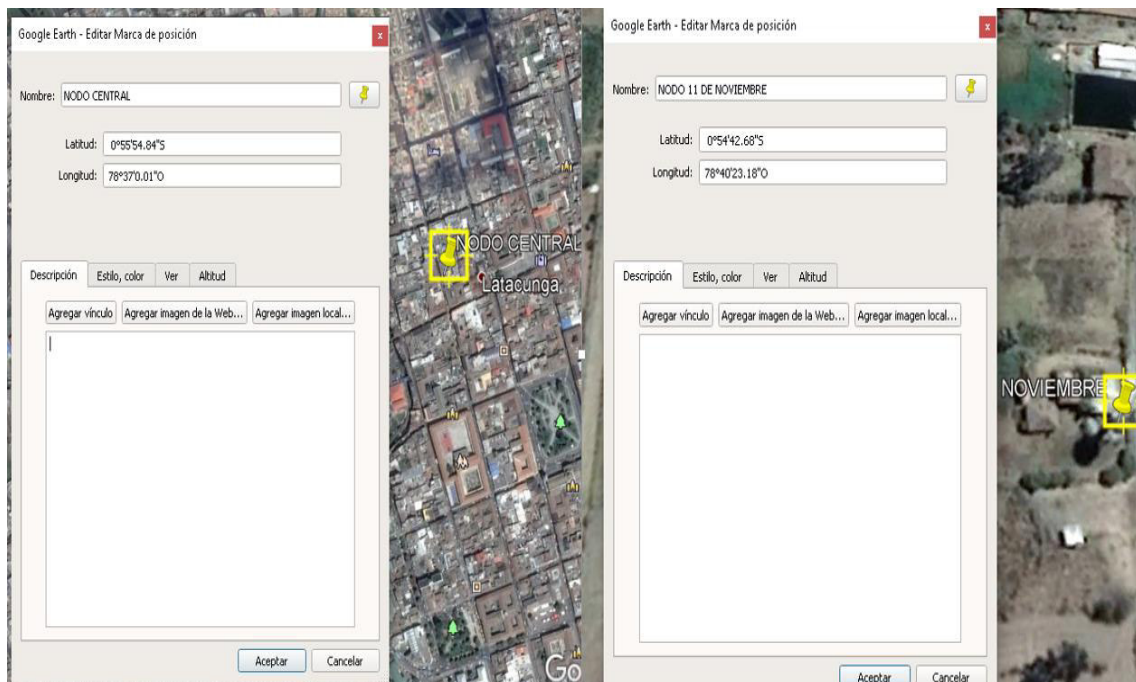


Figura 3.4 Coordenadas de los nodos: “11 de noviembre” y “El Salto”

La distancia obtenida entre los dos nodos fue de 6 660.64 (m), como se puede observar en la Figura 3.5.

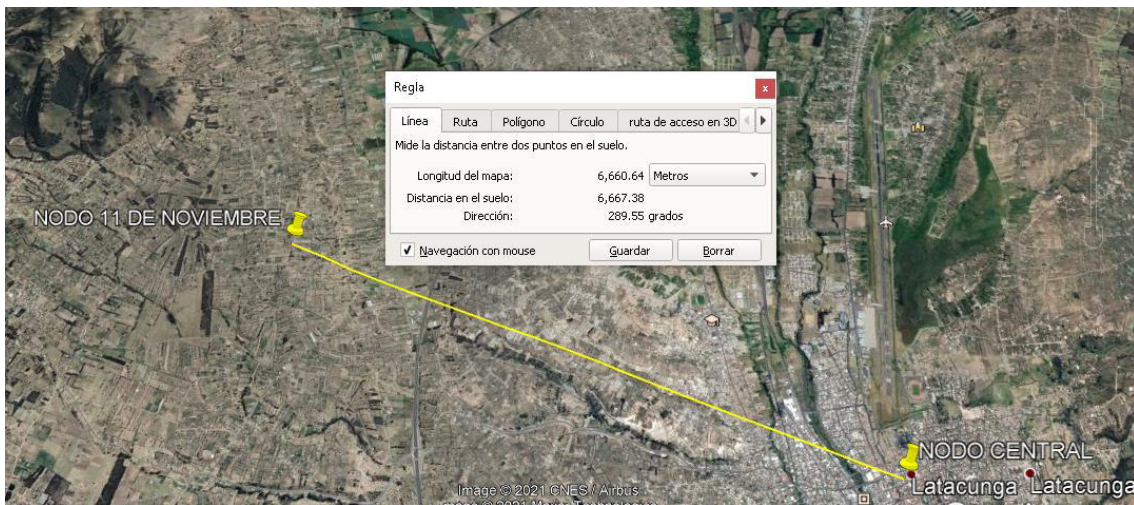


Figura 3.5 Distancia entre nodo “11 de noviembre” y “El Salto”

En el *software Radio Mobile* se colocaron las coordenadas del nodo principal que proporciona *Google Earth*, como se visualiza en la Figura 3.6; de igual manera, se ingresó las coordenadas del nuevo nodo como se puede ver en la Figura 3.7.

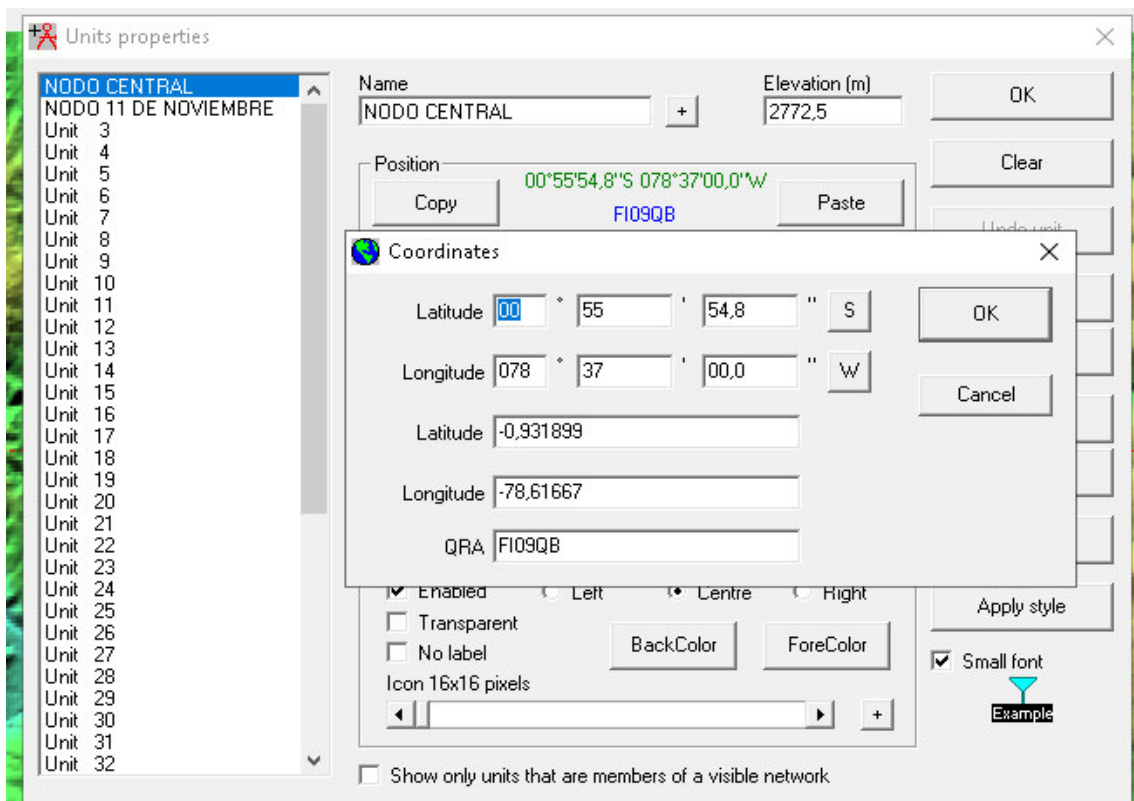


Figura 3.6 Coordenadas del nodo principal en *Radio Mobile*

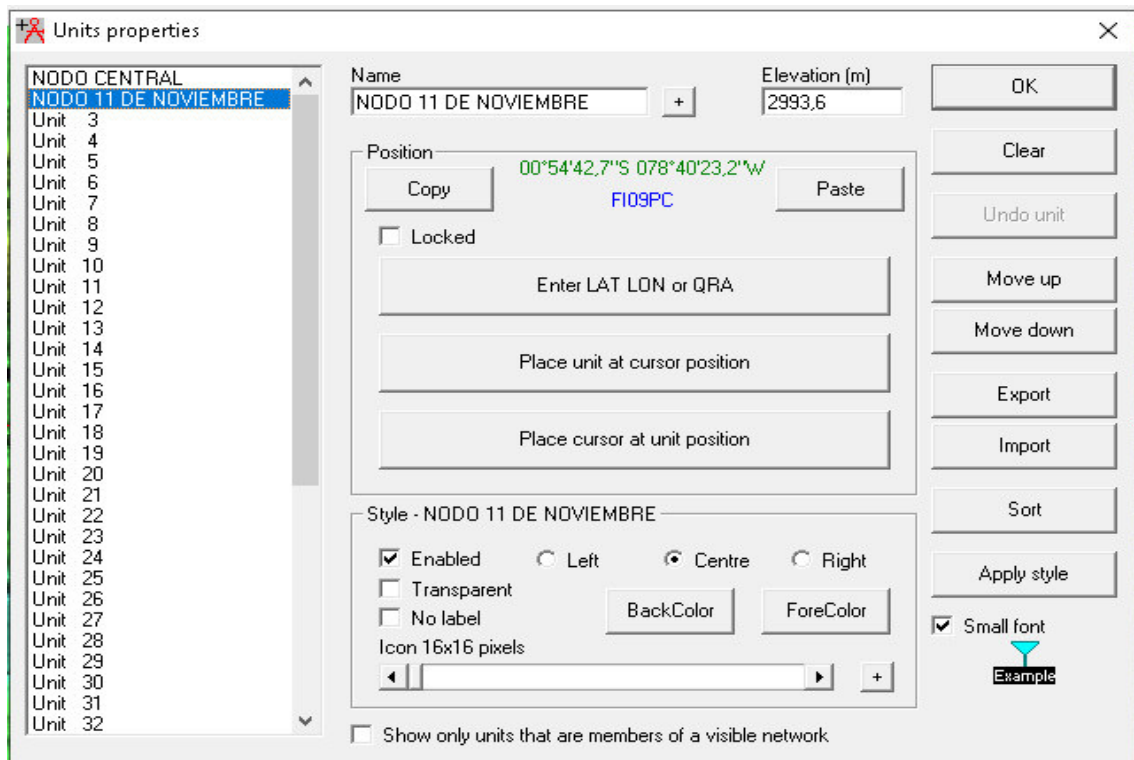


Figura 3.7 Coordenadas del nuevo nodo “11 de noviembre”

Se puede visualizar los nodos que fueron colocados, como se observa en la Figura 3.8.

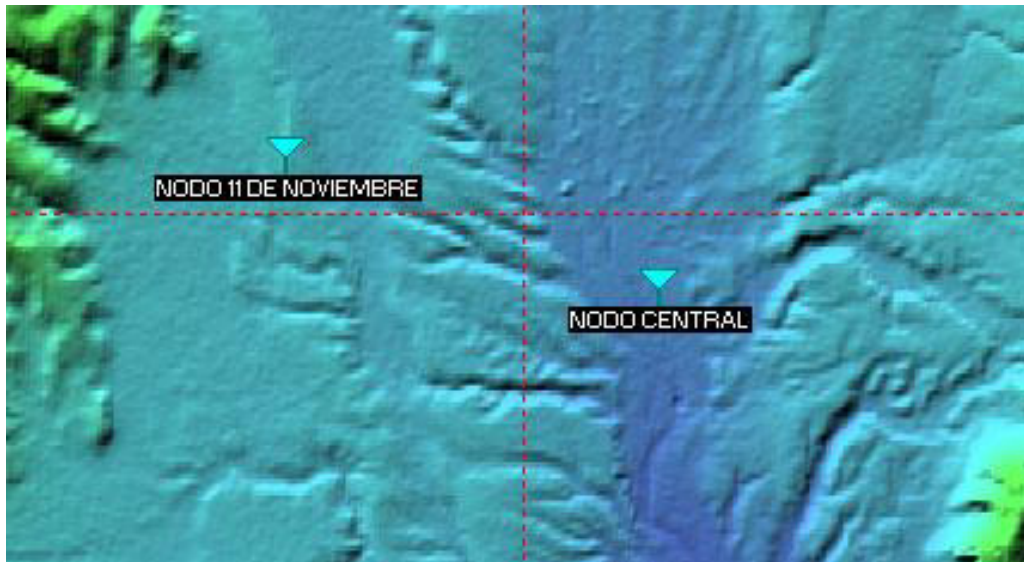


Figura 3.8 Mapa de los nodos

Mediante el asesoramiento del equipo técnico de la empresa, se colocó una antena y radio con las siguientes características, como se observa la Figura 3.9.

Parámetros:

- Nombre de la red: Enlace

- Frecuencia mínima y máxima: 4 900 - 6 400 (MHz)
- Polarización: Horizontal
- Clima: Ecuatorial

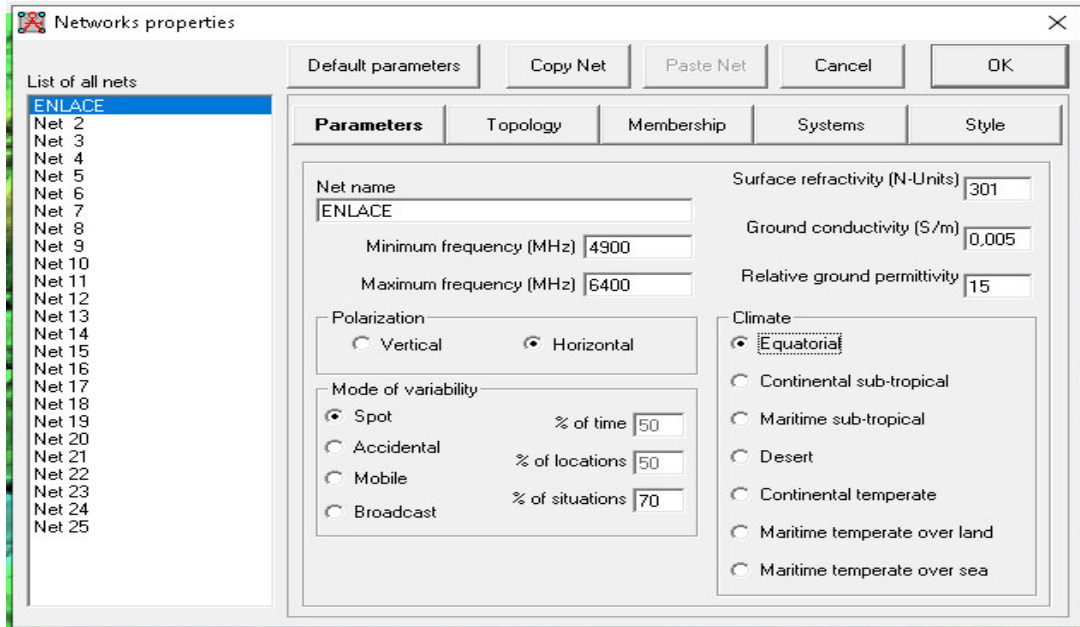


Figura 3.9 Parámetros del enlace

Topología:

Se seleccionó la opción: Red de datos, topología estrella maestro/esclavo, como se visualiza en la Figura 3.10.

