

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE UN ISP INALÁMBRICO
(WISP) EN LA PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS
TSÁCHILAS, PARA BRINDAR EL SERVICIO DE INTERNET A LAS
COMUNIDADES TSÁCHILAS EL POSTE Y EL CÓNGOMA**

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

RONALD BOLIVAR RIOFRIO VEGA

DIRECTOR: MSc. CARLOS ALFONSO HERRERA MUÑOZ

Quito, Febrero 2023

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ronald Bolívar Riofrío Vega, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos', with a stylized flourish extending to the right.

MSc. CARLOS ALFONSO HERRERA MUÑOZ
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, RONALD BOLÍVAR RIOFRÍO VEGA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.



RONALD BOLÍVAR RIOFRÍO VEGA

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado de todo corazón a mis padres, que, con su apoyo, sus bendiciones a diario y por innumerables motivos hayan logrado guiarme por el buen camino y así lograr el objetivo deseado, llegar a esta instancia de mis estudios.

Ronald Riofrio

AGRADECIMIENTO

Un agradeciendo especial a mi madre Ena Vega y a mi padre Bolívar Riofrio por su incansable forma de apoyarme y motivarme incondicionalmente en todo momento a pesar de las adversidades y gracias a ellos he podido culminar una etapa más de mi vida. Gracias por tanto amor y por ser los más importante en mi vida, son los mejores padres del mundo.

A mis hermanas Marlín y Evelyn por enseñarme que el esfuerzo y determinación al final traen recompensa.

A mis sobrinos Iann, Joel y Luciana que son los más pequeños de la familia y siempre conseguían sacarme una sonrisa a pesar de las dificultades.

Al MSc. Carlos Herrera por su paciencia, apertura y asesoría para dirigir este proyecto.

A mi amigo y compañero de clases Jhonny por sus palabras de ánimo y aporte de los conocimientos técnicos que fueron necesarios para desarrollar este trabajo.

Y finalmente agradezco a mis primas y a todas esas personas que de forma directa e indirecta me ayudaron, me apoyaron y me brindaron esas palabras de ánimo que me impulsaron a culminar este proyecto a todas esas personas gracias: Carolina, Nayeli, Johana, Samantha, Yuma, Gina, Grecia, Magaly y Mirella.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 ALCANCE.....	1
1.3 MARCO TEÓRICO.....	2
1.4 DEFINICIÓN DE UN WISP (WIRELESS INTERNET SERVICE PROVIDER) 2	
1.5 REDES INALÁMBRICAS	2
1.5.1 TOPOLOGÍA DE REDES INALÁMBRICAS	3
1.5.1.1 Topología en estrella	3
1.5.1.2 Topología en malla	3
1.5.1.3 Topología en árbol.....	4
1.5.2 MODOS DE OPERACIÓN DE REDES INALÁMBRICAS	4
1.5.2.1 Modo ad hoc (IBSS: Independent Basic Service Set).....	4
1.5.2.2 Modo Infraestructura.....	4
1.6 ANTENAS.....	5
1.6.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ANTENAS SEGÚN PATRÓN DE RADIACIÓN5	
1.6.1.1 Antenas Omnidireccionales	5
1.6.1.2 Antenas Direccionales	5
1.6.1.3 Antenas Sectoriales	5
1.7 TIPOS DE ENLACES INALÁMBRICOS	5
1.7.1 ENLACES PUNTO-PUNTO	6
1.7.2 ENLACES PUNTO-MULTIPUNTO.....	6
1.8 RADIO FRECUENCIA (RF).....	6
1.8.1 GANANCIA	7

1.8.2	PÉRDIDAS.....	7
1.8.3	REFLEXIÓN.....	8
1.8.4	DISPERSIÓN.....	8
1.8.5	REFRACCIÓN.....	9
1.8.6	DIFRACCIÓN.....	9
1.8.7	LÍNEA DE VISTA.....	9
1.8.8	ZONA DE FRESNEL.....	10
1.9	ESTÁNDAR IEEE 802.11.....	10
1.9.1	IEEE 802.11ac.....	11
1.9.2	CANALES DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11AC.....	12
2	METODOLOGÍA.....	14
2.1	FACTIBILIDAD LEGAL.....	15
2.2	TÍTULO HABILITANTE.....	16
2.2.1	REQUISITOS.....	16
2.3	FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	18
2.3.1	ALTURA DE LA ANTENA.....	19
2.3.2	ALTURA DE LA ANTENA CÓNGOMA.....	25
2.4	PRESUPUESTO DE ENLACE.....	26
2.4.1	POTENCIA ISOTRÓPICA RADIADA EQUIVALENTE (PIRE).....	28
2.4.2	ATENUACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE.....	29
2.5	MARGEN DE OPERACIÓN DEL SISTEMA (MOS).....	32
2.6	FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	33
2.6.1	COSTO DE EQUIPOS Y MATERIALES.....	33
2.6.2	COSTO DE INFRAESTRUCTURA.....	34
2.6.3	COSTO DE INSTALACIÓN Y MONTAJE.....	34
2.6.4	COSTO POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS.....	35
2.6.5	COSTO DE OPERACIÓN.....	35
2.6.6	INVERSIÓN INICIAL.....	35
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
3.1	DISEÑOS DE LOS RADIOENLACES.....	37
3.1.1	SIMULADOR DE MIKROTIK - CALCULATOR.....	39
3.1.1.1	Radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste con Mikrotik	40
3.1.1.2	Radioenlace entre las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma con Mikrotik.....	42

3.1.2	SIMULADOR DE UBIQUITI - AIRLINK	43
3.1.2.1	Radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste con Ubiquiti	44
3.1.2.2	Radioenlace entre las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma con Ubiquiti.....	45
3.1.3	SIMULADOR DE MIMOSA NETWORK – MIMOSA DESING TOOL	46
3.1.3.1	Radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste con Mimosa Network.....	47
3.1.3.2	Radioenlace entre las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma con Mimosa Network.....	48
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
4.1	CONCLUSIONES.....	50
4.2	RECOMENDACIONES	51
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	ANEXOS	56

RESUMEN

Con el constante cambio, aumento del uso de Internet y por el difícil acceso a ciertas zonas rurales, la brecha digital ha resultado ser más significativa. Por ende, la creación de un ISP inalámbrico (WISP) para las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma, brindará fácil acceso a teleeducación, teletrabajo, telecomercio, telesalud, entre otros. Reduciendo así, las barreras tecnológicas que hay en el sector por su difícil acceso, ya que el internet se ha convertido en una prioridad para las personas. Este Trabajo de Titulación brinda las pautas necesarias para un enlace de Radio Frecuencia a largas distancias, utilizando el estándar IEEE 802.11ac, se revisa las disposiciones de los entes reguladores para llevar a cabo dicho enlace. Se realiza la simulación correspondiente del radioenlace principal para comprobar los cálculos obtenidos. Por lo tanto, el proyecto está conformado por cuatro capítulos que se describen de la siguiente manera:

- En el primer capítulo, se presenta una descripción básica de los fundamentos teóricos necesarios para entender de forma general un radioenlace, así mismo, de forma general se presenta una descripción del estándar utilizado para soportar los enlaces de largo alcance.
- En el segundo capítulo se realiza un presupuesto de enlace y mediante software se determina los mejores puntos geográficos para la colocación de las torres de telecomunicaciones donde van ubicados los equipos que brindan la cobertura necesaria para cubrir el sector. Para finalizar el segundo capítulo se revisa de forma general la documentación necesaria para obtener los permisos para el funcionamiento de un WISP.
- En el tercer capítulo, se comenta los resultados que se obtiene al realizar las comparaciones de los cálculos obtenidos en el presupuesto de enlace con respecto a la simulación hecha en diferentes softwares.
- Finalmente, se incluye y se da algunas recomendaciones, que se las presenta en el cuarto capítulo.

PALABRAS CLAVE: ISP inalámbrico, IEEE 802.11ac, Radio Enlace.

ABSTRACT

The creation of a wireless ISP (WISP) for the Tsáchilas El Poste and El Cóngoma communities will provide easy access to tele-education, telework, telecommerce, telehealth, among others. Thus reducing the technological barriers that exist in the sector due to its difficult access, since the Internet has become a priority for people. This Degree Work provides the necessary guidelines for a Radio Frequency link over long distances, using the IEEE 802.11ac standard, the provisions of the regulatory entities to carry out said link are reviewed. The corresponding simulation of the main radio link is carried out to verify the calculations obtained. Therefore, the project has four chapters such as:

- In the first chapter, a basic description of the theoretical foundations necessary to understand a radio link in a general way is presented, likewise, in a general way a description of the standard used to support long-range links is presented.
- In the second chapter, a link budget is made and by means of software the best geographical points for the placement of the telecommunications towers are determined, where the equipment that provides the necessary coverage to cover the sector is located. To end the second chapter, the documentation necessary to obtain permits for the operation of a WISP is reviewed in a general way.
- In the third chapter, there are the results obtained from the link budget calculations and the simulation made in different software.
- Finally, some recommendations are included and given, which are presented in the fourth chapter.

KEYWORDS: Wireless ISP, IEEE802.11 ac, Radio Frequency

1 INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de Titulación, propone el estudio de factibilidad y diseño de un WISP utilizando el estándar IEEE 802.11ac para proveer servicios de internet a las zonas rurales de difícil acceso que beneficia a las comunidades Tsáchilas El Cóngoma y El Poste. Así mismo se indica los formatos técnicos de forma general solicitados por la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), que son necesarios para obtener el Título Habilitante que permite la prestación de servicios.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo general de este Proyecto Técnico es: Estudiar la Factibilidad y diseñar un ISP Inalámbrico (WISP) en la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, para brindar el servicio de Internet a las comunidades Tsáchilas el Poste y el Cóngoma.

Los objetivos específicos del Proyecto Técnico son:

- Estudiar el estándar IEEE 802.11ac, para redes Backhaul.
- Estudiar la factibilidad para el diseño de un ISP Inalámbrico (WISP) en la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Diseñar un ISP Inalámbrico (WISP) para la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, lo cual servirá para brindar el servicio de Internet a las Comunidades Tsáchilas el Poste y el Cóngoma.
- Realizar la simulación del enlace principal.

1.2 ALCANCE

El presente Trabajo de Titulación, pretende realizar el estudio de factibilidad y además el diseño de un ISP Inalámbrico (WISP). También, incluye la base legal y técnica, en cuanto se revisa la documentación necesaria para la implementación de un WISP.

En primer lugar, la factibilidad técnica tiene presente el diseño de la red Wi-Fi de largo alcance para las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma; esto implica la red troncal inalámbrica que está conectada por medio de un enlace punto a punto (PtP) desde Santo Domingo de los Colorados hasta la comunidad Tsáchila El Poste, además, el enlace PtP desde la Comunidad Tsáchila El Poste hasta la Comunidad Tsáchila El Cóngoma. Por otra parte, se determina los puntos estratégicos para la ubicación de las radios, especificaciones de los equipos, además, se toma en consideración factores climáticos de la zona, condiciones geofísicas y tipo de vegetación, para interconectar los puntos ubicados en las zonas rurales.

Finalmente, la factibilidad legal define la banda de frecuencia que se usa para la operación del sistema, el presupuesto de cada uno de sus enlaces; en consecuencia, se hace un estudio del marco regulatorio correspondiente.

En este trabajo de Titulación se utiliza software de distintos fabricantes como MikroTik, Ubiquiti y Mimosa Network estos permiten predecir la cobertura tanto de la radio base, así mismo, permite conocer si existe línea de vista de los enlaces principales y que sus zonas de Fresnel estén despejadas.

No se cuenta con producto final demostrable, se presenta la simulación de los radioenlaces.

1.3 MARCO TEÓRICO

Este apartado describe los conceptos básicos para entender cómo funciona un ISP Inalámbrico, redes inalámbricas con sus topologías y modos de operación, radio frecuencia y los parámetros que pueden intervenir en un radioenlace. También incluye las principales mejoras que tiene el estándar IEEE 802.11ac que hacen que este estándar sea más eficiente.

1.4 DEFINICIÓN DE UN WISP (WIRELESS INTERNET SERVICE PROVIDER)

Un Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico (ISP Inalámbrico), es una organización que ofrecen servicio de internet vía inalámbrica a sus usuarios residenciales o comerciales. Los WISP utilizan un enlace de radio para conectarse con sus clientes, es una opción atractiva para zonas rurales, donde el despliegue del cableado es costoso. En los últimos años el estar siempre conectado se ha vuelto una necesidad, los comportamientos habituales de trabajo en red ha demostrado que las redes convencionales no satisfacen las exigencias de los usuarios, cada vez son más las tareas planteadas por el estilo de vida habitual. Los WISP compiten entre sí por brindar el mejor servicio y a la vez cooperan para ofrecer una conectividad global hacia los servicios de internet. No obstante, torres conformadas por una estructura metálica de gran tamaño son utilizadas para albergar equipos que permiten la comunicación entre el WISP y los clientes [1] [2] [3].

1.5 REDES INALÁMBRICAS

El termino red inalámbrica (Wireless Network) son redes que, sin necesidad de utilizar cables, aprovechan el medio del espacio libre para radiar ondas electromagnéticas y conectar los dispositivos de una red [4].

Estas redes funcionan con tecnología de radiofrecuencia (RF), trabajan a una frecuencia determinada dentro del espectro electromagnético. Por lo tanto, cuando se suministra una corriente a una antena, esta es capaz de generar un campo electromagnético que se expande por el espacio. Su función principal es proporcionar conectividad y acceso a internet utilizando medios no guiados [5].

Sin embargo, estas tecnologías inalámbricas se ajustan a los requerimientos de los estándares de operación y ofrecen diferentes niveles de seguridad. De esta forma se tiene que entre sus principales ventajas está la interoperabilidad y la producción en masa de los productos de varios proveedores. Para este Trabajo de Titulación, la discusión de los estándares inalámbricos se limita al estándar IEEE 802.11ac.

1.5.1 TOPOLOGÍA DE REDES INALÁMBRICAS

La topología de una red está representada por la interconexión de un conjunto de nodos, esto indica que, se puede tener dos topologías, la una representa la topología física y la otra sería la topología lógica.

En cuanto a topología física, se tiene que es la configuración y conexión ya sea de cables, antenas, computadoras y otros dispositivos de red, mientras que, si se refiere a topología lógica, esto no hace referencia a como están conectados los cables, sino que, se refiere a un nivel más abstracto, que considera el método y flujo de la información transmitida entre los nodos involucrados [6].

1.5.1.1 Topología en estrella

Un concentrador central es el encargado del control de la comunicación, todos los datos pasan a través de este antes de llegar a cualquier nodo que se conecte directamente al concentrador central, pero tiene dos desafíos importantes el concentrador central es un solo punto de falla, si el concentrador deja de existir toda la red no podrá comunicarse en absoluto, también depende de que los dispositivos estén a cierta distancia del concentrador [6].

1.5.1.2 Topología en malla

Para este tipo de topología se tiene que puede clasificarse en topología de malla completa y topología de malla parcial. Para el primer caso indica que cada nodo esté conectado directamente con los demás nodos de la red, esta topología nos proporciona redundancia, si un enlace falla se tiene más enlaces que permiten la comunicación. La topología en malla parcial implica que un nodo esté conectado con uno varios nodos de la red, esto indica que el número de enlaces redundantes se reduce [6].

1.5.1.3 Topología en árbol

Topología que surge de la combinación de la topología en estrella y tipo bus, en definitiva, la conexión en estrella es de los nodos y los concentradores usan una conexión tipo bus entre ellos [6].

1.5.2 MODOS DE OPERACIÓN DE REDES INALÁMBRICAS

En redes inalámbricas se definen dos modos de operación, para el estándar 802.11:

1. Ad hoc
2. Infraestructura

Es importante comprender que la configuración de la tarjeta inalámbrica puede ser vista como un modo, generalmente los modos no se ven representados por la topología, por ejemplo, en un enlace PtP puede estar configurado en cualquiera de los modos ya sea este modo de infraestructura o modo Ad Hoc, es decir nos podríamos imaginar una red en estrella construida por conexiones Ad Hoc [6].

1.5.2.1 Modo ad hoc (IBSS: Independent Basic Service Set)

En este modo los dispositivos se comunican directamente, es decir carece de un concentrador principal, es por eso que este modo es el más básico de configurar en el estándar IEEE 802.11, la información que se transmite desde el emisor al receptor pasa directamente y no hay un dispositivo intermedio que se interponga, este modo actúa como una red PtP entre un conjunto de dispositivos inalámbricos [4] [6].

1.5.2.2 Modo Infraestructura

También conocido como modo maestro-cliente, los clientes deben conectarse a un concentrador o Punto de Acceso (AP) que es el encargado de transmitir y recibir los datos de los dispositivos dentro de una misma red, la interfaz del concentrador se encarga de crear una red y el nombre es identificado como SSID (Service Set Identifier) y selecciona un canal de operación, por lo tanto, el cliente realiza un escaneo para conocer que canal y que SSID tiene la red inalámbrica.

Para el despliegue de la red, aumentar su área de cobertura y el número de clientes, se debe conectar múltiples AP en zonas específicas, esto significa que para este modo está permitido implementar múltiples AP. En definitiva, este modo la red es más escalable y permite mayor movilidad [4] [6].

1.6 ANTENAS

Transductor utilizado para convertir la energía eléctrica en ondas electromagnéticas y viceversa, las antenas pueden transmitir o recibir señales electromagnéticas que viajan a través de un medio no guiado. De esta manera, tiene un rol importante en el funcionamiento de todos los equipos de radio que se utilizan para formar la red, su uso puede ser en redes inalámbricas de área local, comunicaciones por satélite, comunicaciones de telefonía móvil. Sin embargo, pueden presentarse en diferentes formas geométricas y tamaños, también pueden ser construidas de diferentes materiales [7].

1.6.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ANTENAS SEGÚN PATRÓN DE RADIACIÓN

El patrón de radiación representa las propiedades de radiación de la antena, es de gran ayuda ya que permiten entender el comportamiento de la antena, además su representación tridimensional es en función de la potencia radiada. Sin embargo, por su patrón de radiación las antenas se clasifican en: antenas omnidireccionales, antenas direccionales y antenas sectoriales.

1.6.1.1 Antenas Omnidireccionales

Es la forma uniforme de radiación que realiza la antena, es decir las ondas de radio se dispersan de igual manera en todas las direcciones. Sin embargo, son solo direccionales en un plano, ya que las señales radiadas disminuyen con el ángulo de elevación por encima o por debajo del plano, cayendo a cero en el eje de la antena [5].

1.6.1.2 Antenas Direccionales

Antena que concentra su potencia radiada en un ángulo específico. De manera que recibe o envía señales de forma más efectiva en una dirección particular. Mayormente usadas para enlaces de larga distancia con un ángulo de radiación menor a 70 grados [5].

1.6.1.3 Antenas Sectoriales

Antena que irradia su potencia en un sector determinado, poseen un ángulo de irradiación mayor que las antenas direccionales entre 70° y 120° en polarización horizontal, mayormente usadas para enlaces multipunto [5].

1.7 TIPOS DE ENLACES INALÁMBRICOS

Se definen dos tipos de enlaces: enlaces point-to-point (PtP) y enlaces point-to-multipoint (PtMP). Los puntos de acceso PtP y PtMP hacen que el establecimiento de un puente inalámbrico sea una tarea sencilla. Su implementación es muy simple y se adapta a los

cambios. Sin embargo, se debe considerar que para conectar los nodos finales debe existir una línea de vista libre, sin obstáculos ni interrupciones de montañas, árboles o edificios.

Si bien los dos enlaces sirven para interconectar dispositivos inalámbricos, una de sus diferencias radica en el número de dispositivos que intervienen en la conexión, por ejemplo, en un enlace PtP solo intervienen dos dispositivos conectados directamente por un enlace inalámbrico, a diferencia de un enlace PtMP en el que interviene un remitente y varios receptores [8].

1.7.1 ENLACES PUNTO-PUNTO

Es una forma de comunicación que proporciona una ruta directa de un punto fijo a otro. Consta de dos nodos finales conectados de forma segura por un enlace dedicado de radiofrecuencia [9].