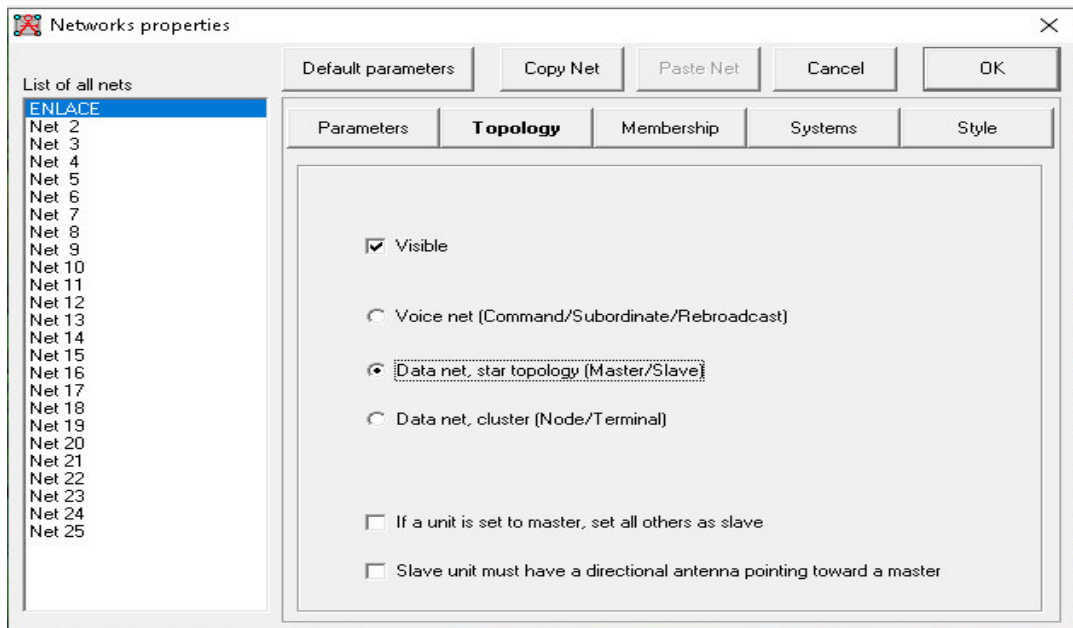


Figura 3.10 Topología del enlace

Miembros:

Se seleccionó el nodo base, en este caso el nodo central y se eligió el rol maestro, además, se definió la altura y dirección de la antena la cual será el nodo “11 de noviembre”, como se visualiza en la Figura 3.11.

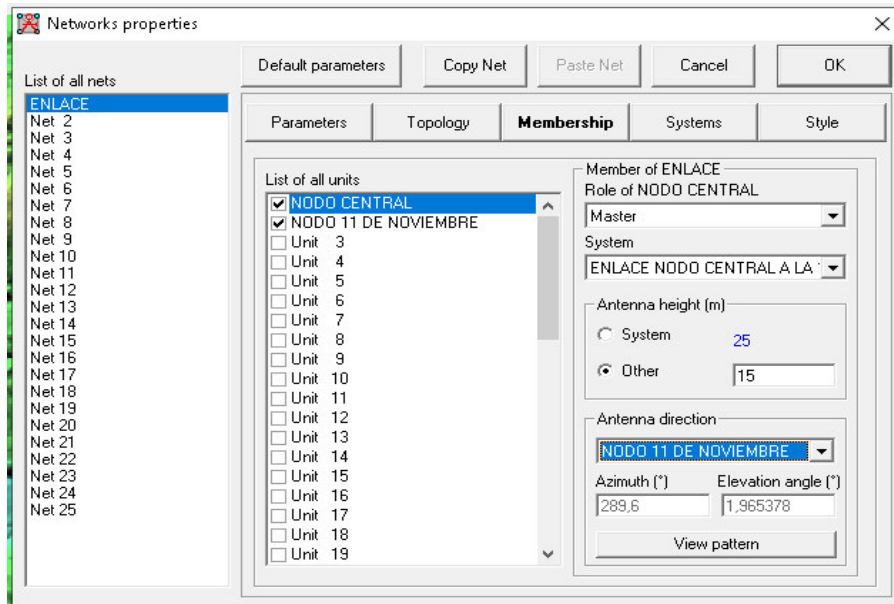


Figura 3.11 Miembro - Nodo central

Se ubicó el siguiente nodo, este es el nodo “11 de noviembre” y se seleccionó el rol esclavo; además, se configuró la altura y dirección de la antena la cual será el nodo central, como se ve en la Figura 3.12.

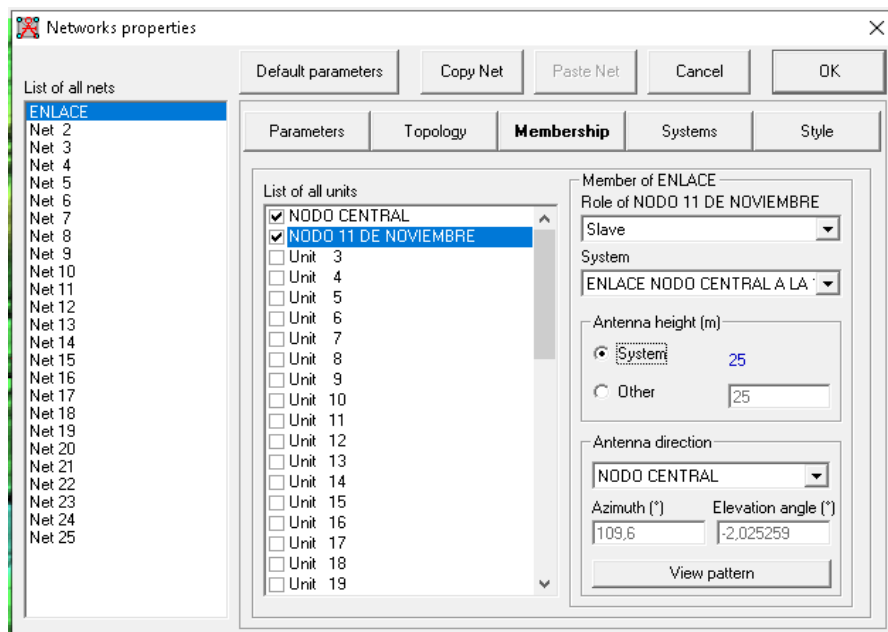


Figura 3.12 Miembro - nodo “11 de noviembre”

En el apartado de Sistemas, como se visualiza en la Figura 3.13, se ingresaron datos como: Nombre del sistema, potencia de transmisión, umbral del receptor, pérdida de la línea, tipo de antena, ganancia de antena, altura de la antena y pérdida adicional por cable.

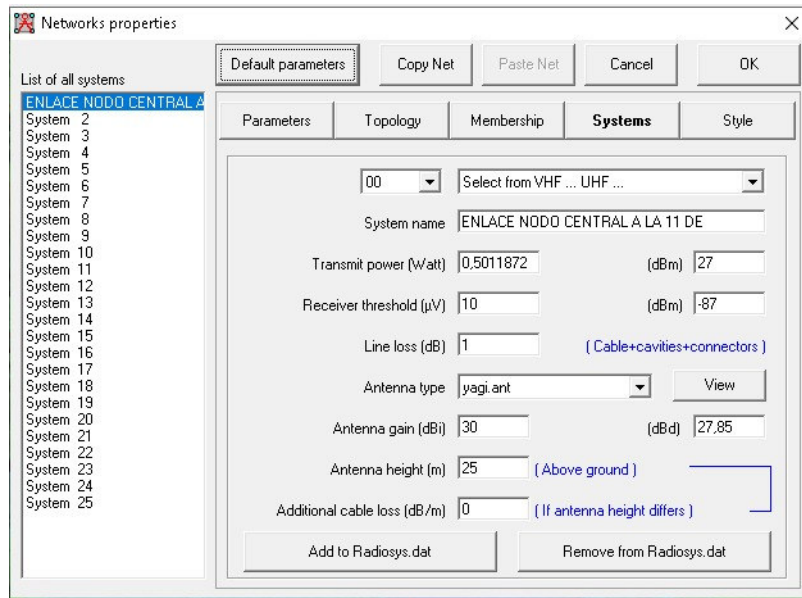


Figura 3.13 Sistema enlace nodo central “El Salto” nodo “11 de noviembre”

Estilo:

No se modificó, se definió tal como se presenta en la Figura 3.14.

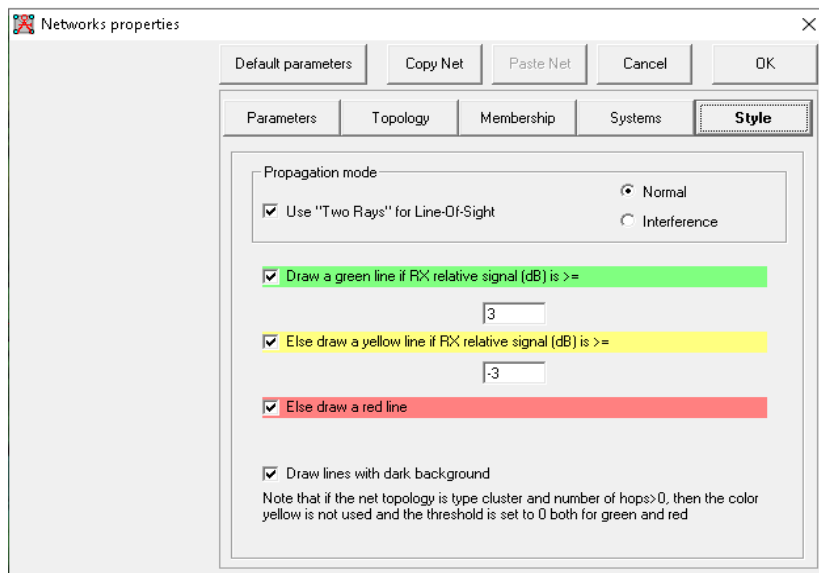


Figura 3.14 Estilo enlace nodo central “El Salto” nodo “11 de noviembre”

Una vez configurados los parámetros del enlace y antena, se obtiene la Figura 3.15, la cual indica que el enlace entre el nodo principal y el nuevo nodo se estableció.



Figura 3.15 Enlace entre nodo principal y nodo “11 de noviembre”

Se seleccionó el ícono “enlace de radio”, se abre una ventana donde se indica los resultados radioeléctricos de propagación, por ejemplo: *azimuth*, nivel de recepción, distancia, ángulo de elevación, peor zona de *fresnel*, perfil topográfico del enlace, como se observa en la Figura 3.16.

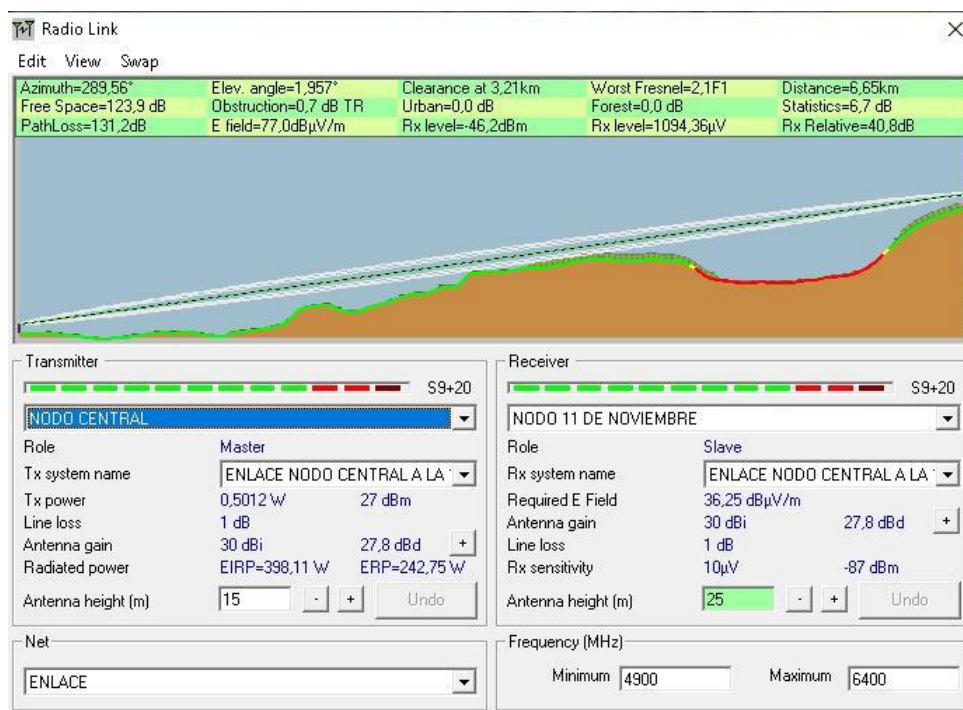


Figura 3.16 Enlace de Radio

Se invirtió la vista topográfica desde el nodo “11 de noviembre” hacia el nodo principal, para poder obtener los datos de *azimuth*, ángulo de elevación, distancia, zona libre, estadísticas, peor zona de *Fresnel* y transmisión relativa, como se visualiza en la Figura 3.17.

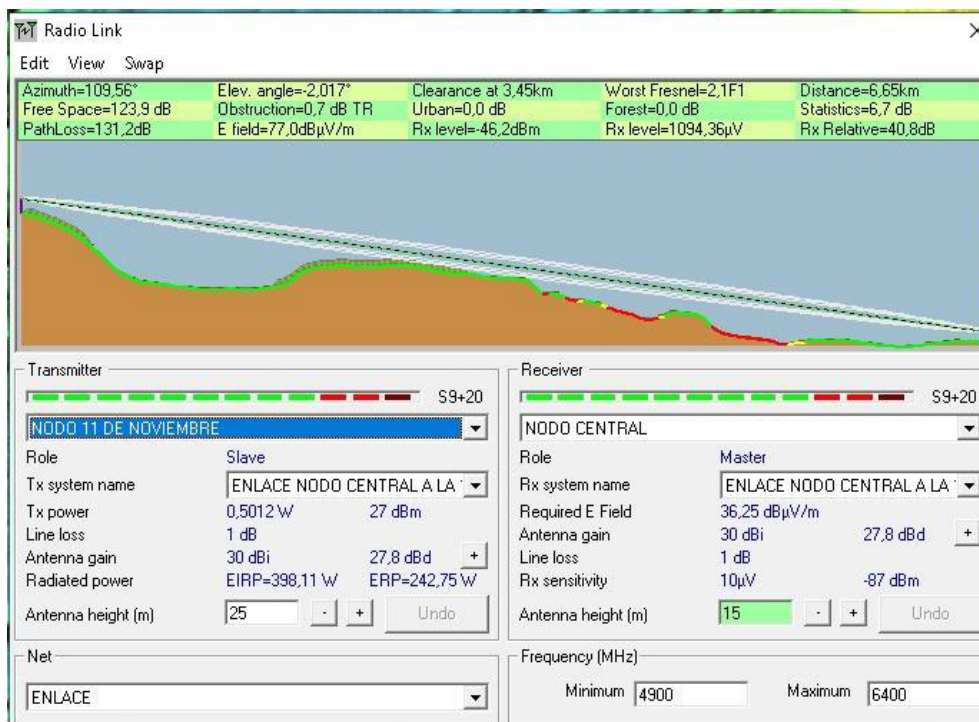


Figura 3.17 Enlace de radio inverso

Los cálculos realizados del presupuesto de enlace en comparación con la simulación, muestran resultados similares, como se puede verificar en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Parámetros calculados y obtenidos en el *Radio Mobile*

| Parámetros | Cálculos | <i>Radio Mobile</i> |
|------------------------------------|-------------|--|
| Radio 1era Zona de Fresnel | 9.4 (m) | 9.38 (m) |
| Peor Fresnel | | 2.1F1 La primera y segunda zona totalmente despejada y un 10 % de la tercera zona de Fresnel despejada. |
| Pérdida en el espacio libre | 123.96 (dB) | 123.9 (dB) |
| Presupuesto de enlace | 48.04 (dB) | 40.8 (dB) |

- **Distribución de direcciones IP**

A manera ilustrativa, las direcciones IP que la empresa Intelcotopaxi asignó a los clientes se presentan en la Tabla 3.2 la máscara escogida sirve para clasificar los planes de acuerdo a la necesidad a futuro.

Tabla 3.2 Direcciones IP asignadas para nodo “11 de noviembre”

| Planes de Internet | Rango de direcciones IP | Máscara | Gateway |
|--------------------|--|---------|--------------|
| Residencial 1 | 182.168.16.2 - 182.168.16.254 | /21 | 182.168.16.1 |
| Residencial 2 | 182.168.17.2 - 182.168.17.254 182.168.18.2 - 182.168.18.254 | /21 | 182.168.16.1 |
| Residencial 3 | 182.168.19.2 - 182.168.19.254 182.168.20.2 - 182.168.20.254 | /21 | 182.168.16.1 |
| Residencial 4 | 182.168.21.2 - 182.168.21.254 182.168.22.2 - 182.168.22.254 | /21 | 182.168.16.1 |
| Residencial 5 | 182.168.23.2 - 182.168.23.254 | /21 | 182.168.16.1 |

Cabe destacar que las direcciones IP presentadas en la Tabla 3.2, no corresponden a las direcciones IP reales utilizadas, por motivos de seguridad.

- **Cálculo de la capacidad aproximada para el radioenlace**

Se estima que el radioenlace cubrirá un aproximado de 100 usuarios; tomando como referencia el plan intermedio de 4 (Mbps), se necesitan 400 (Mbps) para el total estimado de usuarios, teniendo en cuenta un crecimiento del 20% de usuarios, el enlace debe contar con 500 (Mbps) a futuro. En la Tabla 3.3 se visualiza el total de usuarios que cubriría el enlace con 400 (Mbps) y los planes de Internet con sus respectivas velocidades.

Tabla 3.3 Cálculo de la capacidad aproximada del radioenlace

| Planes de Internet | (Mbps) | Usuarios | Total de (Mbps) |
|--------------------|--------|----------|-----------------|
| Residencial 1 | 3 | 133 | 399 |
| Residencial 2 | 3.5 | 114 | 399 |
| Residencial 3 | 4 | 100 | 400 |
| Residencial 4 | 5 | 80 | 400 |
| Residencial 5 | 7 | 57 | 399 |

3.2 Determinación de equipos y materiales

Se realizó un análisis comparativo entre los radios *Mimosa C5c* y *Ubiquiti Rocket M5 Titanium AirMax*; dicho análisis se presenta en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Comparación de radios *Mimosa* y *Ubiquiti* [9] [10]

| Especificaciones | Radio <i>Mimosa</i> C5c | Radio <i>Ubiquiti Rocket Titanium AirMax</i> (ROCKETM5-TI) |
|------------------------------------|---|--|
| Modos de operación | <p>Punto a Punto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Punto de acceso • Estación <p>Punto a Multipunto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estación | <ul style="list-style-type: none"> • Punto de acceso • Estación • Repetidor • Modo puente transparente (WDS) |
| Señalización | MIMO y Modulación: 2x2:2 MIMO OFDM hasta 256 QAM | <i>AirMax</i> (MIMO TDMA) |
| Potencia de salida | 27 (dBm) | 27 (dBm) |
| Velocidad de transmisión | PTP / PTMP: 700 (Mbps) | 300 (Mbps) |
| Canal ajustable | <ul style="list-style-type: none"> • PtP: 20/40/80 (MHz) • PtMP: 20/40/80 (MHz) | 5 a 40 (MHz) |
| Puertos de red | <p>10/100 (Mbps)</p> <p>10/100/1 000 (Mbps)</p> | 10/100/1 000 (Mbps) |
| Seguridad | <p>WPA2 PSK y <i>Enterprise</i> 802.1x;</p> <p>Aprovisionamiento de radio</p> <p>AES de 128 bits con aceleración de <i>hardware</i></p> | WEP, WPA, WA2P y MAC ACL. |
| Rango de frecuencia | <ul style="list-style-type: none"> • PTMP: 4.9 – 6.4 (GHz) • PTP: 4.9 – 6.4 GHz | <ul style="list-style-type: none"> • PTMP: 5.17 – 5.825 (GHz) • PTP: 5.17 – 5.825 (GHz) |
| Alimentación | PoE pasivo (24 - 56 (Vcc), 5 – 1.2 (A)). | PoE con Reset (48 (Vcc), 0,5 (A)). |
| Servicios de administración | Monitoreo en la nube de <i>Mimosa</i> y manejo HTTPS de monitoreo heredado de SNMPv2 y <i>Syslog</i> | <i>airSync</i> (GPS) es ideal para sincronización de <i>Access Points</i> en la misma torre |
| Dimensiones | <ul style="list-style-type: none"> • Altura: 188.4 (mm) • Ancho: 65 (mm) • Profundidad: 44 (mm) | <ul style="list-style-type: none"> • Altura: 160 (mm) • Ancho: 80 (mm) • Profundidad: 44 (mm) |

Continúa

| Especificaciones | Radio <i>Mimosa C5c</i> | Radio <i>Ubiquiti Rocket Titanium AirMax (ROCKETM5-TI)</i> |
|------------------|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> Peso: 295 (g) | <ul style="list-style-type: none"> Peso 350 (g) |
| Precio | \$ 235 | \$ 372 |

El equipo que adquirió la empresa Intelcotopaxi fue el radio *Mimosa C5c* ya que cumple con las características técnicas adecuadas y un precio menor para lograr el enlace PTP desde el nodo central al nuevo nodo “11 de noviembre”.

En la Tabla 3.5 se presenta el resumen del análisis comparativo entre las dos antenas consideradas.

Tabla 3.5 Antenas *Ubiquiti Rocket Dish 5G34* y *Rocket Dish 5G30-LW* [11] [18]

| Especificaciones | <i>Ubiquiti Rocket Dish 5G34</i> | <i>Ubiquiti Rocket Dish 5G30-LW</i> |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|
| Frecuencias | 4.9 – 5.8 (GHz) | 5.1 – 5.9 (GHz) |
| Ganancia | 30 - 34 (dBi) | 30 (dBi) |
| Dimensiones | 1050 x 1050 x 421 (mm) | 650 x 650 x 386 mm |
| Máxima velocidad de viento que soporta | 200 (Km/h) | 200 Km/h |
| Polarización | <i>Dual-Linear</i> | <i>Dual-Linear</i> |

El equipo que adquirió la empresa Intelcotopaxi fue la antena *Ubiquiti Rocket Dish 5G34* ya que sus características son mejoradas en comparación a la *Ubiquiti Rocket Dish 5G30-LW* y obtener el enlace PTP desde el nodo central al nuevo nodo “11 de noviembre”.

3.3 Implementación del radioenlace

Una vez definidos y adquiridos los equipos y materiales, se realizó el procedimiento logístico establecido por la empresa Intelcotopaxi para retirarlos de su bodega, como se muestra en la Figura 3.18.



Figura 3.18 Salida de la antena *Ubiquiti* y radio *Mimosa* de la bodega general

Para iniciar, se procedió con el armado, colocando la antena en el platillo con sus respectivos tornillos para una sujeción adecuada, como se puede ver en la Figura 3.19 y Figura 3.20.



Figura 3.19 Desempaque de la antena y platillo



Figura 3.20 Ajuste de la antena en el platillo

Una vez colocada la antena, se ubicó la radio *Mimosa C5c* con sus respectivas protecciones contra polvo y agua, como se observa en la Figura 3.21 y Figura 3.22.



Figura 3.21 Colocación de la radio *Mimosa C5c*



Figura 3.22 Colocación de las protecciones

Con los equipos de seguridad, se colocó la antena en la torre según las normas respectivas, direccionando al nuevo nodo colocado en el sector “11 de noviembre”, como lo indica la Figura 3.23.



Figura 3.23 Implementación de la antena en la torre de la empresa

Una vez culminada la instalación en el nodo central, se realizaron los mismos pasos, pero en el nuevo nodo “11 de noviembre”.

Debido a la dificultad que conllevaba subir los equipos al tanque donde se colocó la antena, se armó el equipo en la parte inferior y se lo subió ya armado.

Se colocó la antena en el platillo, tal como indica el manual que viene dentro del paquete, se observa en las Figura 3.24 y Figura 3.25.



Figura 3.24 Ajuste de la antena con el platillo



Figura 3.25 Alineación de la antena

Se colocó la radio *Mimosa C5c*, como se visualiza en la Figura 3.26.



Figura 3.26 Colocación de la radio *Mimosa C5c*

Una vez culminado el armado, se colocó la tapa que protege a la radio y la base que ajusta la antena al módulo respectivo, como se observa en las Figura 3.27, Figura 3.28 y Figura 3.29.



Figura 3.27 Colocación de radio *Mimosa C5c*



Figura 3.28 Protección de la radio *Mimoso C5c*



Figura 3.29 Ajuste de la base de la antena

Una vez finalizado el armado, se procedió a subir el equipo al tanque del nodo “11 de noviembre” con las precauciones necesarias y el equipo de protección adecuado; en las Figura 3.30 y Figura 3.31 se puede observar la altura del tanque y su ascenso.



Figura 3.30 Tanque “11 de noviembre” parte inferior

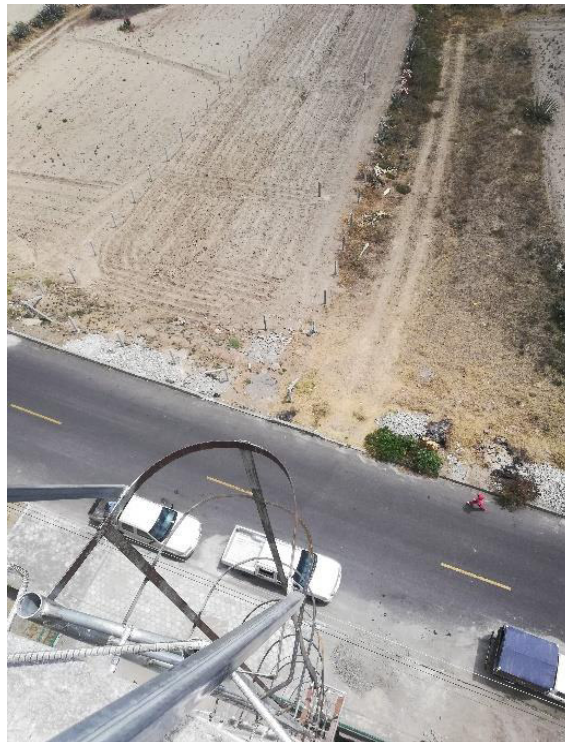


Figura 3.31 Tanque “11 de noviembre” parte superior

Se colocó la antena en el módulo que se encuentra sobre el tanque, como se puede ver en la Figura 3.32.



Figura 3.32 Colocación de la antena en el módulo “11 de noviembre”

En la Figura 3.33 y Figura 3.34 se realizó el peinado y conexión de los enlaces tanto en el nodo principal como en el nuevo nodo ubicado en la parroquia “11 de noviembre”.



Figura 3.33 Conexión en la central



Figura 3.34 Conexión en la parroquia "11 de noviembre"

Finalizada la colocación de las antenas y radios en los dos nodos, se procedió a realizar la configuración de los equipos *Mimosa*; esto se realiza mediante la *web*, por lo tanto, el primer paso realizado fue la descarga del *firmware* de la radio *Mimosa C5c*, esto se visualiza en la Figura 3.35.

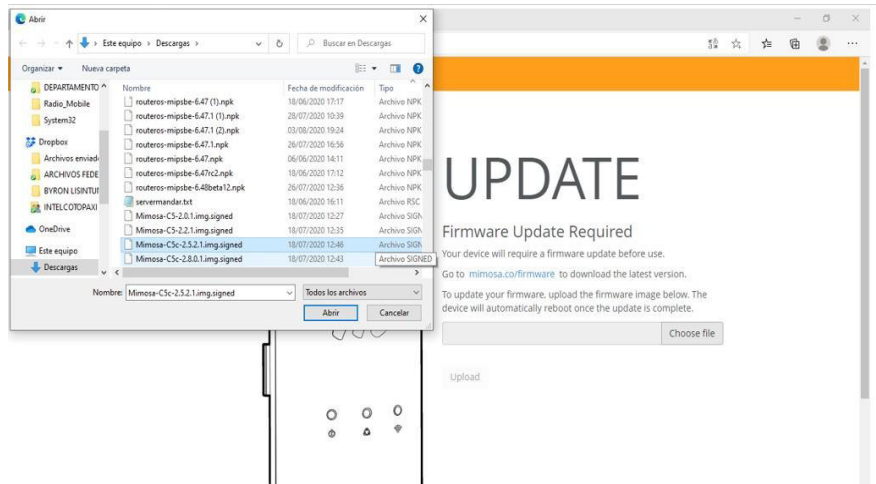


Figura 3.35 Descarga del *firmware* de la radio

Se cargó el *firmware* a la radio y se colocó el código único que viene en la caja, para así poder elegir la configuración ya sea automática o manual; en este caso, se eligió la manual ya que sirve para el registro que tiene como política la empresa, lo que se puede visualizar en la Figura 3.36; adicionalmente, se ocultó el código de activación por motivos de seguridad de la empresa.

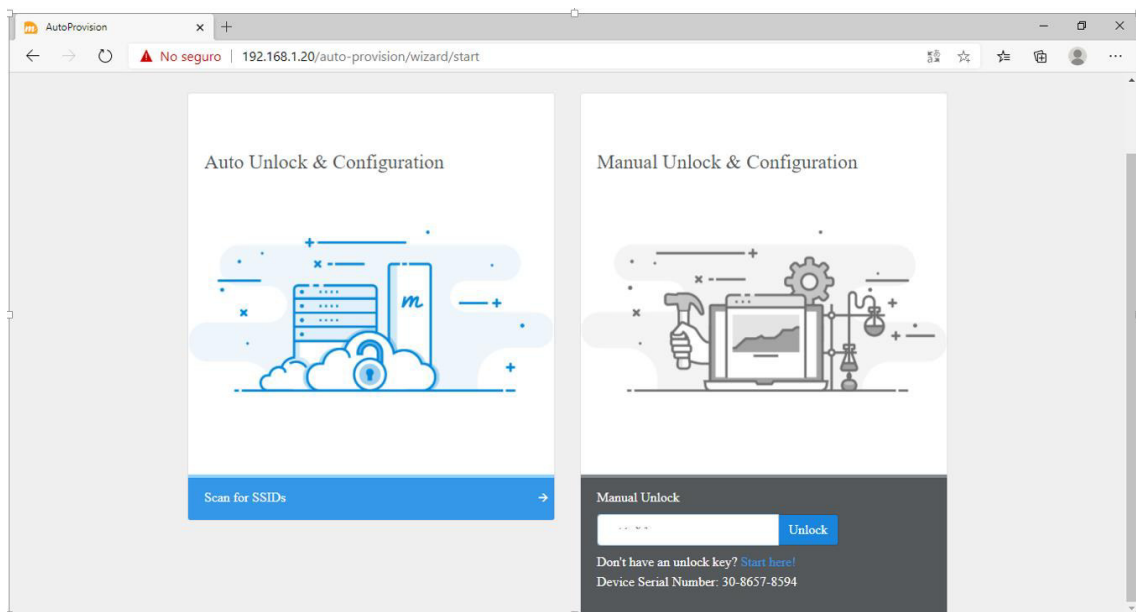


Figura 3.36 *Firmware* instalado e introducción del código único

Posteriormente, se ingresó a la página *web* de *Mimosa*; ya con el equipo desbloqueado, se procedió a la configuración del mismo. Para esto, se debe tener un registro en la página *web* y así poder contar con un usuario y contraseña, como se observa en la Figura 3.37.

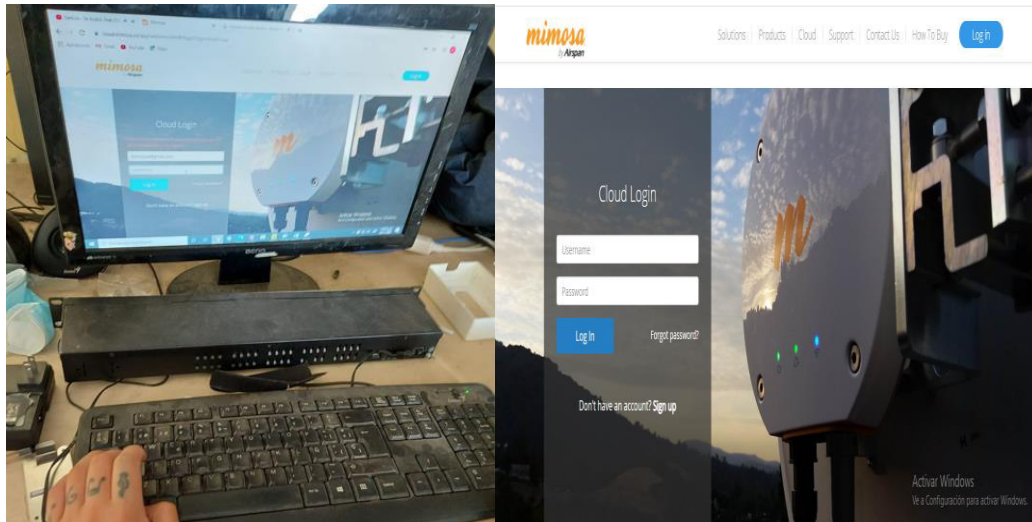


Figura 3.37 Ingreso al equipo *Mimosa*

Una vez que se ingresó, se procedió a la configuración de la radio; para ello, se seleccionó al apartado de enlace colocando el tipo de enlace; en este caso, para el nodo central se eligió tipo punto a punto y en modo se seleccionó estación. Adicional se escribió el nombre y la contraseña, datos con los que el enlace quedó etiquetado, como se visualiza en la Figura 3.38.