1.7.2 ENLACES PUNTO-MULTIPUNTO

Por otra parte, los enlaces Punto-Multipunto se utilizan cuando se requiere conectar más de dos dispositivos, usuarios finales o nodos finales. Hay una central base a la que los nodos finales del cliente se conectan a través de medio inalámbrico. Por lo general, en el nodo central se usa antenas omnidireccionales o sectoriales. Sin embargo, para conectar varios dispositivos estos pueden compartir un mismo enlace inalámbrico, por lo tanto, la capacidad del canal es compartida por cada dispositivo que se conecte al nodo central de manera temporal. De esta forma se alcanzaría una mayor área de cobertura que estaría dada por la antena de la estación base [9].

1.8 RADIO FRECUENCIA (RF)

Un transmisor genera una señal eléctrica, esta a su vez pasa por un transductor para luego ser radiada por una antena en forma de onda electromagnética. De esta forma una señal electromagnética de radio frecuencia se irradia en un patrón continuo desde la antena [5].

Si bien el rango de frecuencias del espectro electromagnético es bien amplio en la Figura 1.1 se presenta parte de este rango de frecuencias. Un segmento más pequeño del espectro de radio a menudo se le llama banda. Debido a que dos señales usan la misma frecuencia a menudo pueden interferir entre sí. Sin embargo, Los entes reguladores gubernamentales y las agencias internacionales, han reservado ciertas frecuencias para tipos específicos de modulación y emiten licencias exclusivas para ciertas aplicaciones.

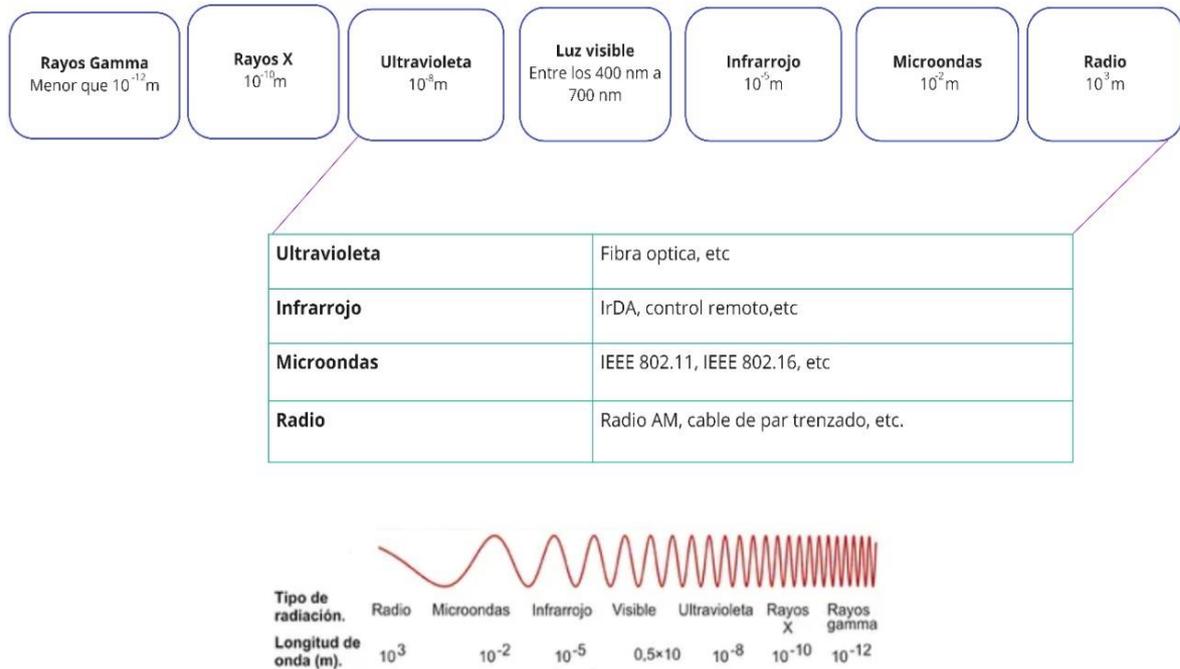


Figura 1.1 Espectro electromagnético [9].

Por ejemplo, la mayoría de las redes WiFi operan en una banda de frecuencias de 2,4 GHz que han sido reservados para brindar este servicio. Sin embargo, también se ha reservado otra banda de frecuencia para operar sin licencia, esta va alrededor de los 5 GHz.

1.8.1 GANANCIA

Esta propiedad define la capacidad que la antena para irradiar más o menos la señal en cualquier dirección en comparación con una antena teórica. Si una antena pudiera construirse como una esfera perfecta, irradiaría igualmente en todas las direcciones. Una antena de este tipo se denomina teóricamente antena isotrópica y, de hecho, no existe. Sin embargo, su modelo matemático se utiliza como estándar de comparación para la ganancia de una antena real. Las antenas omnidireccionales suelen irradiar con una ganancia de 2.1 dB sobre una antena isotrópica. además, la ganancia se mide en dBi (decibeles Isotrópico), por otra parte, una desventaja que tienen las antenas al ser de alta ganancia, es que pueden ser muy sensibles a los desplazamientos de posición inadecuado debido a las condiciones del viento [10].

1.8.2 PÉRDIDAS

Describe la atenuación de la amplitud de la señal, muchas causas pueden atenuar la señal, tanto mientras la señal se encuentra en el cable como una señal eléctrica de CA de alta frecuencia como cuando la señal se propaga como ondas de radio a través del aire por la antena. La resistencia de los cables y conectores provocan pérdidas debido a la conversión

de la señal de CA en calor. Cuando existe desacoplamiento de impedancias en los cables y conectores pueden hacer que la energía se refleje hacia la fuente, como consecuencia la señal se atenúa. Por otro lado, cuando la señal se irradia en el aire a través de la antena, esta puede ser afectada y puede llegar a atenuarse debido a causas externas como; la absorción producida por el medio, la distancia o posiblemente por factores negativos del multitrayecto. En términos generales, cuando la señal pasa por diferentes medios, esta se ve afectada y es absorbida, por lo tanto, se produce una pérdida de amplitud. Sin embargo, aunque el término pérdida puede tener una connotación negativa, la atenuación no siempre es indeseable. Las características de atenuación de las señales pueden resultar útiles, por ejemplo, cuando la amplitud de la señal excede del valor necesitado, se tiende a instalar atenuadores para reducir la amplitud de señal [5].

1.8.3 REFLEXIÓN

Las señales se reflejan cuando tienen contacto con diferentes superficies lisas, las principales fuentes de reflexión son las superficies metálicas y fuentes de agua. Por esta razón, las señales pueden reflejarse en objetos grandes como; edificios, estructuras de hormigón, carreteras o incluso en la superficie terrestre. Las señales también se reflejan en objetos pequeños como: puertas, espejo, paredes, archivadores, etc. Cualquier cosa de metal causa una reflexión. Como se puede observar en la Figura 1.2.

El ángulo de la señal reflejada es el mismo ángulo de las señales incidentes. Sin embargo, las señales reflejadas suelen ser más débiles después de la reflexión, esto se debe a que parte de la energía de RF suele ser absorbida por el material reflectante.

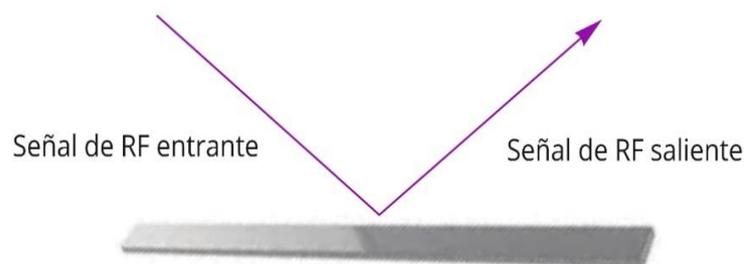


Figura 1.2 Reflexión de una onda en una superficie [9].

1.8.4 DISPERSIÓN

La dispersión ocurre cuando una señal de RF choca con una superficie irregular creando múltiples reflejos de la señal, menos significativas que la señal original, tal como se indica

en la Figura 1.3. La señal puede dispersarse de manera significativa cuando, se encuentra con materiales como: terrenos rocosos, lluvia, polvo, arboles, mallas metálicas, eslabones de cadenas, etc. También se produce dispersión, pero en menor cantidad cuando la señal de RF atraviesa la superficie irregular.



Figura 1.3 Dispersión de una señal en una superficie irregular [5].

1.8.5 REFRACCIÓN

La refracción ocurre cuando una señal de RF cambia de velocidad y se dobla mientras atraviesa medios de diferentes densidades, parte de la onda se reflejará alejándose de la ruta de la señal prevista y otra parte se desviará a través del medio en otra dirección. La refracción de la señal de RF suele ser el resultado de un cambio en las condiciones atmosféricas. De manera que, las causas más comunes de refracción incluyen cambios de temperatura, cambios en la presión atmosférica o la existencia de vapor de agua. La refracción puede convertirse en un problema para los enlaces de RF de larga distancia [5].

1.8.6 DIFRACCIÓN

Al chocar la señal de RF con el borde de un objeto, este puede causar que la dirección de la señal cambie, la señal se difracta a medida que viaja alrededor del obstáculo. La difracción ocurre porque la señal de RF se ralentiza cuando encuentra un obstáculo y esto hace que el frente de onda cambie de dirección. No debe confundirse difracción con refracción, ya que su diferencia radica en que, en la refracción la señal pasa a través del medio en cambio en la difracción es la curvatura de una señal alrededor de un objeto [5].

1.8.7 LÍNEA DE VISTA

Línea de vista es la ruta limpia sin obstáculos que debe haber de un extremo a otro entre las antenas transmisora y receptora. Si se desea realizar un enlace PtP lo primero que se

debe garantizar es que exista una ruta directa, sin embargo, esto no es suficiente. Ya que, debido a la posibilidad de que exista refracción, reflexión y difracción de la señal puede que la comunicación no funcione correctamente. Además, alrededor de la línea de vista se debe garantizar que exista un área libre de obstáculos y obstrucciones. Esta área o zona que está alrededor de la línea de vista es llamada zona de Fresnel [9].

1.8.8 ZONA DE FRESNEL

En un enlace inalámbrico entre dos antenas que tiene línea de vista directa, el área que envuelve esta línea de vista se la conoce como zona de Fresnel, además tiene la forma de un elipsoide-concéntrico, como se puede apreciar en la Figura 1.4, la línea de vista está rodeada por un área teóricamente infinito pero la mayor parte de energía está concentrada en la primera zona de Fresnel, la siguiente área tiene menor cantidad de energía concentrada y se la conoce como segunda zona de Fresnel y así sucesivamente [9].

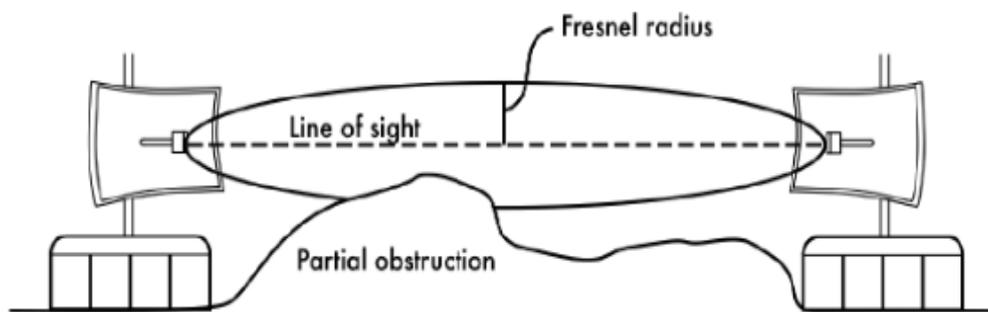


Figura 1.4 Zona de Fresnel [11].

1.9 ESTÁNDAR IEEE 802.11

Dado que Wi-Fi (Wireless Fidelity) se usa para nombrar e identificar a ciertas redes inalámbricas, es necesario tener en claro que Wi-Fi es solo una marca comercial de la organización Wi-Fi Alliance, sin embargo, el uso de este ha llevado a la confusión que se trate del estándar 802.11, que es aquel que define las características de una WLAN con el nombre de la certificación [12].

Concretamente IEEE 802.11 define estándares relacionados con Redes de Área Local (LAN) y Redes de Área Metropolitana (MAN), estos estándares han sido desarrollados por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos por sus siglas en inglés (IEEE).

IEEE define específicamente las tecnologías 802.11 en las 2 primeras capas del modelo de referencia OSI, estas son la capa física y la capa de enlace de datos. Sin embargo, este

estándar no aborda las capas superiores del modelo OSI. La capa de enlace de datos se divide en dos subcapas, por un lado, se tiene la subcapa Control de Enlace Lógico (LLC), que es la misma para todas las redes basadas en 802, y la subcapa Control de Acceso al Medio (MAC), que es la misma para todas las redes IEEE 802.11.

PHY (Physical) es la abreviatura para la primera capa del modelo OSI en español la capa Física. Para proporcionar diferentes tecnologías físicas en IEEE 802.11, la capa PHY se divide en dos subcapas denominadas Dependiente del Medio Físico (PMD), que corresponde al medio físico a utilizarse, específicamente con el conjunto de especificaciones de cada sistema de transmisión. Además, la segunda subcapa es protocolo de convergencia de la capa física (PLCP). El protocolo de convergencia de la capa física (PLCP, por Physical Layer Convergence Procedure) es responsable de abstraer el PMD de los protocolos de la capa de enlace de datos, se podría decir que actúa como traductor o coordinador entre el medio físico real (PMD) y los procesos MAC. Las funciones de la capa física es encargarse de la modulación, señalización, aspectos de transmisión de datos, codificación y decodificación.

1.9.1 IEEE 802.11ac

Si bien la evolución constante del estándar IEEE 802.11 ha permitido que en diciembre de 2012 se lance el estándar IEEE 802.11ac, que vendría a ser una mejora de su predecesor IEEE 802.11n que se viene usando en muchas redes inalámbricas [13].

Actualmente el constante crecimiento de la demanda de redes WLAN ha causado que la banda de frecuencia de los 2,4 GHz y añadiendo a esto las interferencias provocadas por muchos aparatos electrónicos de uso domésticos ha generado que las redes WiFi se saturen. Sin embargo el estándar IEEE 802.11ac implementa mejoras notables en aumento de velocidad de transmisión, superando la velocidad pico de 600 Mbps ofrecida por IEEE 802.11n, cabe destacar que para llegar a velocidades teóricas de hasta 1,3 Gbps el estándar IEEE 802.11ac ha tenido que incorporar múltiples antenas para tener como resultado estas velocidades, esto significa que además de todo esto el estándar ha tenido que operar en otra banda de frecuencia que se encuentre menos saturada, este estándar opera en la banda de los 5 GHz, y además incorpora técnicas de gestión inteligente de la señal como Beamforming y MU-MIMO, que optimizan la cobertura y la comunicación con cada dispositivo.

A continuación, se indica cuatro de las mejoras principales que tiene el estándar.

- Ofrece nuevos tamaños de canales más anchos. Los canales más amplios brindan un mayor rendimiento, 802.11ac permite que se opere con anchos de canal de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz y 160 MHz [5].
- Brinda la capacidad de usar modulación 256-QAM, que puede proporcionar al menos un 30% de aumento en la velocidad con respecto a los métodos de modulación anteriores, en resultado de transmitir 6 bits en cada subportadora en el canal ahora puede transmitir 8 bits [5].
- Mientras que 802.11n definía el uso de radios MIMO de un solo usuario, con 802.11ac un punto de acceso con capacidad MU-MIMO puede transferir una señal a múltiples estaciones cliente en el mismo canal simultáneamente, esto si las estaciones cliente admiten MU-MIMO. Al permitir que se usen varias antenas, divide los datos a transmitir en fragmentos, esto significa que los datos pueden ser enviados de forma simultánea utilizando múltiples antenas. Luego, en el lado del cliente, el paquete se arma y se estructura en su forma original, lo que optimiza la transferencia.
- Beamforming mejorado, donde el router determina el mejor camino a un cliente y ajusta la señal en esa dirección, por ende, este modo de emisión es mucho más eficiente.

1.9.2 CANALES DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11AC

Es importante destacar que en Ecuador la ARCOTEL es quien regula el uso del espectro de radiofrecuencia, desde la perspectiva del estándar IEEE802.11ac usa la banda de frecuencia de los 5 GHz y se encuentra entre los 5180 MHz y los 5825 MHz, además cada señal usa un canal que tiene una frecuencia central y el ancho del canal depende de la configuración con que se esté operando, en cuanto al uso de canales más anchos permite que se envíe más datos simultáneamente, sin embargo mientras más ancho sea el canal mayor será el nivel de ruido dentro del espectro [14].

IEEE 802.11ac cuenta con cuatro grupos de canales U-NII (Unlicensed National Information Infrastructure), de esta forma puede estar formado por 25 canales de 20 MHz, 12 canales de 40 MHz o también 6 canales de 80 MHz e incluso hasta 2 canales de 160 MHz, la Figura 1.5 representa los canales en la banda de los 5 GHz [15].

802.11ac Channel Allocation (N America)

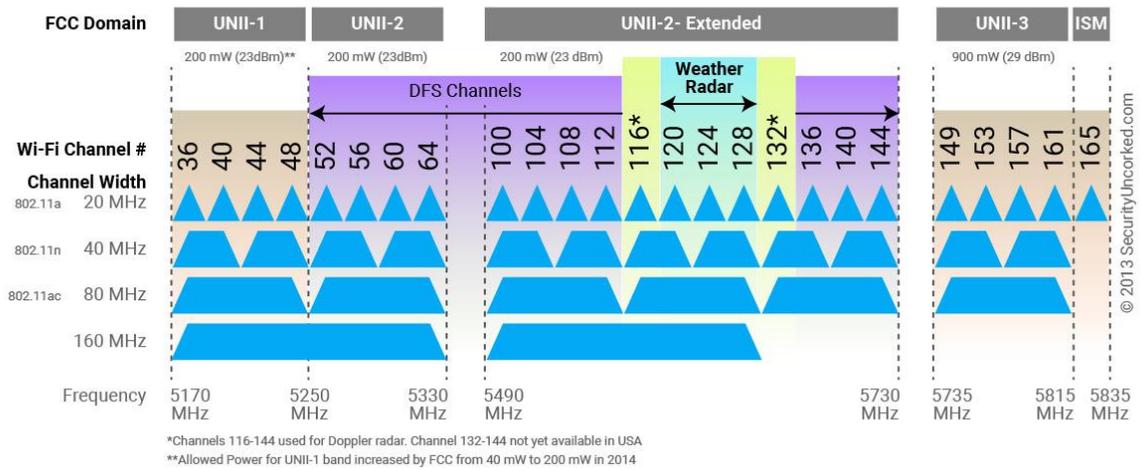


Figura 1.5 Canales en la banda de 5 GHz [16].

2 METODOLOGÍA

En este Trabajo de Titulación, se realiza el diseño de la red Wi-Fi de largo alcance para las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma; esto implica la red troncal inalámbrica por medio de un enlace PtP desde el nodo central ubicado en Santo Domingo de los Colorados hasta la comunidad Tsáchila El Poste, además, el enlace PtP desde la Comunidad Tsáchila El Poste hasta la Comunidad Tsáchila El Cóngoma. También, se determina puntos estratégicos para la ubicación de las radios, especificaciones de los equipos, por otra parte, se toma en consideración factores climáticos de la zona, condiciones geográficas y tipo de vegetación, para interconectar los puntos ubicados en las zonas rurales. La Figura 2.1 representa de forma general los enlaces PtP entre el Santo Domingo y las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma.

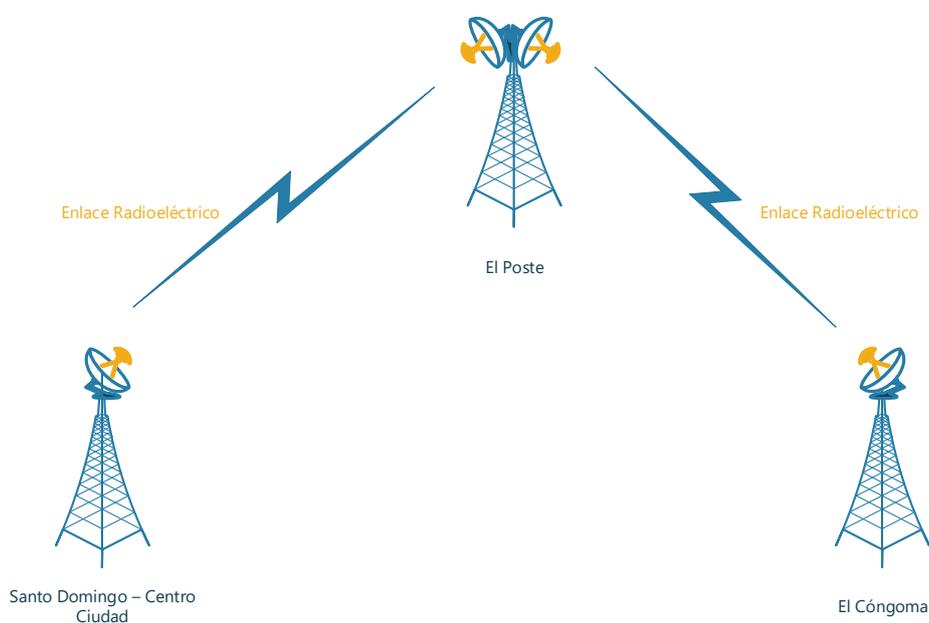


Figura 2.1 Representación de los enlaces PtP entre los sitios.