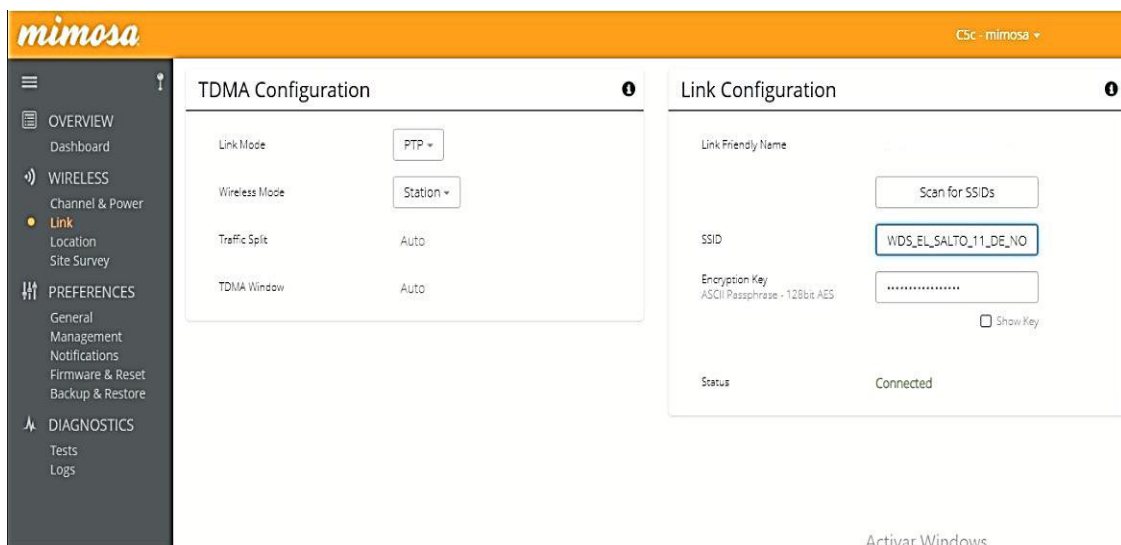


Figura 3.38 Configuración del radio “El Salto”-”11 de noviembre”

Después, se configuró el apartado de administración, en el cual se ingresó el modo de IP estático, rigiéndose a las direcciones IP asignadas por la empresa para un adecuado control, se escogió la máscara, la puerta de enlace y los DNS correspondientes, como se visualiza en la Figura 3.39. Cabe mencionar que, por motivos de seguridad, los parámetros críticos fueron ocultados.

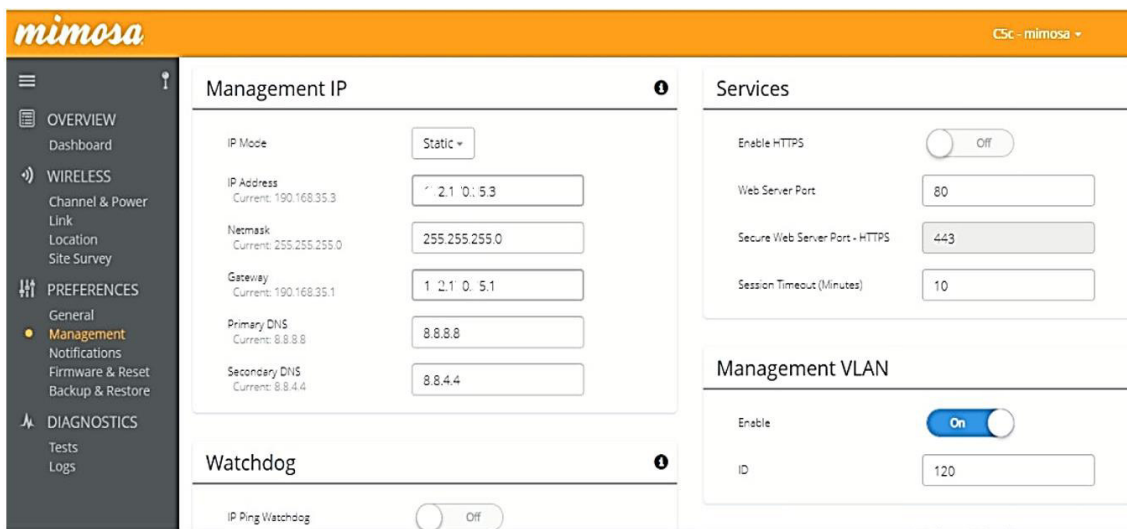


Figura 3.39 Configuración de administración radio “El Salto”-”11 de Noviembre”

Se procedió con la configuración en la radio del nodo “11 de noviembre”; en este caso se eligió en modo multipunto ya que en este enlace se agregaron varios AP, que sirven para la expansión de cobertura a futuros barrios y así lograr escalabilidad, como se observa en la Figura 3.40.

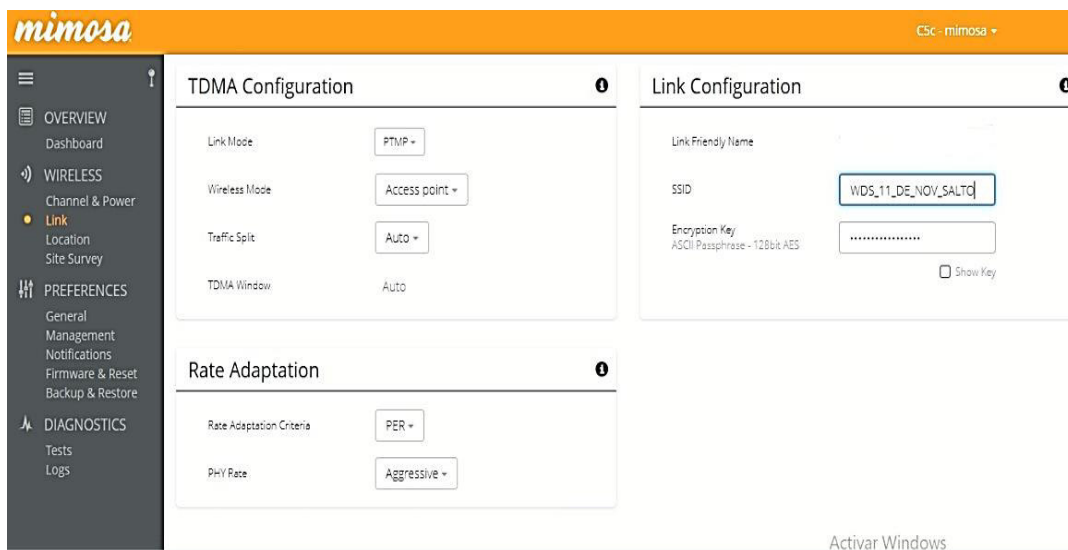


Figura 3.40 Configuración pestaña Enlace radio “11 de noviembre”- “El Salto”

Se configuró el apartado de administración de igual manera que en el radio de “El Salto” - “11 de noviembre”, en la cual se eligió modo IP estática, como en el caso anterior, rigiéndose a las direcciones IP asignadas por la empresa para un adecuado control, se escogió la máscara, la puerta de enlace y los DNS correspondientes, como se visualiza en la Figura 3.41. Al igual que el caso anterior, se está protegiendo los parámetros críticos.

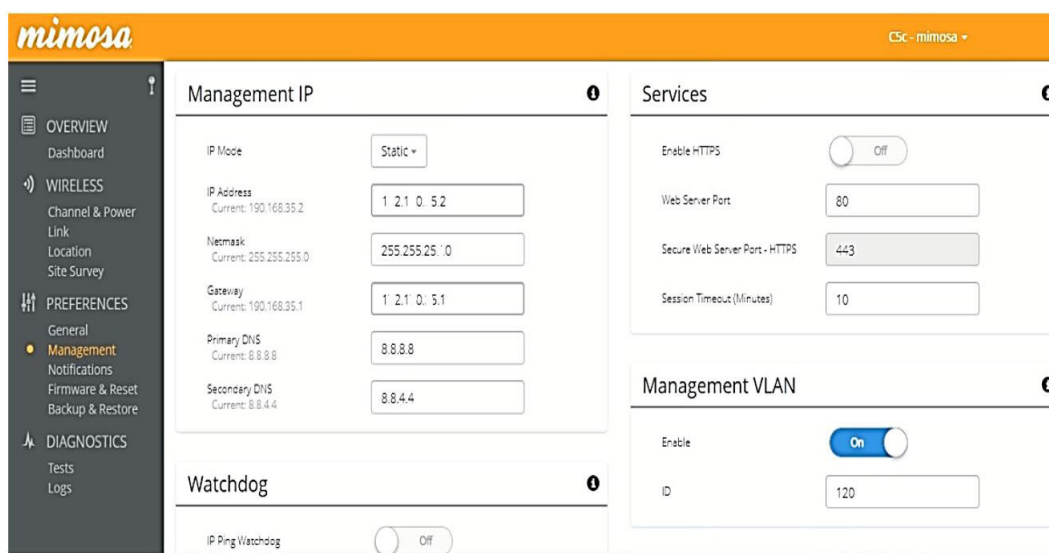


Figura 3.41 Configuración de administración radio “11 de noviembre”- “El Salto”

En la Figura 3.42 se observa el análisis de los espectros de las frecuencias en el rango de la antena que es de 4 900 - 6 400 (MHz) en la cual se eligió la menos saturada para que tenga estabilidad y así poder brindar la capacidad necesaria a los clientes y garantizar el menor ruido posible.



Figura 3.42 Respuesta en frecuencia 4 900 - 6 400 (MHz)

Las Figura 3.43 y Figura 3.44 presentan los enlaces conectados correctamente y entre estos se tiene un total de 500 (Mbps) aproximados a ser utilizados y repartidos a los clientes finales.

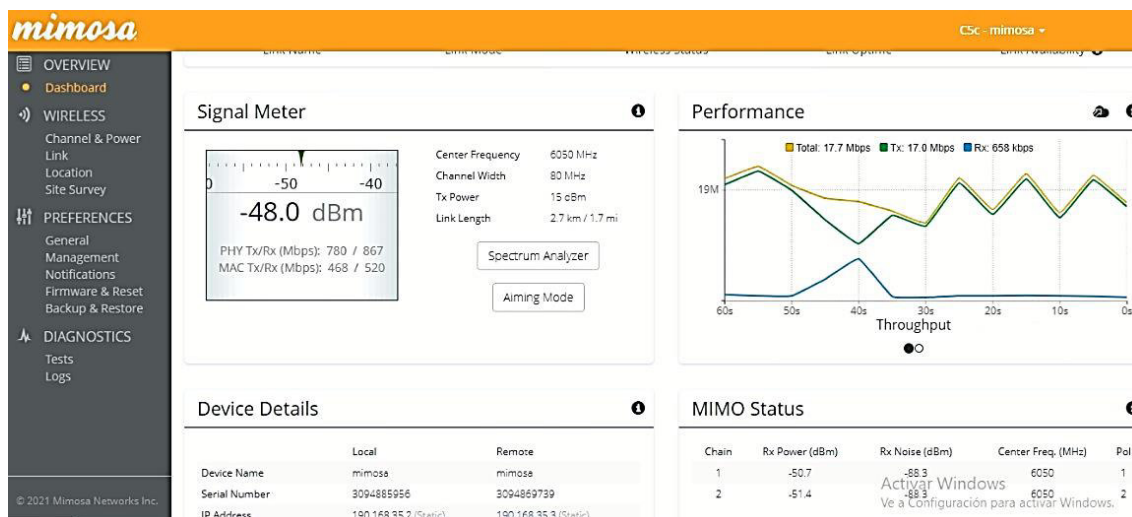


Figura 3.43 Radioenlace operativo y capacidad final del nodo central

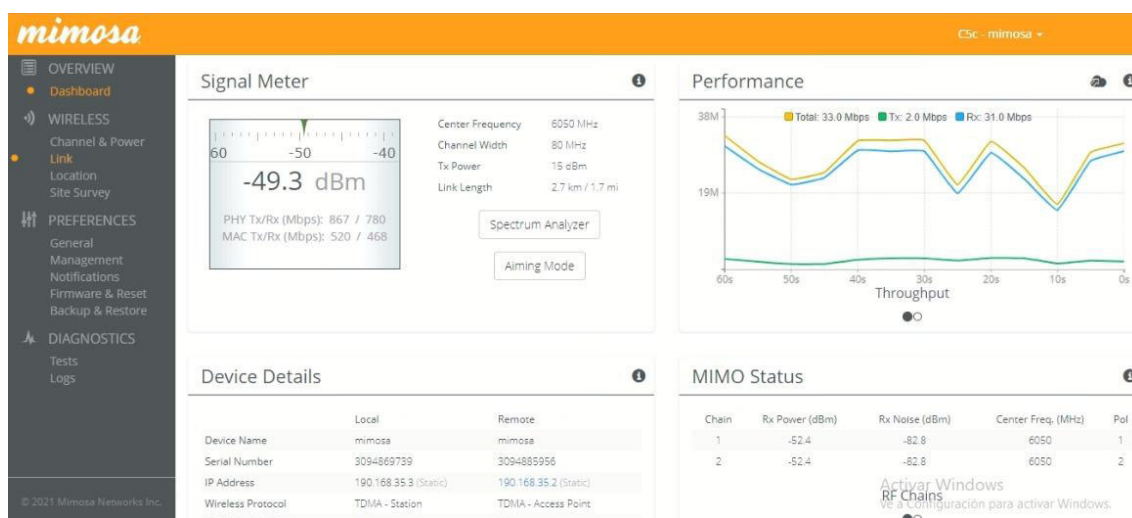


Figura 3.44 Radioenlace operativo y capacidad final del nodo "11 de noviembre"

En el Anexo 5 se adjunta el certificado de funcionamiento emitido por la empresa Intelcotopaxi, el cual avala que toda la solución funciona de forma correcta.

3.4 Pruebas de funcionamiento

Una vez que el radioenlace se encontraba en correcto funcionamiento, se procedió con las pruebas a los clientes finales; para esto, se utilizó una antena *Mikrotik LHG5*, como se visualiza en la Figura 3.45. A continuación, se alineó la antena en dirección al enlace donde se encontraba un AP destinado al sector, como se observa en la Figura 3.46.



Figura 3.45 Armado de antena LHG5 Mikrotik



Figura 3.46 Alineación de la antena

Posteriormente, se procedió a la configuración de la antena mediante el programa *Winbox*, el cual presenta la interfaz mostrada en la Figura 3.47. Como primer paso, se configuró las direcciones IP para los puertos *Ethernet* y *WLAN* con las direcciones IP 193.178.1.1 y 182.168.20.58, respectivamente, las cuales son otorgadas por la empresa para su respectivo control en su red. Las direcciones IP mencionadas anteriormente no son las reales, por motivos de seguridad.

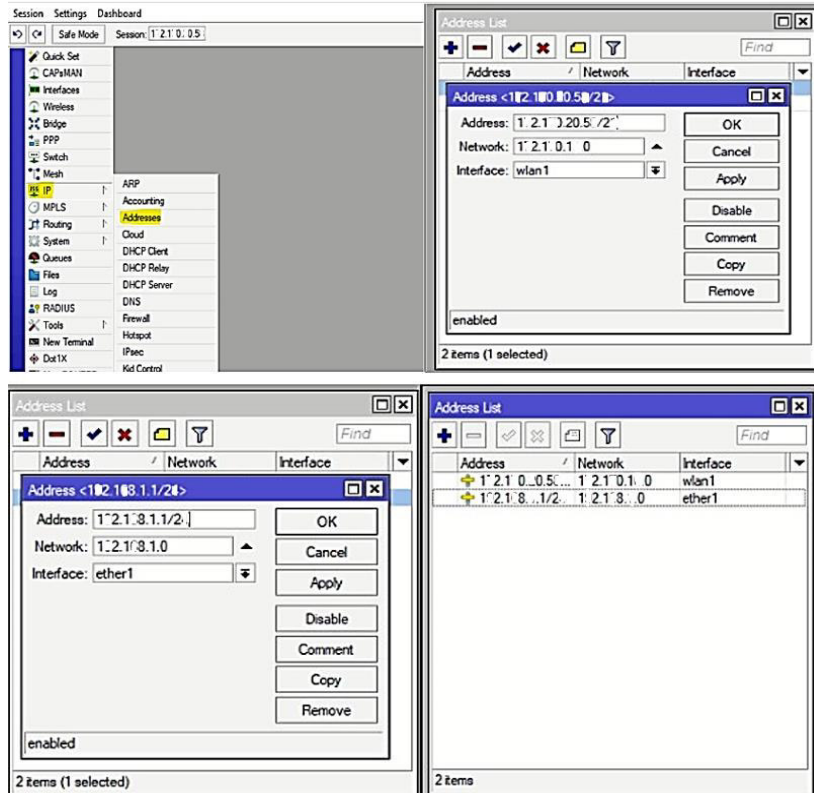


Figura 3.47 Configuración IP antena cliente

Se continuó con la configuración del servidor DHCP, dando clic en configuración DHCP y siguiente, como se observa en la Figura 3.48.