En el centro de Santo Domingo de los Colorados entre la calle Latacunga y Calle Machala se ubica el nodo central de la red, desde donde se despliega la Red Inalámbrica conformándose de un enlace troncal que llega hasta la comunidad Tsáchila el Poste donde se escoge un lugar adecuado que cumpla con los siguientes requerimientos:

- Ser un sitio de los más altos posibles
- Sin obstrucciones
- Cuente con terreno estable
- Fácil acceso en transporte terrestre

- Disponga de una fuente de energía eléctrica cercana

De igual manera para la torre ubicada en el Cóngoma, que permite crear el enlace troncal entre la comunidad Tsáchila El Poste y la comunidad Tsáchila El Cóngoma. De esta manera se tiene una mejor línea de vista y permite contar con una primera zona de Fresnel despejada libre de obstrucciones.

En la tabla 2.1 se detalla la ubicación de las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma, además la cantidad de habitantes que la conforman, también se especifica la cantidad de hectáreas que posee cada comunidad.

Tabla 2.1 Población comunidades Tsáchilas [17].

Sitio	Familias	Habitantes	Hectáreas	Ubicación
El Poste	75	280	1500	en la vía Quevedo Km. 4 1/2, más 6 Km. al respaldo
El Cóngoma	135	540	2100	en la vía Quevedo Km. 14

En conclusión, la red estará conformada por 3 nodos principales:

- Nodo Troncal ubicado en la calle Latacunga Y calle Machala, centro de la ciudad.
- Nodo Troncal ubicado en la comunidad Tsáchila El Poste.
- Nodo Troncal ubicado en la comunidad Tsáchila el Cóngoma.

Ha continuación se detallan algunos aspectos que hay que tomar en cuenta para realizar el diseño de una red:

- Realizar un estudio del lugar de implementación
- Alcance y limitaciones de los equipos a utilizarse
- Áreas de cobertura de la red
- Interferencias por otros operadores
- Ancho de banda requerido por los usuarios
- Entre otros aspectos regulatorios, reglamentos y normas en las cuales se sustenta el proyecto, que se detallará a continuación.

2.1 FACTIBILIDAD LEGAL

En este apartado del Trabajo de Titulación se presenta el procedimiento, documentos y formatos técnicos que se debe presentar en la ARCOTEL, que es quien realiza el otorgamiento del Título Habilitante que permite la operación y autoriza el uso de

frecuencias del espectro radioeléctrico, por lo tanto, para poder prestar servicios de Telecomunicaciones todos los documentos deben ser llenados por un ingeniero en Electrónica y/o Telecomunicaciones [18].

Según la resolución 15-16-ARCOTEL-2019 en el artículo 21 establece que el título habilitante es otorgado a quienes cumplen los términos y condiciones previstos en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, su reglamento general de aplicación; y, los requisitos técnicos, económicos y legales establecidos en el presente reglamento [19].

2.2 TÍTULO HABILITANTE

Es el documento jurídico otorgado por la ARCOTEL, que permite al solicitante prestar servicios de telecomunicaciones, así también para el uso o explotación del espectro radioeléctrico. El mismo cuyo límite de duración depende de los servicios que se desee prestar, este periodo de tiempo de duración del título habilitante ronda entre los 5 y 20 años [19].

2.2.1 REQUISITOS

La ARCOTEL solicita el Título Habilitante para quienes quieran prestar los siguientes servicios de telecomunicaciones [18]:

- Servicio Móvil Avanzado
- Servicio Móvil Avanzado a través de Operador Móvil Virtual (OMV)
- Servicio de Telefonía Fija
- Servicio Portador
- Transporte Internacional Modalidad Segmento Espacial
- Transporte Internacional Modalidad Cable Submarino
- Servicio de Telecomunicaciones Móviles por Satélite
- Servicio de Valor Agregado
- Servicio de Acceso a Internet
- Servicio Comunal
- Servicio Troncalizado

A continuación, se detallan algunos requisitos que se debe presentar ante la Dirección Ejecutiva para solicitar el Otorgamiento del Título Habilitante, esto está establecido por la ARCOTEL en el artículo 38 de la resolución 15-16-ARCOTEL-2019, por lo tanto, esto debe ser llenado tanto si el solicitante es una persona Natural o Jurídica [20].

1. Para empezar, se debe presentar una Solicitud General (FO-CTHB-12). Es la solicitud que permite realizar la petición del otorgamiento de Títulos Habilitantes para servicios del régimen general de Telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico, debe ser llenada por el representante legal y además debe ser dirigida a la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL [20]. Además, hay un instructivo (IT-CTHB-12) que facilita el llenado de la solicitud general [21].
2. Información personal del representante legal del solicitante: nombre, apellidos, números de cedula o pasaporte, hay que destacar que hay que presentar el porcentaje de acciones que tiene el representante legal si éste es de una persona jurídica [20].
3. Del mismo modo se tiene que presentar una declaración juramentada dependiendo del caso, si es de una persona natural o del representante legal de los socios si es una persona jurídica, donde se indique la desvinculación que se tenga con alguna empresa o grupo de empresas de servicios del régimen general de telecomunicaciones. No aplicable a empresas públicas, en el Anexo I se presenta algunos modelos [22].
4. Presentar en detalle el proyecto técnico que demuestre su viabilidad técnica, por lo tanto, para Infraestructuras inalámbricas se debe presentar los formularios descritos en la tabla 2.2

Tabla 2.2. Formularios Técnicos [23].

N°	Formato	Detalle del Formato
1	FO-DRE-01	Información de la estructura del sistema de Radiocomunicaciones
2	FO-DRE-02	Información de antenas
3	FO-DRE-03	Patrones de radiación de antenas
4	FO-DRE-04	Información de equipamiento
5	FO-DRE-06	Servicio fijo terrestre (enlaces radioeléctricos PtP)
6	FO-DRE-07	Perfil topográfico de los enlaces PtP

5. También se debe presentar un plan de sostenibilidad financiera, que incluya una proyección de ingresos de 5 años, por lo tanto, ARCOTEL proporciona una guía para el ingreso y presentación de los formularios requeridos, referentes al plan o estudio de sostenibilidad financiera para poder otorgar el título habilitante, así

mismo se han establecido los siguientes diez formularios presentados en la Tabla 2.3

Tabla 2.3. Formularios para Sostenibilidad Financiera [24].

N°	FORMULARIOS DE SOSTENIBILIDAD FINANCIERA	
	Nombre	Código
1	Información de Solicitante	FO-CTDS-58
2	Proyección de Remuneraciones	FO-CTDS-59
3	Estudio de Mercado	FO-CTDS-60
4	Competencia y Precios	FO-CTDS-61
5	Proyección de Ingresos	FO-CTDS-62
6	Proyección de Costos y Gastos	FO-CTDS-63
7	Plan de Inversión	FO-CTDS-64
8	Depreciaciones y Amortizaciones	FO-CTDS-65
9	Estado de Resultados	FO-CTDS-66
10	Flujo de Caja	FO-CTDS-67

- Presentar el formato FO-DRS-40, que detalla información relevante sobre mercado, competencia y plan de expansión de los prestadores de servicios de telecomunicaciones [25].

2.3 FACTIBILIDAD TÉCNICA

En este capítulo se presenta los cálculos teóricos del presupuesto de enlace y la simulación se realiza mediante software, que facilita la ubicación topográfica y también determina los parámetros de radioenlace.

Antes de realizar los cálculos de un enlace inalámbrico PtP, hay que tomar en cuenta factores de logística, que los lugares donde se vaya a ubicar las torres de telecomunicaciones dispongan de servicio público de electricidad, fácil acceso, seguridad y además sea libre de obstáculos.

Después de considerar lo expuesto anteriormente, en la tabla 2.4 se detalla los sitios escogidos:

Tabla 2.4. Ubicación de los sitios.

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud m.s.n.m (metros sobre nivel del mar)
Santo Domingo de los Colorados	-0,2529918	-79,1707476	558,1
Comunidad Tsáchila El poste	-0,2729396	-79,2823296	381,4
Comunidad Tsáchila El Cóngoma	-0,3409805	-79,2922736	405

La Figura 2.2 muestra los puntos que se ha seleccionado para ubicar los nodos, para este caso se realiza el uso de la herramienta Google Earth, además se puede determinar las distancias que hay entre los puntos a enlazar.

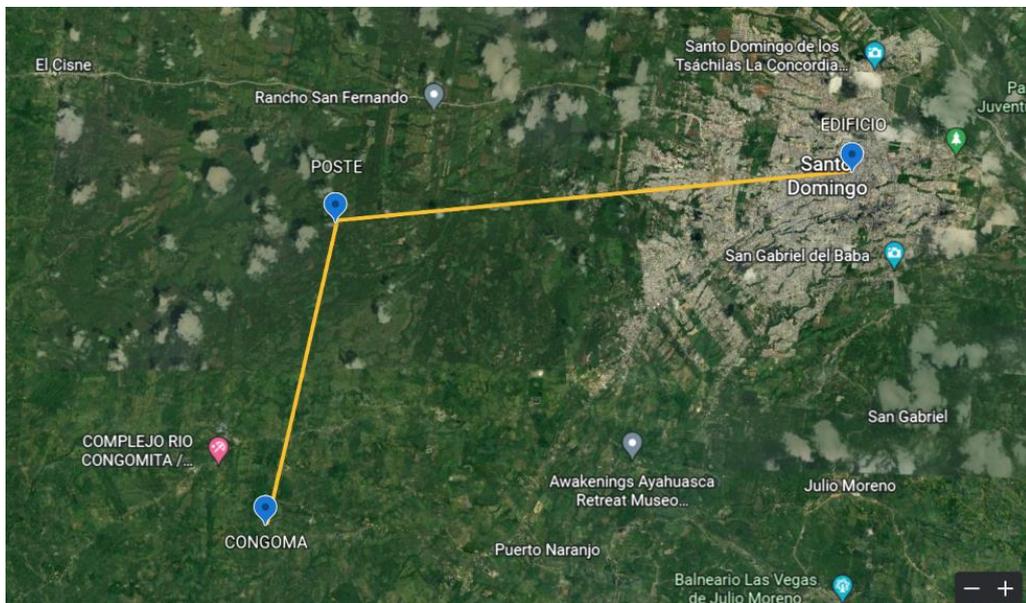


Figura 2.2 Ubicación de los sitios escogidos.

En la tabla 2.5 se indica las distancias que hay entre sitios escogidos.

Tabla 2.5 Distancias entre puntos escogidos

NODO	DISTANCIA [km]
Centro de la ciudad – El Poste	12.62
El Poste – El Cóngoma	7.6

2.3.1 ALTURA DE LA ANTENA

Uno de los puntos importantes en los radioenlaces es conocer a que altura se debe colocar las antenas, para ello se considera los siguientes factores: el radio en metros de la primera zona de Fresnel, también la altura de los obstáculos más relevantes, la altura de corrección

por curvatura de la tierra cuando la distancia del enlace es superior a 10 km, y la altura de la vegetación del sector, como se indica en la Figura 2.3.

Entonces:

$$h_{antena} = h_{obstáculo} + r_{fresnel} + h_{curvatura} \quad (1)$$

Donde:

h_{antena} : altura real desde la superficie de la tierra hasta la antena (m)

$h_{obstaculo}$: altura del obstáculo más relevante (m)

$r_{fresnel}$: radio de la zona de Fresnel (m)

$h_{curvatura}$: corrección de altura por la curvatura (m)

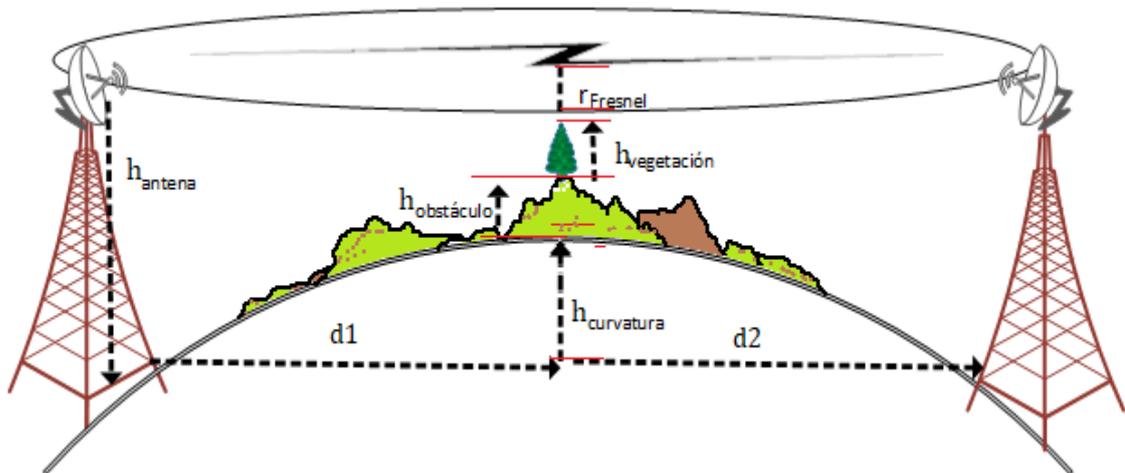


Figura 2.3. Altura real de la antena [26].

Cálculo de la altura del obstáculo más significativo:

Con la ayuda del software Ubiquiti Air link se puede determinar cuáles son los objetos que hay que evitar en el trayecto del radioenlace y a que distancia se encuentra de las antenas, se observa un obstáculo de aproximadamente de unos 505m (s.n.m) de alto (punto C) ubicado a 4.57 km del nodo que se colocaría en el centro de la ciudad, así mismo se tiene un obstáculo a una distancia de 7.48 km desde la antena del centro de la ciudad y tiene una altura de 458m (punto D), como se indica en la Figura 2.4, hay que tener en cuenta que Santo Domingo de los Colorados está representado por el Punto A y la comunidad Tsáchila El Poste por el punto B.

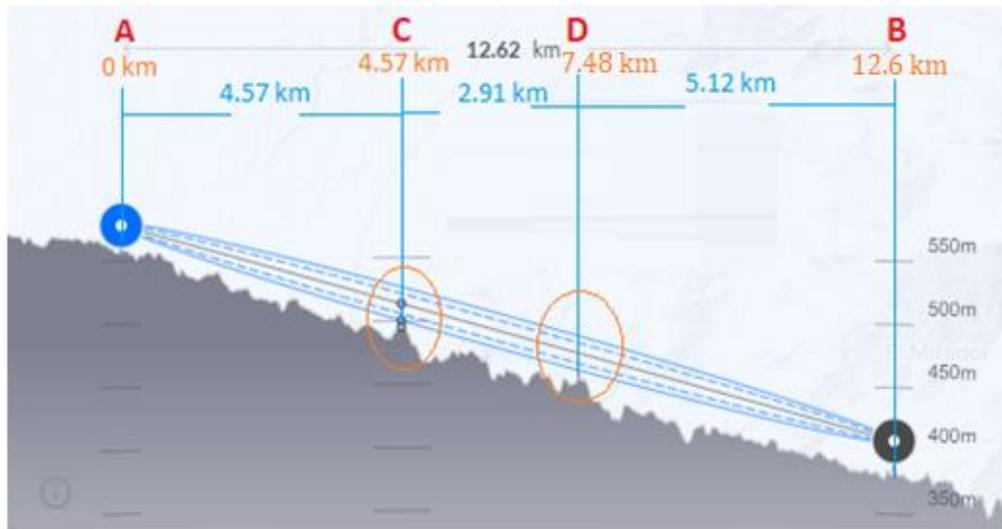


Figura 2.4. Representación de los obstáculos más significativos en el enlace Santo Domingo de los Colorados – El Poste.

Es muy probable encontrar en la vegetación un árbol característico del sector, como se indica en la Figura 2.5, el Pambil (Chonta, palmera originaria de los trópicos de América) su altura está entre los 20-25 m [27].

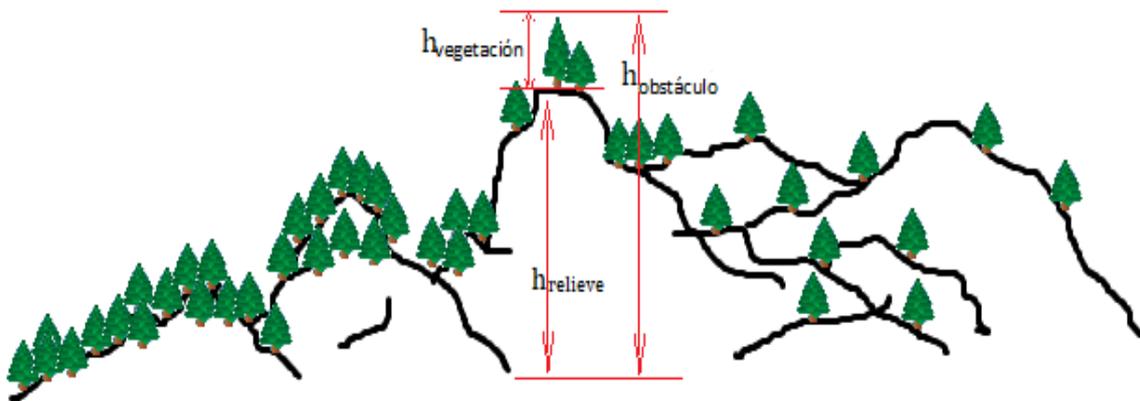


Figura 2.5 Altura de los obstáculos.

Entonces la altura del obstáculo sería:

$$h_{obstaculo} = h_o + h_{vegetación} \quad (2)$$

Donde:

h_o : Altura del relieve más significativa (m)

$h_{vegetación}$: altura vegetación del sector (m)

Cálculo de la zona de Fresnel [28]

Es muy importante que exista una línea de vista directa entre el transmisor y el receptor, para establecer la zona de Fresnel, debe existir una línea imaginaria libre y sin obstrucciones [29].

$$r_{fresnel} = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{f * d}} \quad (3)$$

Donde:

r_f : radio del primer elipsoide de Fresnel

d_1 y d_2 : distancia (km) entre nodos y la obstrucción más significativa en el enlace.

f : frecuencia 5.785 GHz

d : longitud del trayecto

Cálculo de corrección de altura por curvatura de la tierra

Hay que tener en cuenta que la altura real de un objeto es aquella donde se toma en cuenta la curvatura de la tierra, pero solo se considera en los cálculos cuando las distancias superan los 10 km, por esta razón en el enlace radioeléctrico entre Santo Domingo de los Colorados y la comunidad Tsáchilas el Poste, se toma en cuenta ya que existe una distancia de 12.6 km, por lo que hay que considerar un factor de corrección de altura por curvatura de la tierra ($k=4/3$), esto ayuda a aumentar la altura efectiva de los obstáculos [30].

En definitiva, para tener la altura efectiva de un obstáculo de debe realizar y tomar en cuenta el cálculo del factor de corrección de altura:

$$h_{curvatura} = \frac{d_1 * d_2}{2 k a} \quad (4)$$

Donde:

d_1 y d_2 : distancias del obstáculo entre ambos extremos del radioenlace

k : constante de tierra ficticia $k = 4/3$

a : radio de la tierra 6375 km [29]

Para determinar la altura de las antenas se utiliza como guía algunos teoremas de la geometría de triángulos en este caso se utiliza la semejanza de triángulos (ver Figura 2.6) [29] [31].