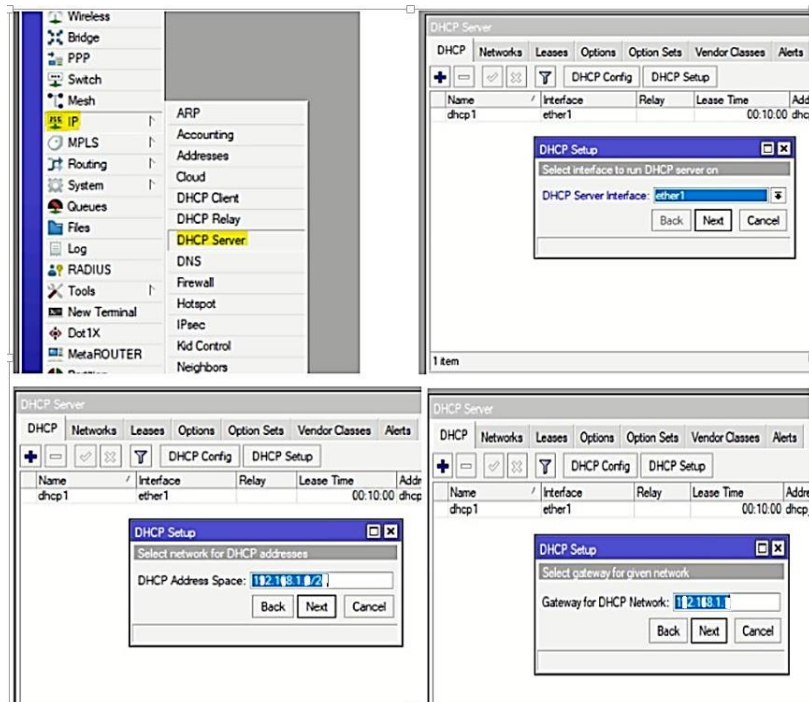


Figura 3.48 Configuración DHCP

Como tercer paso, se colocó los DNS más utilizados en el Internet como son los de *Google*, esto se visualiza en la Figura 3.49.

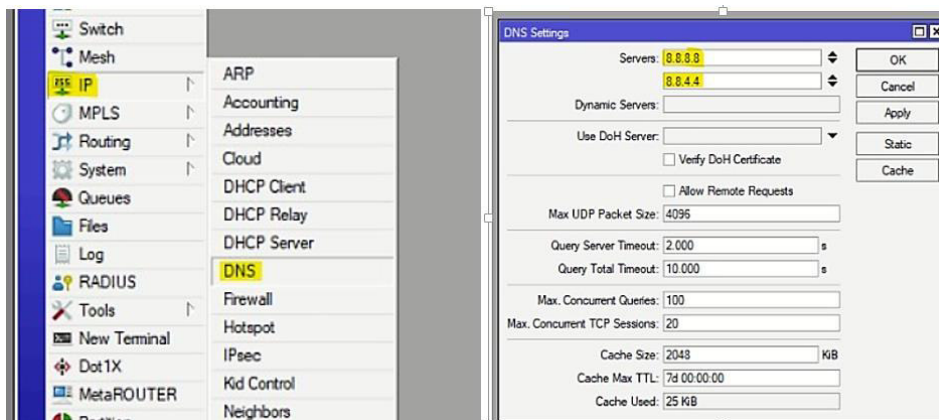


Figura 3.49 Configuración DNS

El cuarto paso consistió en seleccionar el ítem corta fuegos, en el cual se habilita el protocolo NAT colocando en interfaz de salida a la WLAN; posteriormente, en la pestaña “acción” se escogió la opción *masquerade*, como se muestra en la Figura 3.50.

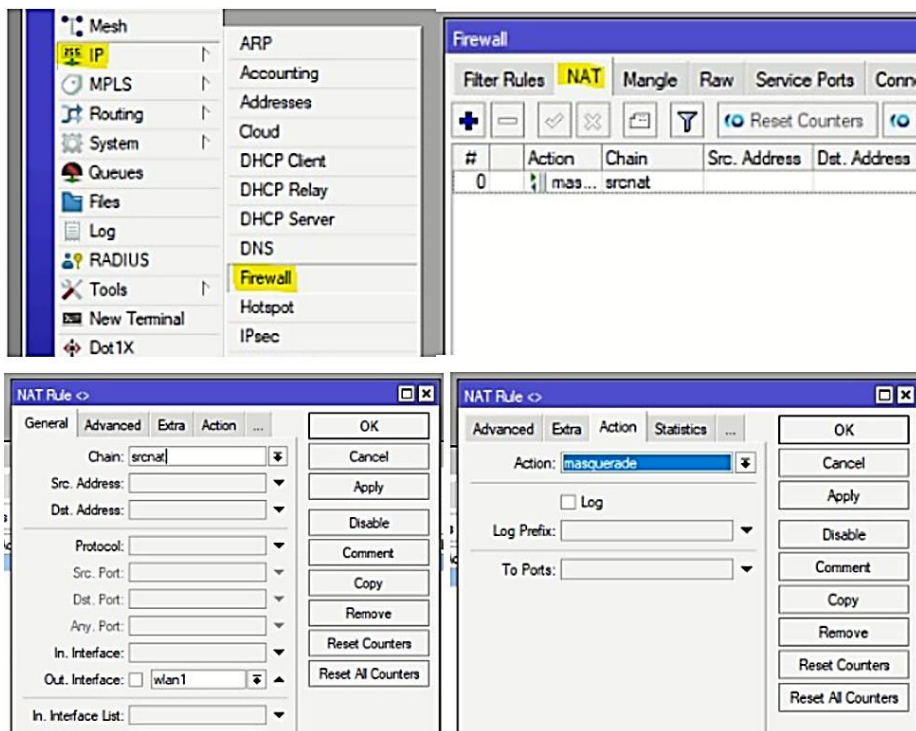


Figura 3.50 Configuración corta fuegos

El quinto paso fue introducir la puerta de enlace; en este caso se tapaná la dirección IP por motivos de seguridad de la empresa, se puede visualizar en la Figura 3.51.

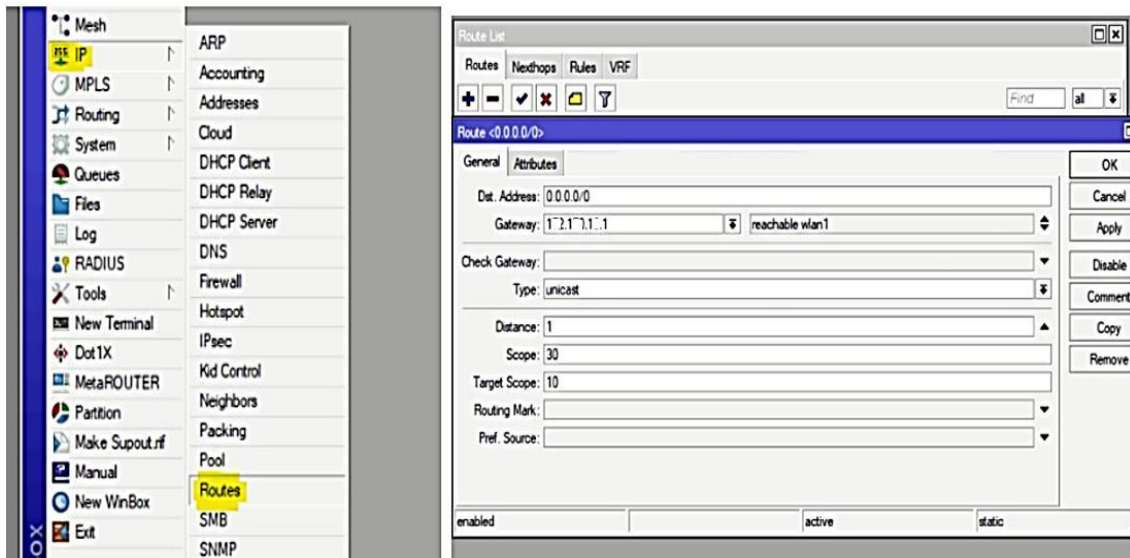


Figura 3.51 Configuración rutas

Como sexto paso, se ingresó al apartado inalámbrico donde se seleccionó el modo avanzado como se observa en la Figura 3.52, el cual permitió modificar parámetros como: rango de frecuencia de operación que se colocó desde 4 900 hasta 6 400 (MHz), modo estación, protocolo NV2, modo de frecuencia supercanal; a continuación, se escaneó las frecuencias y se conectó al AP direccionado hacia el sector, esto se puede visualizar en la Figura 3.53.

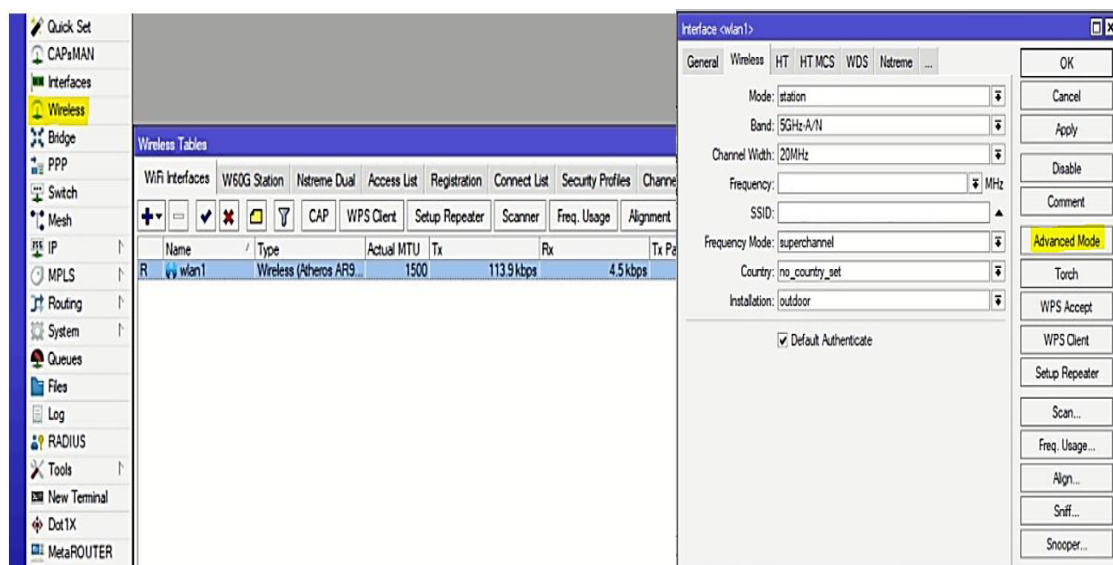


Figura 3.52 Configuración apartado Inalámbrico

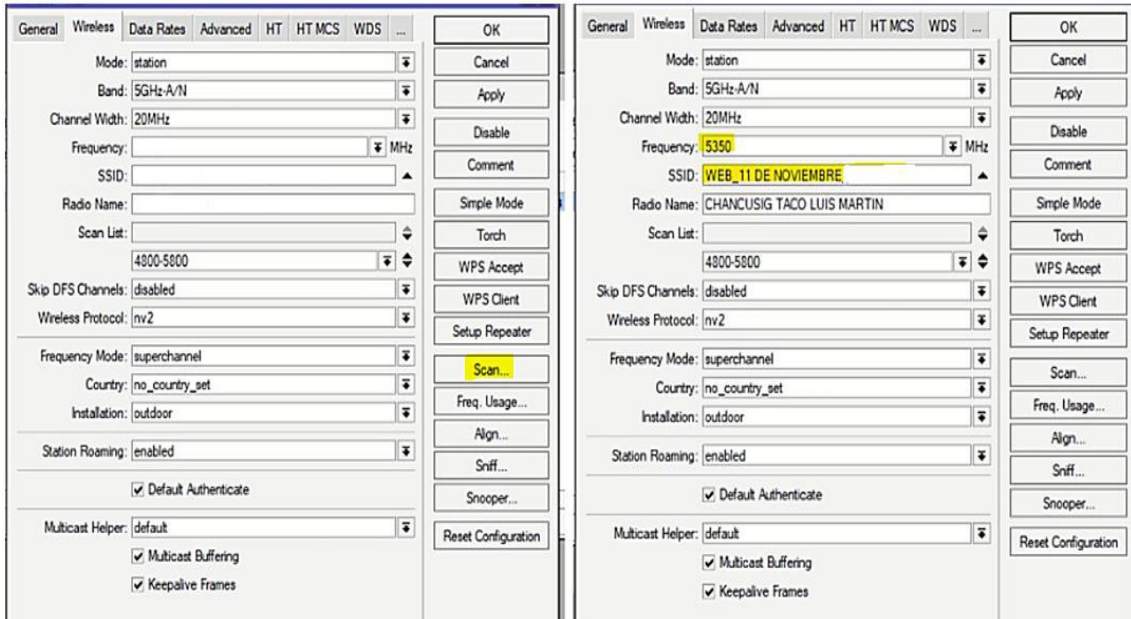


Figura 3.53 Configuración apartado Inalámbrico

Para finalizar, se colocó el protocolo NV2 con su respectiva contraseña que fue otorgada por la empresa, esto se muestra en la Figura 3.54.

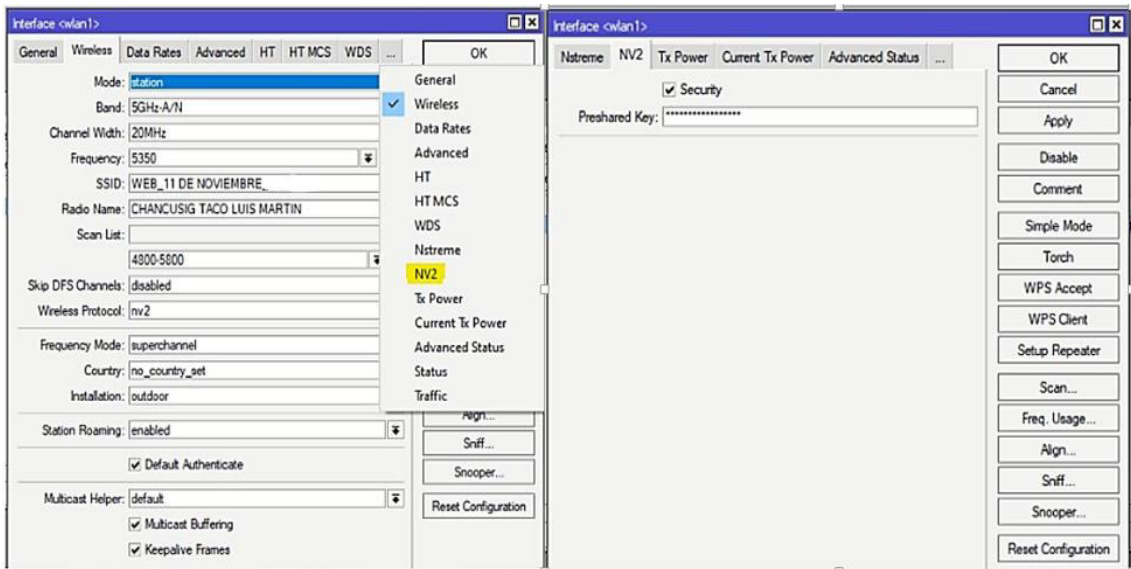


Figura 3.54 Protocolo NV2

Una vez que el equipo LHG5 se enganchó al AP, en el apartado “conjunto rápido” se comprobó la conexión, teniendo un CCQ mayor al 65% y una transmisión y recepción menor a 65% como indica la Figura 3.55, ya que si se sobrepasa, la alineación no estaría correcta y no se establecería una buena conexión.

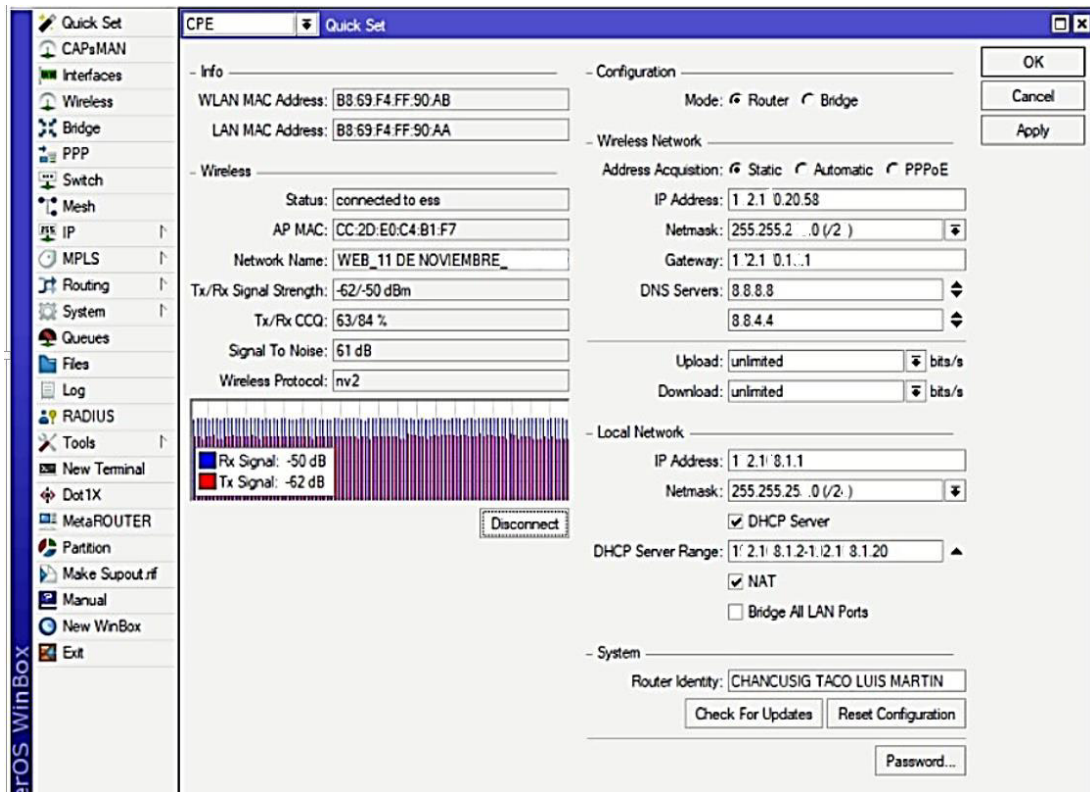


Figura 3.55 Apartado conjunto rápido

En la Figura 3.56 se puede observar la configuración del *router* de la marca Tenda que la empresa Intelcotopaxi proporcionó para la instalación en la casa del cliente.

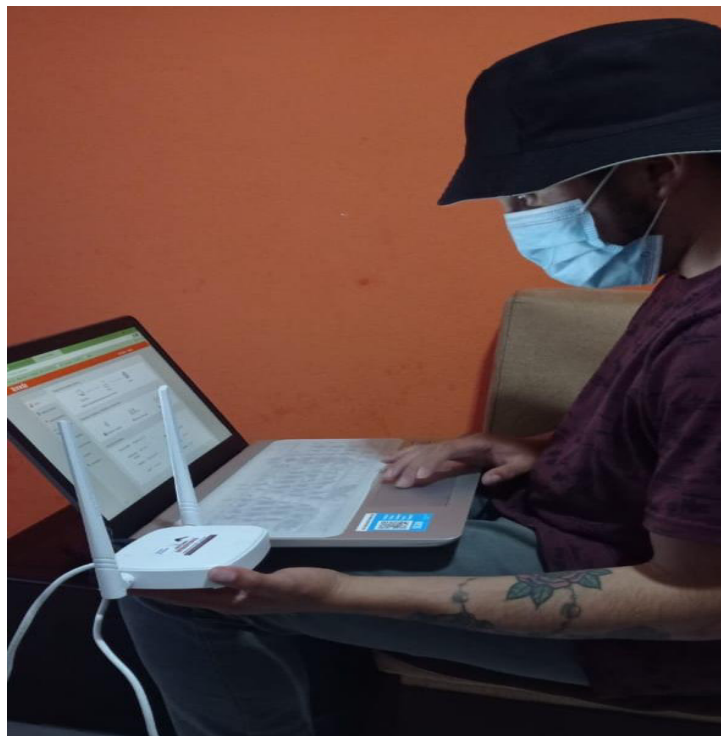


Figura 3.56 Configuración *router*

En la configuración del *router* se escogió la opción de IP Dinámica, como se observa en la Figura 3.57, en la cual los dispositivos que se conectan a la red Wi-Fi, obtienen una dirección IP dinámica asignada por el *router*.

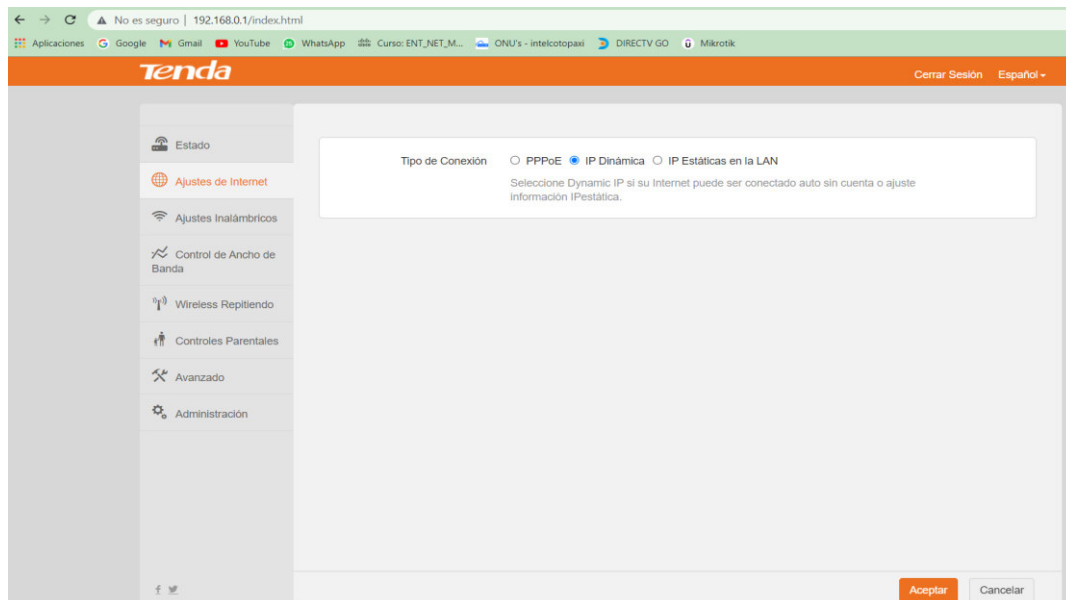


Figura 3.57 Configuración IP del *router*

Posteriormente, se configuró la parte de la WLAN para que el cliente pueda introducir el nombre de la red o también llamada SSID con su respectiva contraseña; las demás opciones se las deja por defecto, como se observa en la Figura 3.58.

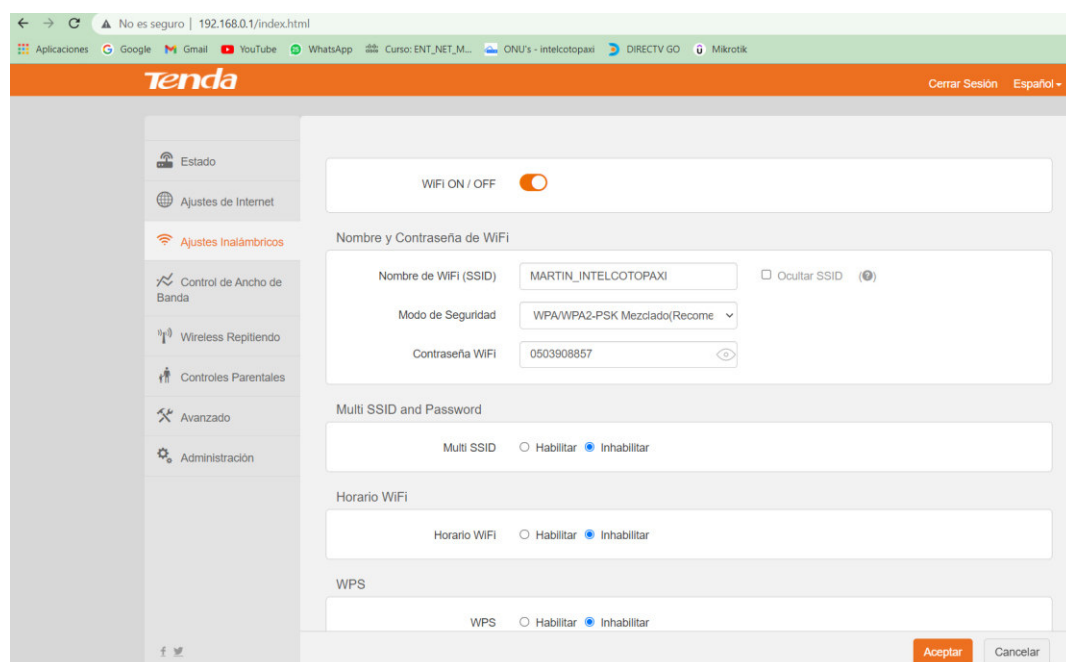


Figura 3.58 Configuración de ajustes inalámbricos del *router*

Finalmente, se realizó una prueba de velocidad de carga y descarga mediante la página web denominada *Speedtest*, dando como resultado los valores que se muestran en la Figura 3.59.

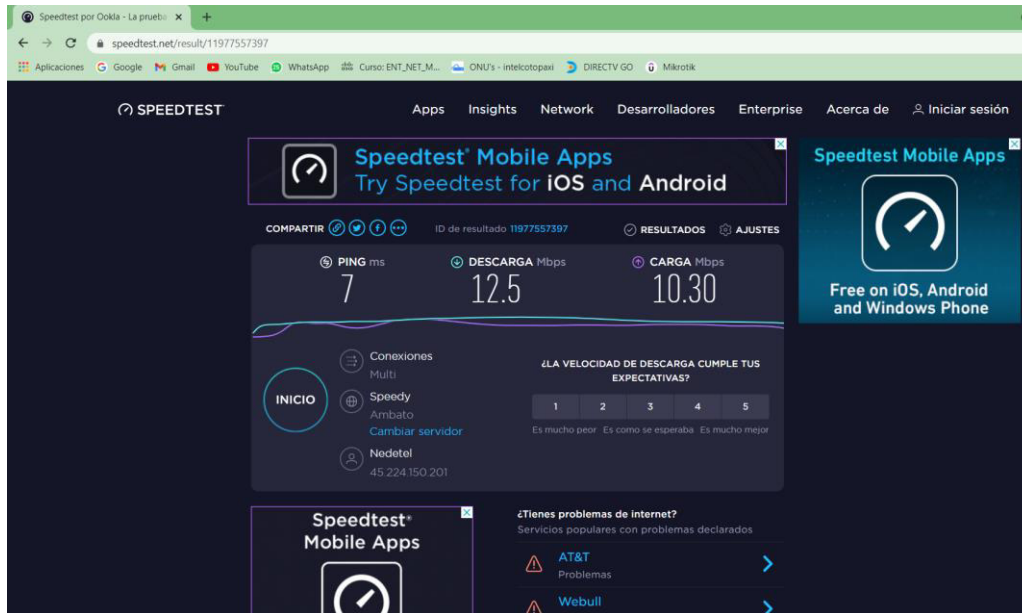


Figura 3.59 Prueba de velocidad en cliente final

A través del código QR de la Figura 3.60, se puede evidenciar el funcionamiento del sistema.



Figura 3.60 Código QR del funcionamiento del sistema

En el Anexo 5, se da a conocer que los permisos del uso del espectro de frecuencias otorgados por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), se encuentran en trámite ya que por la situación actual del país la agilización de los mismos se retrasó y se está a la espera de contar con dicho permiso. Mientras tanto, la empresa Intelcotopaxi proporcionó a los autores del presente proyecto un certificado en el cual consta la funcionalidad del radioenlace y el número de trámite que se encuentra en proceso en la ARCOTEL.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con la implementación del radioenlace, la parroquia “11 de noviembre” cuenta actualmente con servicio de Internet, lo que resolvió el problema de conectividad para los moradores.
- El diseño en el programa *Radio Mobile* es una parte fundamental para la implementación de los nuevos enlaces debido a que brinda varios parámetros para la adquisición de los equipos a utilizar, de igual manera los puntos de referencia dentro del mapa y poder determinar la factibilidad de la solución al problema planteado.
- Para la comunicación de los nodos, los radios empleados deben tener una configuración en la cual el nodo central estará en modo ESTACIÓN y el nuevo nodo “11 de noviembre” en modo PUNTO DE ACCESO.
- El rango de frecuencias que utiliza el radio *Mimosa C5c* es de 4.9 a 6.4 (GHz), este permite localizar una frecuencia menos saturada y lograr transmitir los (Mbps) necesarios, desde el nodo central al nuevo nodo “11 de noviembre”.
- Para implementar un enlace adecuado, se necesita tener una buena línea de vista entre los dos puntos que se van a conectar, debido a ello es necesario calcular la zona de Fresnel, así logrando un enlace con las menores pérdidas posibles.
- Se debe tener en cuenta que la potencia del transmisor en la implementación del radioenlace varía con los valores teóricos, ya que en campo si se usa la máxima potencia de los equipos pueden presentar fallas a futuro, debido a que la distancia de operación es solo de 6.6 (Km).
- La capacidad requerida para la parroquia “11 de noviembre” es de 500 (Mbps) aproximadamente, los cuales serán distribuidos de acuerdo a los planes contratados por los clientes finales.
- Para que los clientes finales cuenten con el servicio, se instaló una antena LHG5 la cual permite la conectividad con los puntos de acceso colocados en el nuevo nodo y un *router* Tenda en el cual se configuró el enlace inalámbrico para que el abonado pueda disfrutar del servicio de Internet.

4.2 Recomendaciones

- Para realizar un radio enlace se debe elegir un programa adecuado, en este caso se eligió el programa *Radio Mobile*, el cual brinda varias características como: la zona de *Fresnel*, *azimuth*, ángulo de elevación, nivel de recepción, distancia, perfil topográfico, entre otros parámetros que ayudarán a una adecuada implementación de los enlaces.
- Se debe revisar los *datasheets* de los equipos adquiridos, verificando que cumplan con las características necesarias para el radio enlace como son la potencia, pérdida, latencia, distancia máxima y mínima, condiciones climáticas entre otros.
- Para la instalación de la antena y radio se debe usar los equipos de seguridad como casco y arnés de seguridad con su respectiva línea de vida, siguiendo las indicaciones del personal profesional.
- Para obtener una correcta instalación, la antena LHG5 debe tener una adecuada línea de vista hacia los equipos principales, ya que esto garantizará la capacidad necesaria de acuerdo con cada plan de Internet.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Universo, «eluniverso.com,» El Universo, 30 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/04/24/nota/7822794/millon-estudiantes-acceso-educacion-virtual-durante-emergencia/>. [Último acceso: 14 Septiembre 2021].
- [2] E. Comercio, «elcomercio.com,» El Comercio, 17 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ecuador-internet-tecnologia-fibra-optica.html>. [Último acceso: 31 Agosto 2021].
- [3] E. Cobos, Enero 2007. [En línea]. Available: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/20654198/ice29-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1631994846&Signature=TrkcqO5yMXMVhnLxN8YCI5gSbBuwjE47qmV-KNil8Sg2rA-Z8vTMQR1pkmekCB8MuKJC3AnSVXK7I9REMrQt0Q~bHnQpQ4SWAhjcAPnhXL9ciHbzxaSY1zfJOh5sMLA0h19CE3iwwbU5ymiM6beBzo>. [Último acceso: 15 Septiembre 2021].
- [4] P. G. Garnacho, «upcommons.upc.edu,» Junio 2006. [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6989/Anexo%2016.pdf>. [Último acceso: 04 Enero 2021].
- [5] L. A. E. Corona, «Revista Digital Universitaria,» 2 Septiembre 2004. [En línea]. Available: <https://www.ru.tic.unam.mx/bitstream/handle/123456789/791/220.pdf?sequence=1&isAllowe>. [Último acceso: 30 Enero 2022].
- [6] Xataka, «<https://www.xataka.com/>,» [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/basics/que-es-la-direccion-mac-de-tu-ordenador-del-movil-o-de-cualquier-dispositivo>. [Último acceso: 29 Enero 2022].
- [7] wisphub, «wisphub.net,» [En línea]. Available: <https://wisphub.net/>. [Último acceso: 10 Febrero 2021].
- [8] W. Avalos Morales, «<http://publicaciones.usanpedro.edu.pe/>,» 2019. [En línea]. Available:

http://publicaciones.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/13631/Tesis_63216.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 20 Febrero 2021].