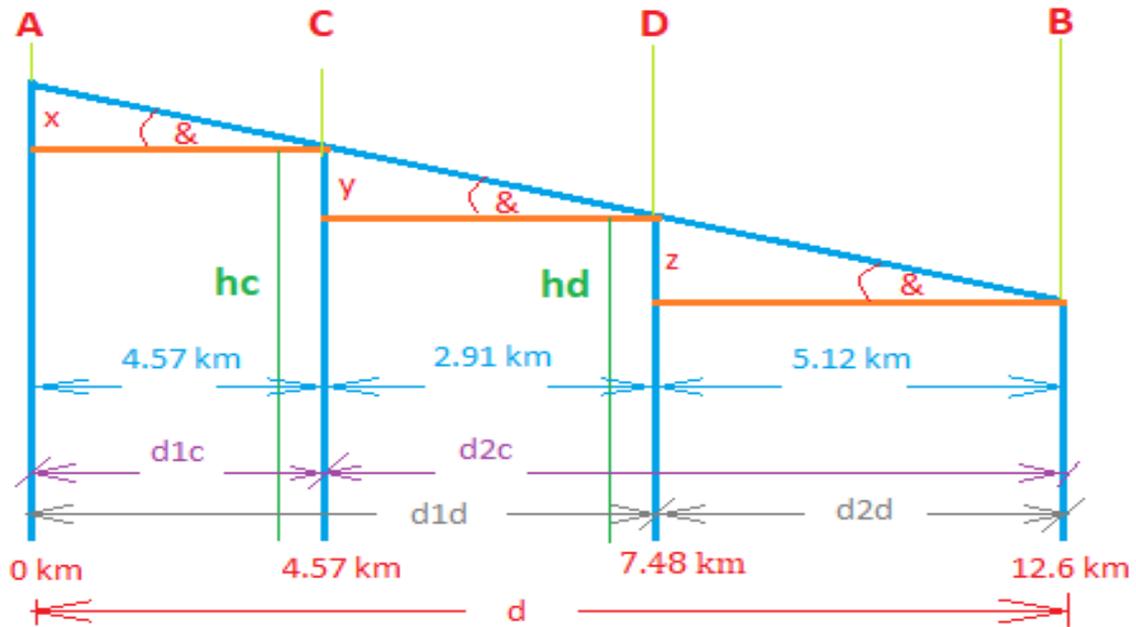


Figura 2.6 Representación geométrica enlace Santo Domingo – EL Poste.

Entonces, para hallar la altura en el punto C tenemos:

$$h_c = h_{curvatura\ c} + h_{obstaculo\ c} + r_{fc}$$

$$h_c = \frac{d_{1c} * d_{2c}}{2 * k * a} + h_{relieve\ c} + h_{vegetación\ c} + 17.3 \sqrt{\frac{d_{1c} * d_{2c}}{d * f}}$$

$$h_c = \frac{4.57 * 8.03}{2 * \frac{4}{3} * 6375} + 490 + 30 + 17.3 \sqrt{\frac{4.57 * 8.03}{12.62 * 5.785}}$$

$$h_c = 532.27\ m$$

$$h_D = h_{curvatura\ D} + h_{obstaculo\ D} + r_{fD}$$

$$h_D = \frac{d_{1D} * d_{2D}}{2 * k * a} + h_{relieve\ D} + h_{vegetación\ D} + 17.3 \sqrt{\frac{d_{1D} * d_{2D}}{d * f}}$$

$$h_D = \frac{7.48 * 5.12}{2 * \frac{4}{3} * 6375} + 440 + 30 + 17.3 \sqrt{\frac{7.48 * 5.12}{12.62 * 5785}}$$

$$h_D = 482.54 \text{ m}$$

$$y = h_c - h_D$$

$$y = 532.27 - 482.54$$

$$y = 49.73 \text{ m}$$

$$\tan \theta = \frac{x}{4.57} = \frac{y}{2.91} = \frac{z}{5.12}$$

$$x = \frac{4.57 * y}{2.91} = 78.09 \text{ m}$$

$$z = \frac{y * 5.12}{2.91} = 87.4 \text{ m}$$

Altura de antena en El Poste:

$$h_{relieve A} + h_{Antena} = h_C + x$$

$$h_{Antena} = 532.27 + 78.09 - 558.1$$

$$h_{El Poste} = 52.26 \text{ m}$$

Se aproxima a: $h_{El Poste} = 54 \text{ m}$

Altura de antena en Santo Domingo de los Colorados:

$$h_D - z = h_{relieve B} + h_{Antena}$$

$$h_{Antena} = 482.54 - 87.4 - 381.4$$

$$h_{Santo Domingo} = 13.93 \text{ m}$$

se considera una altura igual a 30 m para evitar obstrucciones de vegetación y edificaciones:

$$h_{Santo Domingo} = 30 \text{ m}$$

2.3.2 ALTURA DE LA ANTENA CÓNGOMA

En el enlace radioeléctrico entre los sitios El Poste y El Cóngoma se observa un obstáculo de 400 m s.n.m de altura ubicado a 6.35 km del sitio El Poste como se indica en la Figura 2.7, para este caso no se tomará en cuenta la corrección de altura por curvatura de la tierra, ya que el enlace radioeléctrico no supera los 10 km de distancia, sin embargo, de igual manera que en el caso anterior también se debe considerar la altura de la vegetación.

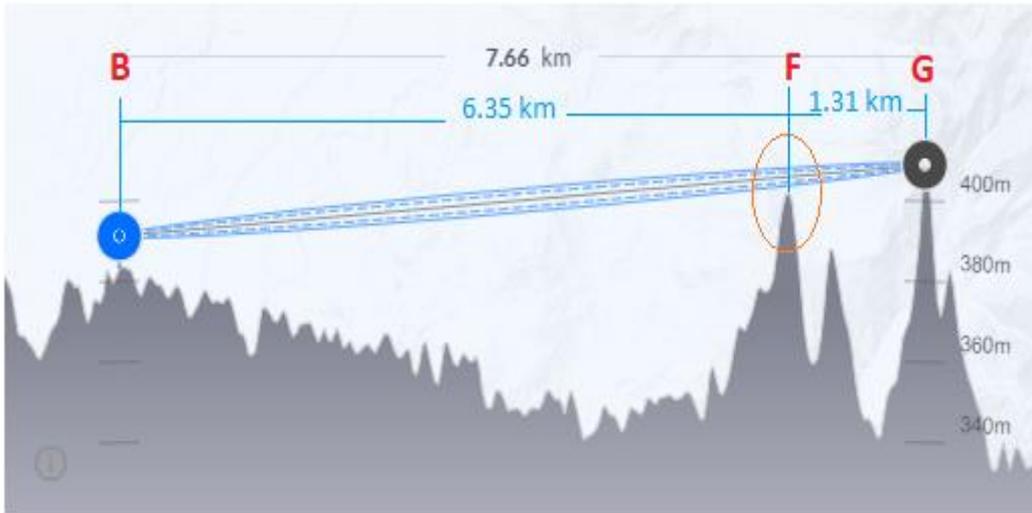


Figura 2.7 Enlace El Poste – Cóngoma

En la Figura 2.8 se realiza una representación geométrica que se usa para determinar la altura que se tiene en el punto F, en el cual se debe considerar la altura del relieve de la tierra en ese punto, la altura de la vegetación y el radio de la primera zona de Fresnel.

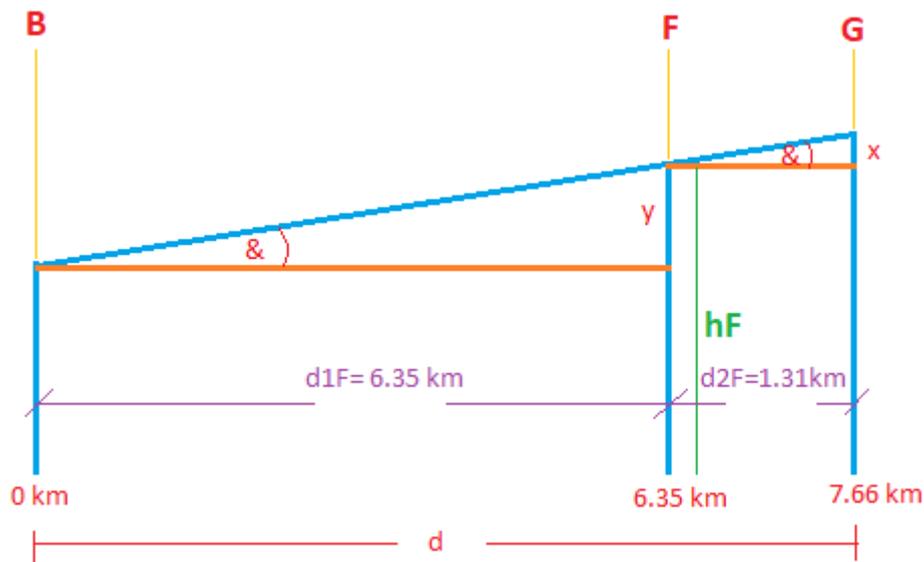


Figura 2.8 Representación geométrica enlace El poste – El Cóngoma.

$$h_F = h_{obstaculo F} + h_{vegetación F} + r_{fF}$$

$$h_F = h_{obstaculo F} + h_{vegetación F} + 17.3 \sqrt{\frac{d_{1F} * d_{2F}}{d * f}}$$

$$h_F = 400 + 35 + 17.3 \sqrt{\frac{6.35 * 1.31}{7.66 * 5785}}$$

$$h_F = 435.23 m$$

$$\tan \theta = \frac{y}{1.31} = \frac{x}{6.35}$$

$$y = h_G - h_F$$

$$x = h_F - h_B$$

$$x = 435.23 - (42.16 + 381.4)$$

$$x = 11.67m$$

$$y = \frac{x * 1.31}{6.35} = 3.93m$$

Altura de antena en El Cóncoma:

$$h_{Antena} + h_{relieveG} = h_F + y$$

$$h_{Antena} = 442.61 + 3.93 - 405$$

$$h_{Antena} = 41.54m$$

Se aproxima a: $h_{Cóncoma} = 45 m$

2.4 PRESUPUESTO DE ENLACE

Un presupuesto adecuado de potencia para un enlace punto a punto se refiere a la cantidad necesaria de potencia que se requiere para garantizar un enlace confiable y eficiente entre el transmisor y receptor. Es importante destacar que, se debe considerar varios factores

como; la distancia entre los puntos, la topografía del terreno, las ganancias y pérdidas que hay en el trayecto, dado que en el espacio libre existen pérdidas que varían por las condiciones climáticas, especialmente por la lluvia, así también las regulaciones por parte de los entes reguladores como la ARCOTEL. Sin embargo, hay que tener en cuenta que un presupuesto excesivo de potencia puede causar interferencia a otros servicios de telecomunicaciones y ser ineficiente en términos de costos, mientras que un presupuesto insuficiente puede resultar en un enlace poco confiable y de baja calidad. Por lo tanto, es crucial hacer un presupuesto adecuado de potencia para un enlace punto a punto [32] [33] [34].