- [9] Mimosa, «mimosa.co,» Mimosa, 2021. [En línea]. Available: <https://mimosa.co/products/specs/c5c>. [Último acceso: 16 Septiembre 2021].
- [10] U. Networks, «dl.ubnt.com,» Ubiquiti, 2021. [En línea]. Available: https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketmngps/RocketM_Ti_DS.pdf. [Último acceso: 15 Septiembre 2021].
- [11] U. Networks, «dl.ubnt.com,» 2021. [En línea]. Available: https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd_ds_web.pdf. [Último acceso: 15 Septiembre 2021].
- [12] Tenda, «www.tendacn.com,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.tendacn.com/mx/default.html>. [Último acceso: 17 Septiembre 2021].
- [13] Mikrotik, «mikrotik.com,» 2021. [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/product/RBLHG-5nD>. [Último acceso: 16 Septiembre 2021].
- [14] Mikrotik-SXT, «mikrotik.com,» [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/product/RBSXTG-5HPnD-SAr2#fndtn-specifications>. [Último acceso: 29 Enero 2020].
- [15] repositorio.uta.edu.ec, «repositorio.uta.edu.ec,» Octubre 2012. [En línea]. Available: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2489/1/Tesis_t751ec.pdf. [Último acceso: 18 Septiembre 2021].
- [16] TRICALCAR, «itrainonline.org,» Octubre 2007. [En línea]. Available: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf. [Último acceso: 18 Septiembre 2021].
- [17] earth.google.com, «earth.google.com,» [En línea]. Available: <https://earth.google.com/web/@-0.91828151,-78.64667974,2905.64029248a,24842.01354965d,35y,0h,0t,0r/data=CjoaOBlyCiUweDkxZDQ2MTA2OWQ3OTViZDE6MHhjMGEwNWZjYWJIZWE4ZmJiKGIIMYXRhY3VuZ2EYAiAB>. [Último acceso: 10 Enero 2021].

- [18] U. NETWORKS, «ubnt.com,» 2015. [En línea]. Available: https://dl.ubnt.com/guides/rocketdish/RocketDish_RD-5G30-LW_QSG.pdf. [Último acceso: 13 Octubre 2021].
- [19] mimosa, «mimosa.co,» 28 04 2021. [En línea]. Available: <https://mimosa.co/uploads/docs/Mimosa-C5c-Datasheet.pdf>.
- [20] syscomblog, «syscomblog,» 18 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://www.syscomblog.com/2016/08/protocolo-nv2-de-mikrotik.html>. [Último acceso: 04 Octubre 2021].

ANEXOS

**ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE
PROYECTO DE TITULACIÓN**



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R"

Quito, 04 de octubre de 2021

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, Fanny Paulina Flores Estévez, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de un radioenlace para expansión de cobertura de Internet en la parroquia "11 de Noviembre" de la provincia de Cotopaxi, el cual fue implementado por los estudiantes Bryan Cadena y Bryan Uzuay.

El proyecto cumple con los requerimientos de implementación y parámetros necesarios para que los usuarios de la parroquia "11 de Noviembre" puedan acceder al servicio de Internet.

DIRECTOR

Ing. Fanny Paulina Flores Estévez, Msc.

Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 2-14. EXT:
2712

Email: fanny.flores@epn.edu.ec

Quito-Ecuador

ANEXO 2: DATASHEET RADIO *MIMOSA C5C*



Datasheet

No Client Too Far

C5c Point-to-Point Backhaul & Point-to-Multipoint Client Radio

4.9–6.4 GHz (PTP/PTMP*)



The Mimosa C5c is a flexible connectorized radio solution for accommodating short and long range PTP (backhaul) and PTMP (client), as well as custom antenna solutions. Incorporating unique support for Mimosa's SRS technology, the C5c enables the fastest speeds and is the most scalable wireless access solution available today. The C5c is ideal for professionally-installed rural Fixed Wireless and long range applications for point-to-point backhaul links.

Flexible Antenna Options

Connect to virtually any dual polarization antenna to custom engineer longer distance client links. The C5c has dual RP-SMA connectors for easy cabled antenna connectivity. It can be mounted to any pole via hose clamps or easily clipped onto antennas supporting compatible clip-on mounting bracket systems.

PTP Backhaul Links

The C5c provides extreme price/performance for PTP backhaul links in a small form factor. Wide frequency range support allows avoidance of crowded 5 GHz spectrum bands. Where regulations allow, long distances are enabled with high system power and flexible antenna options.

SRS Client

The C5c offers client-side support for Mimosa's proprietary Spectrum Reuse Synchronization (SRS) technology. This ensures each client device precisely receives and transmits under the timing control of the access point and can dynamically request upstream bandwidth. As opposed to alternative (fixed) timeslot protocols, upstream bandwidth and latencies are allocated on demand which enables significantly higher overall upstream network bandwidth utilization.

Technical Specifications

Performance

- **Max Throughput:**
PTP/PTMP: 700 Mbps IP (866 Mbps PHY)
- **Wireless Protocols:**
WiFi Interop
Mimosa SRS
- **Modes:**
PTMP Client
PTP Backhaul

Radio

- **MIMO and Modulation:**
2x2:2 MIMO OFDM up to 256-QAM
- **Bandwidth**:**
20/40/80 MHz channels tunable to 5 MHz increments for Mimosa SRS; Tunable to standard WiFi channels for WiFi Interop
- **Frequency Range:**
PTMP: 4900–6400 MHz*
PTP: 4900–6400 MHz
Restricted by country of operation
*new US/FCC 5600-5650 MHz support
- **Max Output Power:**
27 dBm
- **Sensitivity (MCS0):**
-87 dBm @ 80 MHz
-90 dBm @ 40 MHz
-93 dBm @ 20 MHz

Power

- **Max Power Consumption:**
12.9 W
- **System Power Method:**
Passive PoE (24-56VDC)
- **PoE Power Supply:**
Passive PoE compliant, 48-56 V Power over Ethernet supply (not included)

Physical

- **Dimensions:**
Depth: 44.0 mm (1.73")
Width: 65 mm (2.56")
Height: 188.4 mm (7.42")
- **Weight:** 295 gr (10.4 ounces)
- **Mounting:** Single pole strap
- **Connector Type:** (2) RP-SMA (female)

Environmental

- **Operating Temperature:**
-40°C to +55°C (-40°F to 131°F)
- **Operating Humidity:**
5 to 100% condensing
- **Outdoor Ingress Protection Rating:**
IP55
- **Operating Altitude:**
4,420 m (14,501') maximum
- **Shock and Vibration:**
ETS 300-019-2-4 class 4M5

Features

- **Gigabit Ethernet:**
10/100/1000-BASE-T
- **Management Services:**
Mimosa cloud monitoring and management
SNMPv2 & Syslog legacy monitoring
HTTPS
HTML5 based web UI
- **Smart Spectrum Management:**
Active scan monitors/logs ongoing RF interference across channels with no service impact; Dynamic auto-optimization of channel and bandwidth use
- **Security:**
WPA2 PSK & Enterprise 802.1x; Radius provisioning, COA, DM (from AS); 128-bit AES with hardware acceleration
- **VLANs:**
Per subscriber VLAN; Q-in-Q, triple tagging; Management VLAN
- **QoS:**
Supports 4 pre-configured QoS levels

Regulatory and Compliance

- **Approvals:**
FCC Part 15.407 and Part 90Y, IC RSS210, CE, ETSI 301 893/302 502
- **RoHS Compliance:** Yes
- **Safety:** UL/EC/EN/ 60950-1 + CSA-22.2

*Extended PTMP frequency, above 6.2 GHz, requires AS/ASc access point with P/N 100-000xx-01

**4.9 GHz uses 20 MHz channel widths (U.S. only; Regulations vary by region)



C5c on Pole



Point-to-Point (Backhaul)



Point-to-Multipoint

Mimosa Networks, a division of Airspan, is the global technology leader in wireless broadband solutions, enabling service providers to connect dense urban and hard-to-reach rural homes at a fraction of the cost of fiber. Mimosa Networks was acquired in 2018 by Airspan, the leading vendor of 4G/5G LTE small cells and backhaul technologies.

ANEXO 3: DATASHEET ANTENA *UBIQUITI ROCKET* *DISH 34DBI 5G34*



RocketDish™

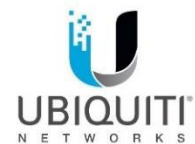
airMAX® 2x2 PtP Bridge Dish Antenna

Models: RD-2G24, RD-3G26, RD-5G30, RD-5G30-LW, RD-5G34

Powerful Performance for Long-Range Links

Robust Design and Construction for Outdoor Use

Seamless Integration with Rocket Radios



Overview

Pair a RocketDish™ antenna with a Rocket® basestation to create the endpoint of a high-performance, Point-to-Point (PtP) bridge or network backhaul (Rocket sold separately).

The RocketDish is available in the following frequency models:

- 2.4 GHz
- 3 GHz
- 5 GHz

Powerful Performance

The RocketDish antenna delivers 2x2, dual-polarity performance. On the right is one example of how the RocketDish with Rocket can be deployed in a backhaul link to deliver bandwidth from an ISP network out to a neighborhood tower. From there, an airMAX® Sector with Rocket delivers bandwidth to the ISP's customers.

Carrier-Class Construction

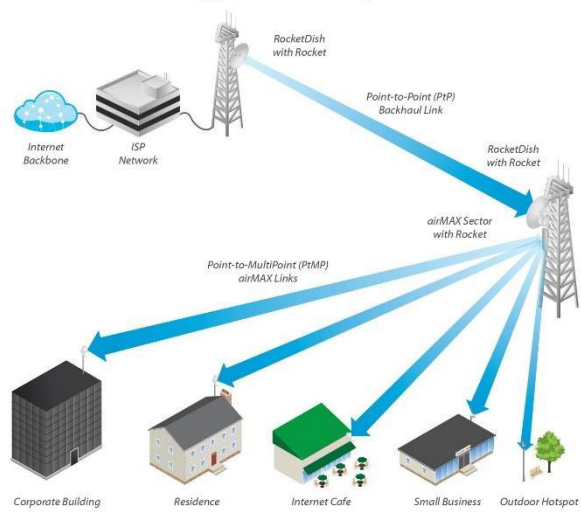
Incorporating a dish reflector design for excellent beam directivity, the RocketDish antennas feature robust mechanical design using industrial-strength hardware for outdoor application use.

Plug and Play Integration

RocketDish antennas and Rocket basestations have been designed to seamlessly work together. Every RocketDish has a built-in Rocket mount, so installation requires no special tools.

Snap the Rocket securely into place and mount the antenna; you then have the optimal combination of RocketDish and Rocket for your PtP application.

Application Example



Mounting a Rocket on the RD-5G30-LW

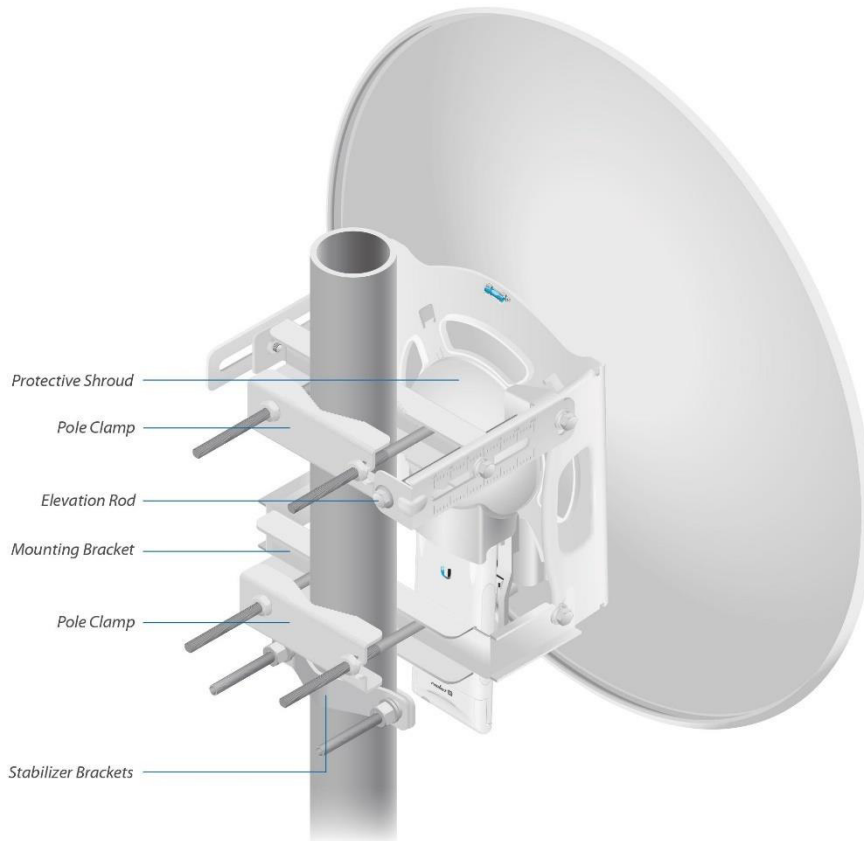
Hardware Overview

Innovative Mechanical Design

- **Secure pole-mounting** The hardware is designed to securely mount and maintain the position of the dish during harsh outdoor conditions.
- **Convenient installation** The bubble level allows for easy alignment.
- **Precision elevation adjustment of the RD-5G30-LW** Use this new feature to quickly fine-tune and adjust the elevation.

Weatherproof Design

- **Protective shroud** The shroud* protects the cables and connectors from nature's elements.
- **Mounting hardware of the RD-5G30-LW** Made of galvanized steel that is powder-coated for superior corrosion resistance.
- **Fasteners of the RD-5G30-LW** GEOMET-coated for improved corrosion resistance when compared with zinc-plated fasteners.



Back View of the Fully Assembled RD-5G30-LW

* All models except for the RD-2G24 include a shroud.

2.4 GHz Model



| Model | Frequency | Gain | Radome* |
|---------|-----------|--------|---------|
| RD-2G24 | 2 GHz | 24 dBi | RAD-RD2 |

The 2.4 GHz frequency band is free to use, worldwide; however, it is extremely crowded due to interference from other wireless devices. Also, there are only three non-overlapping, 20 MHz channels available for use.

3 GHz Model



| Model | Frequency | Gain | Radome* |
|---------|-----------|--------|---------|
| RD-3G26 | 3 GHz | 26 dBi | RAD-RD2 |

The 3 or 3.65 GHz frequency band is noise-free in most areas; however, its use requires a license. There may be additional restrictions on its use depending on local country regulations.

5 GHz Models



| Model | Frequency | Gain | Radome* |
|---------|-----------|--------|---------|
| RD-5G30 | 5 GHz | 30 dBi | RAD-RD2 |

The 5 GHz frequency band is free to use, worldwide, offers plentiful spectrum, and works well for long-distance links. However, 5 GHz signals have more difficulty passing through obstacles than lower-frequency signals.



| Model | Frequency | Gain | Radome* |
|------------|-----------|--------|--------------|
| RD-5G30-LW | 5 GHz | 30 dBi | ISO-BEAM-620 |

The RD-5G30-LW features the same gain as the RD-5G30 and adds the following advantages:

- Lightweight yet robust components lessen the load.
- The extended depth of the dish reflector rejects noise interference in co-location deployments.
- The design of the mounting bracket allows for ease of installation on a pole or tower.



| Model | Frequency | Gain | Radome* |
|---------|-----------|--------|---------|
| RD-5G34 | 5 GHz | 34 dBi | RAD-RD3 |

The RD-5G34 offers 34 dBi of gain in a 1050-mm diameter size.

* A radome is available as an optional accessory.

RocketDish™ Radome

Models: RAD-RD2, RAD-RD3



| Model | RD-2G24 | RD-3G26 | RD-5G30 | RD-5G30-LW | RD-5G34 |
|---------|---------|---------|---------|------------|---------|
| RAD-RD2 | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| RAD-RD3 | | | | | ✓ |

A protective radome is available as an optional accessory for the RD-2G24, RD-3G26, RD-5G30, and RD-5G34. The RAD-RD2 or RAD-RD3 provides the following advantages:

- Reduces wind load
- Protects antenna surfaces from nature's harshest elements
- Conceals antenna feed equipment from public view

airFiber® X Conversion Kit

Model: AF-5G-OMT-S45



| Model | RD-2G24 | RD-3G26 | RD-5G30 | RD-5G30-LW | RD-5G34 |
|---------------|---------|---------|---------|------------|---------|
| AF-5G-OMT-S45 | | | ✓ | | ✓ |

The 5 GHz RocketDish to airFiber® Antenna Conversion Kit converts the RocketDish RD-5G30 or RD-5G34 antenna for use with the airFiber AF-5X radio.

RocketDish™ LW Accessories IsoBeam™

Model: ISO-BEAM-620



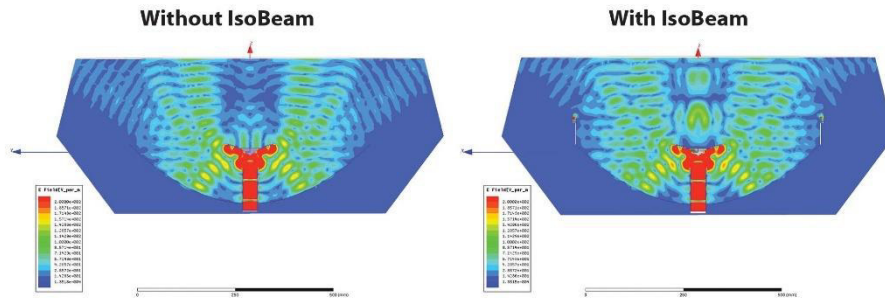
The IsoBeam™ is an isolator radome that is available as an optional accessory for the RD-5G30-LW and two PowerBeam® models:

- PBE-5AC-620
- PBE-M5-620

The innovative RF-choke perimeter of the IsoBeam delivers superior noise immunity in co-location deployments; its perimeter corrugation provides enhanced RF shielding. Compare the two near-field plots below, and note the breakthrough isolation performance of the IsoBeam.

Both near-field plots are displayed in watts and use a linear scale. The strength of the electromagnetic field is color-coded:

- Red: Highest strength
- Green: Medium strength
- Indigo: Lowest strength



Precision Alignment Kit

Model: PAK-620



The Precision Alignment Kit is available as an optional accessory for the RD-5G30-LW. It features 15° of azimuth adjustment and 15° of elevation adjustment to enable extremely accurate aiming for optimal PtP link performance.

The Precision Alignment Kit is also compatible with other dish antennas:

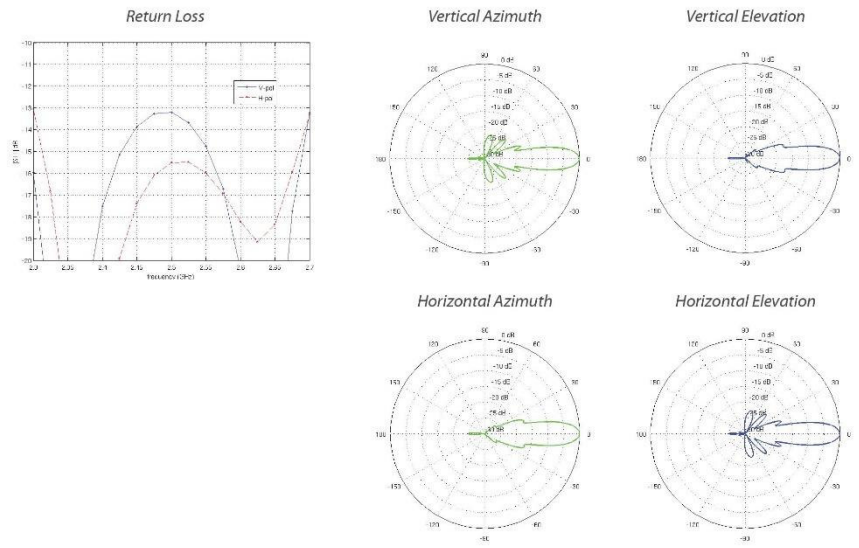
- airFiber AF-5G30-S45
- PowerBeam PBE-5AC-620
- PowerBeam PBE-M5-620

Specifications

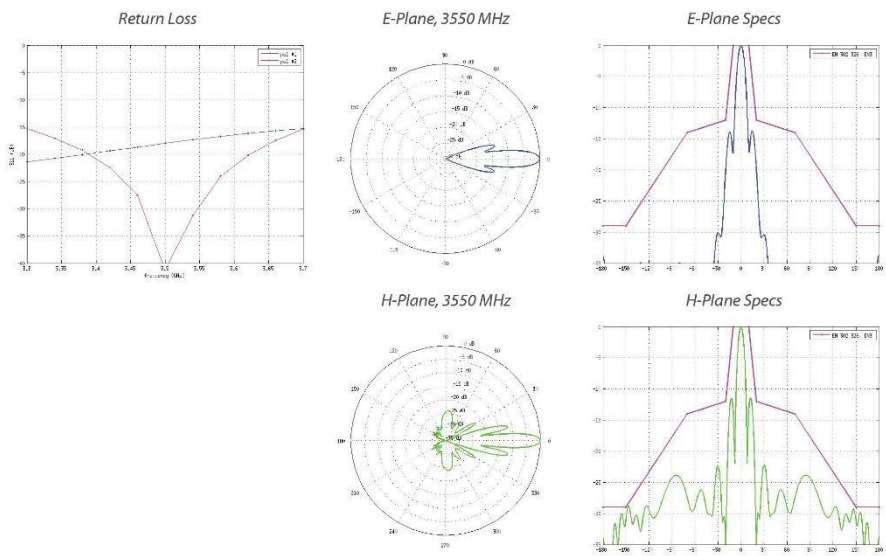
| Antenna Characteristics | | | | | |
|-------------------------|---|--|--|---|--|
| Model | RD-2G24 | RD-3G26 | RD-5G30 | RD-5G30-LW | RD-5G34 |
| Dimensions* | 650 x 650 x 295 mm (25.6 x 25.6 x 11.61") | 650 x 650 x 300 mm (25.6 x 25.6 x 11.81") | 650 x 650 x 304 mm (25.6 x 25.6 x 11.97") | 650 x 650 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 | 5.1 - 5.8 GHz | 5.1 - 5.9 GHz | 5.1 - 5.8 GHz |
| Gain | 24 dBi | 26 dBi | 30 dBi | 30 dBi | 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 | | | | |
| Mounting | Universal Pole Mount, Rocket Bracket, and Weatherproof RF Connectors Included | | | | |

* Dimensions exclude pole mount and Rocket (Rocket sold separately)
 ** Weight includes pole mount and excludes Rocket (Rocket sold separately)

RD-2G-24 Antenna Information

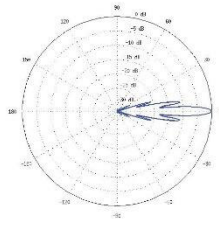


RD-3G26 Antenna Information

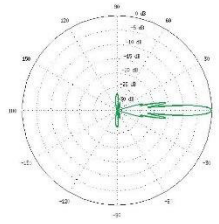


RD-5G30 Antenna Information

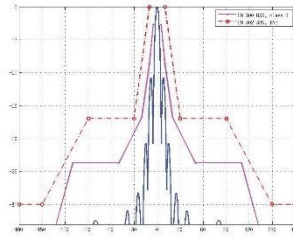
E-Plane, 5500 MHz



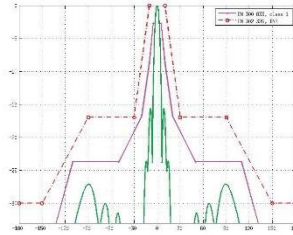
H-Plane, 5500 MHz



E-Plane Specs

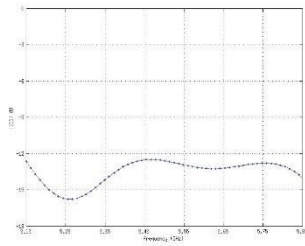


H-Plane Specs

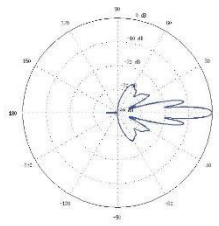


RD-5G30-LW Antenna Information

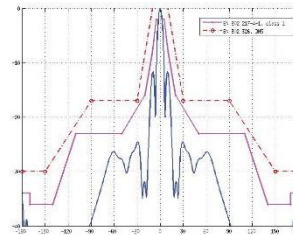
Return Loss



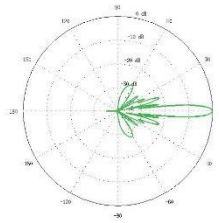
E-Plane, 5500 MHz



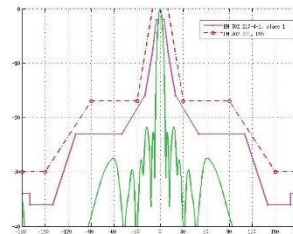
E-Plane Specs



H-Plane, 5500 MHz

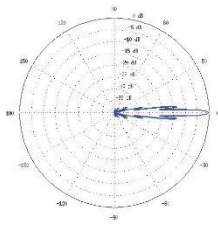


H-Plane Specs

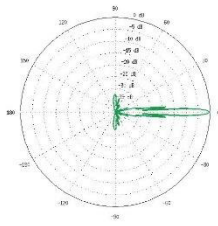


RD-5G34 Antenna Information

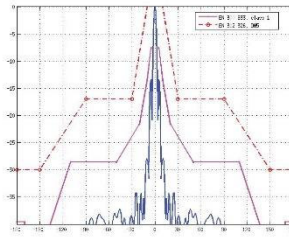
E-Plane, 5500 MHz



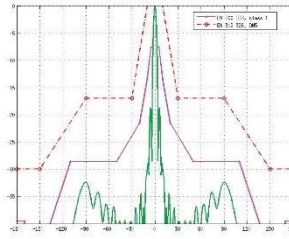
H-Plane, 5500 MHz



E-Plane Specs



H-Plane Specs



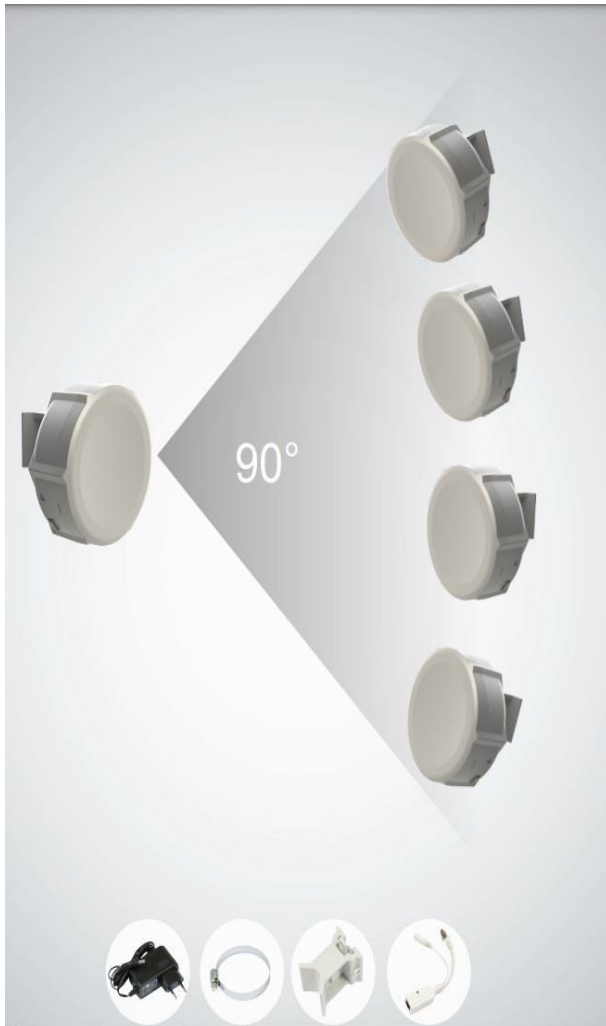
Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at: www.ubnt.com/support/warranty
 ©2015 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti U logo, the Ubiquiti beam logo, airFiber, airMAX, airOS, IsoBeam, PowerBeam, Rocket, and RocketDish are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Networks, Inc. in the United States and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.



www.ubnt.com

JL090815

ANEXO 4: DATASHEET SXT-SA5



SXT SA

SXTG-5HPnD-SAr2 is a low cost, high speed 5GHz outdoor wireless sector access point. It has a 90 degree antenna to provide a wider coverage than our previous SXT units.

Complete with a ready to mount enclosure and built-in 14dBi antenna, the package contains everything you need to set it up in a matter of minutes. The inside of the case is covered in special shielding to improve operation in high interference areas and antenna front to back ratio.

| | |
|------------------|---|
| Model | RBSXTG-5HPnD-SAr2 |
| CPU | AR9344-BC2A 600MHz |
| Memory | 64MB DDR2 |
| Ethernet | 1x 10/100/1000 Gigabit |
| Wireless cards | Onboard dual chain 5GHz 802.11a/n AR9344-BC2A wireless module; 10kV ESD protection on each RF port |
| Frequency range | 4920-5920MHz, Operating range limited by Country Regulations |
| Extras | Reset switch, beeper, USB 2.0 port, voltage and temperature monitors |
| LEDs | Power LED, Ethernet LED, 5 wireless signal LED |
| Power options | Power over Ethernet: 8-30V DC Packaged with 24V DC 0.8A power adapter and passive PoE injector |
| Dimensions | 140x140x56mm. Weight without packaging, adapters and cables: 265g |
| Max consumption | 11W at 24V |
| Operating Temp | -30C ~ +80C |
| OS | Level4 AP license |
| Package contains | SXT wireless device with integrated antenna, pole mounting bracket, mounting ring, Gigabit PoE injector, power adapter, quick setup guide |
| Certifications | FCC, CE, ROHS |

| | |
|-----------------|--|
| TX/RX at MCS0 | 30dBm / -95dBm |
| TX/RX at MCS7 | 26dBm / -73dBm |
| TX/RX at 6Mbit | 30dBm / -96dBm |
| TX/RX at 54Mbit | 27dBm / -80dBm |
| Antenna | Dual pol. 90 deg, -35dB port to port isolation, 14dBi gain |

**ANEXO 5: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO
INTELCOTOPAXI**

Latacunga 03 de Octubre de 2021

Internet y Telecomunicaciones Cotopaxi INTELCOTOPAXI Cia. Ltda.

Presente. -

A petición verbal, en debida y legal forma,

CERTIFICO:

Yo, Byron Klever Lisintuña con CI. 1723388490 en calidad de representante legal de INTELCOTOPAXI Cia. Ltda. con RUC. 0591754904001, que el Sr. Uzuay Valenzuela Bryan Steeven con CI. 1725435067, ha culminado con éxito el proyecto denominado IMPLEMENTACIÓN DE UN RADIOENLACE PARA EXPANSIÓN DE COBERTURA DE INTERNET EN LA PARROQUIA “11 DE NOVIEMBRE” DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, misma que se encuentra en perfecto funcionamiento a día de hoy, lo cual demuestra la calidad de trabajo realizado aplicando los conocimientos adquiridos en la prestigiosa universidad.

En cuanto a la obtención de la concesión de frecuencias del espectro otorgado por parte de la ARCOTEL, la empresa se encuentra de proceso de obtención de la misma mediante el Oficio Nro. ARCOTEL-CTDS-2021-0872-OF, cabe recalcar que el trámite respectivo puede verse demorado considerando la actual situación que vive el país.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que el mencionado señor haga uso de este documento como creyere conveniente.



Firmado digitalmente por:
**BYRON KLEVER
LISINTUÑA
COCHIPARTE**

Ing. Byron Lisintuña

GERENTE GENERAL

DIRECCIÓN: CALLE BELISARIO QUEVEDO Y GUAYAQUIL 

CONTACTOS: 0998550925 / 0983918013 / 0961201656 

EMAIL: intelcotopaxi.sa@gmail.com 

Latacunga 03 de Octubre de 2021

Internet y Telecomunicaciones Cotopaxi INTELCOTOPAXI Cia. Ltda.

Presente. -

A petición verbal, en debida y legal forma,

CERTIFICO:

Yo, Byron Klever Lisintuña con CI. 1723388490 en calidad de representante legal de INTELCOTOPAXI Cia. Ltda. con RUC. 0591754904001, que el Sr. Cadena Borja Bryan Alejandro con CI. 172177588-8, ha culminado con éxito el proyecto denominado IMPLEMENTACIÓN DE UN RADIOENLACE PARA EXPANSIÓN DE COBERTURA DE INTERNET EN LA PARROQUIA "11 DE NOVIEMBRE" DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, misma que se encuentra en perfecto funcionamiento a día de hoy, lo cual demuestra la calidad de trabajo realizado aplicando los conocimientos adquiridos en la prestigiosa universidad.

En cuanto a la obtención de la concesión de frecuencias del espectro otorgado por parte de la ARCOTEL, la empresa se encuentra de proceso de obtención de la misma mediante el Oficio Nro. ARCOTEL-CTDS-2021-0872-OF, cabe recalcar que el trámite respectivo puede verse demorado considerando la actual situación que vive el país.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que el mencionado señor haga uso de este documento como creyere conveniente.



BYRON KLEVER
LISINTUÑA
CUCHI PARTE

Ing. Byron Lisintuña

GERENTE GENERAL

DIRECCIÓN: CALLE BELISARIO QUEVEDO Y GUAYAQUIL



CONTACTOS: 0998550925 / 0983918013 / 0961201656



EMAIL: intelcotopaxi.sa@gmail.com