En la Figura 2.9 se presenta una ilustración los valores que interfieren en un presupuesto de enlace.

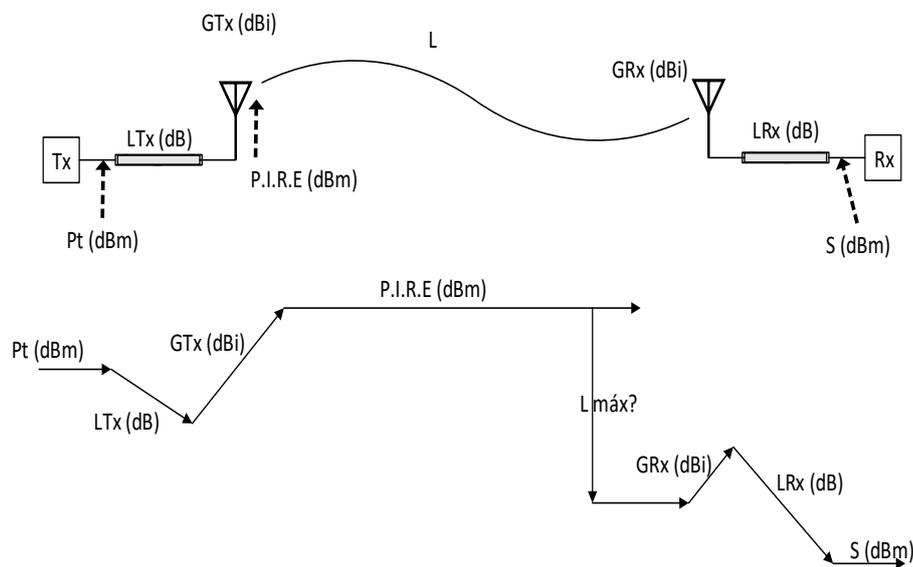


Figura 2.9 Presupuesto de enlace [34].

En Ecuador el ente regulador es la ARCOTEL, regula el uso de la banda de frecuencia para asegurarse de que no haya interferencia entre los diferentes servicios de telecomunicaciones, además, establece regulaciones para garantizar que los dispositivos de radiofrecuencia cumplan con los estándares de calidad y seguridad para proteger a los usuarios y el medio ambiente. Es importante tener en cuenta que las regulaciones pueden cambiar con el tiempo y es responsabilidad del usuario estar al tanto de las regulaciones actuales antes de hacer un presupuesto de enlace.

2.4.1 POTENCIA ISOTRÓPICA RADIADA EQUIVALENTE (PIRE)

El PIRE mide la potencia realmente radiada por la antena en una dirección específica, teniendo en cuenta la ganancia de la misma, es una medida que determina la potencia necesaria para garantizar un enlace de radiofrecuencia confiable y eficiente entre los puntos.

ARCOTEL, regula el uso de la frecuencia radioeléctrica y establece límites y normas para el uso de la misma. Esto incluye regulaciones sobre la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente emitida por los equipos de transmisión de radiofrecuencia.

La regulación del PIRE cumple con el objetivo de prevenir interferencias con otros servicios de radiofrecuencia en la misma banda de frecuencia y garantizar un uso eficiente del espectro radioeléctrico, por ende, dependiendo de la banda frecuencia que se use existen valores que están permitidos, tal como se indica en la Tabla 2.6 [35] [36].

Tabla 2.6 Valor máximo del PIRE permitido [37].

Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E (mW)	Densidad de P.I.R.E (mW/MHz)
915 – 928	500	-	-
2400 – 2483	1000	-	-
5150 – 5250	50	200	10
5250 – 5350	250	1000	50
5470 – 5725	250	1000	50
5725 – 5850	1000	-	-
57000 – 64000	500	20000	-

Considerando los niveles permitidos por la ARCOTEL se tiene que para la banda de 5725–5850 MHz la Potencia Pico Máxima del Transmisor es $P_{Tx} = 1000(mW)$

Una vez que el *P.I.R.E* se expresa en *dBW*, es posible escribir:

$$P.I.R.E (dBW) = P_{Tx}(dBW) + G_{Tx}(dBi) - L_0(dB)$$

Donde:

P.I.R.E : Potencia Isotropica Radiada Efectiva

P_{Tx} : Potencia de Transmision

G_{Tx} : Ganancia de la antena transmisora

L_0 : Pérdidas cable y conectores

En la Figura 2.10 se puede visualizar el resultado del cálculo teórico del PIRE.

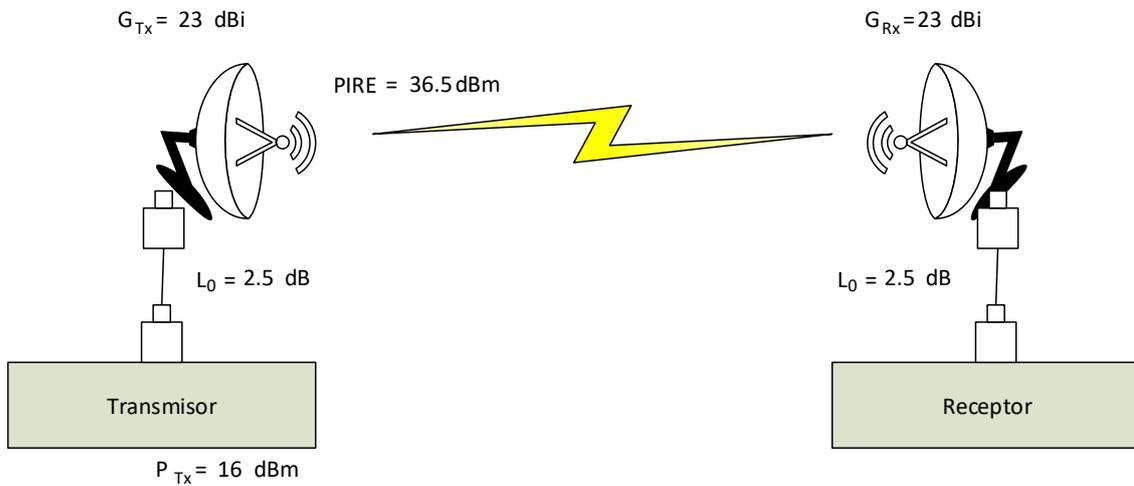


Figura 2.10 Cálculo del PIRE.

2.4.2 ATENUACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE

La atenuación en el espacio libre es un factor importante a considerar en el diseño de un enlace de radiofrecuencia punto a punto, hace referencia a la reducción de la potencia de la señal de radiofrecuencia a medida que viaja desde el transmisor hasta el receptor, además, existen pérdidas que también influyen como las pérdidas por condiciones atmosféricas donde se toma en cuenta la incidencia de la lluvia [38].

Entre las pérdidas existentes hay que considerar las pérdidas debido a la influencia por la lluvia, sin embargo, suele ser muy baja a frecuencias alrededor de los 5 GHz, es importante tener en cuenta que la atenuación de la señal debido a la lluvia puede aumentar en condiciones de lluvia intensa [28].

La atenuación específica producida por la lluvia, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\gamma_R = kR^\alpha$$

Donde:

γ_R : atenuación específica (dB/km)

k y α : se determina en función de la frecuencia en GHz

R : intensidad de la lluvia (mm/h)

La intensidad de la lluvia varía dependiendo de muchos factores, como la ubicación geográfica, la época del año y el clima local, es importante mencionar que se considera ligera cuando es menor a 2,5 mm/h, moderada cuando esta entre 2,5 y 7,6 mm/h, y fuerte cuando es mayor a 7,6 mm/h. Sin embargo, estos valores son solo aproximaciones y la intensidad de lluvia puede variar considerablemente en diferentes zonas y momentos [39].

Los coeficientes k y α están determinados en base a la polarización y esta puede ser horizontal o vertical, tal como se indica en la Tabla 2.7 [40].

Tabla 2.7 Coeficientes de k y α para el cálculo de Atenuación específica [41].

Frecuencia (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0,0000259	0,9691	0,0000308	0,8592
1,5	0,0000443	1,0185	0,0000574	0,8957
2	0,0000847	1,0664	0,0000998	0,9490
2,5	0,0001321	1,1209	0,0001464	1,0085
3	0,0001390	1,2322	0,0001942	1,0688
3,5	0,0001155	1,4149	0,0002346	1,1387
4	0,0001071	1,6009	0,0002461	1,2176
4,5	0,0001340	1,6948	0,0002347	1,3987
5	0,0002162	1,6969	0,0002428	1,5317
5,5	0,0003909	1,6499	0,0003115	1,5882
6	0,0007056	1,5900	0,0004874	1,5728
7	0,004115	1,4810	0,001425	0,4745
8	0,004115	1,3905	0,003450	1,3797
9	0,007535	1,3155	0,006691	1,2895
10	0,01217	1,2571	0,01129	1,2156
11	0,01772	1,2140	0,01731	1,1617
12	0,02386	1,1825	0,02455	1,1216
13	0,03041	1,1586	0,03266	1,0901
14	0,03738	1,1396	0,04126	1,0646
15	0,04481	1,1233	0,05008	1,0440
16	0,05282	1,1086	0,05899	1,0273
17	0,06146	1,0949	0,06797	1,0137
18	0,07078	1,0818	0,07708	1,0025
19	0,08084	1,0691	0,08642	0,9930
20	0,09164	1,0568	0,09611	0,9847

La intensidad de la lluvia en Santo Domingo de los Colorados es considerada ligera ya que $R = 2.5$ (mm/h), entonces la atenuación de la señal por efectos de la lluvia a la frecuencia dada $f = 5785$ MHz es muy baja, por ende, para nuestro caso de estudio no se considera esta atenuación y solo se considera el valor de la atenuación en el espacio libre.

La Figura 2.11 representa el resultado de las pérdidas que hay en el espacio libre existentes en el enlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste, para esto se usa la siguiente expresión:

$$L = 32.44 + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(d)$$

Donde:

L : Pérdidas en el espacio libre (dB)

f : Frecuencia en MHz

d : distancia entre antenas en km

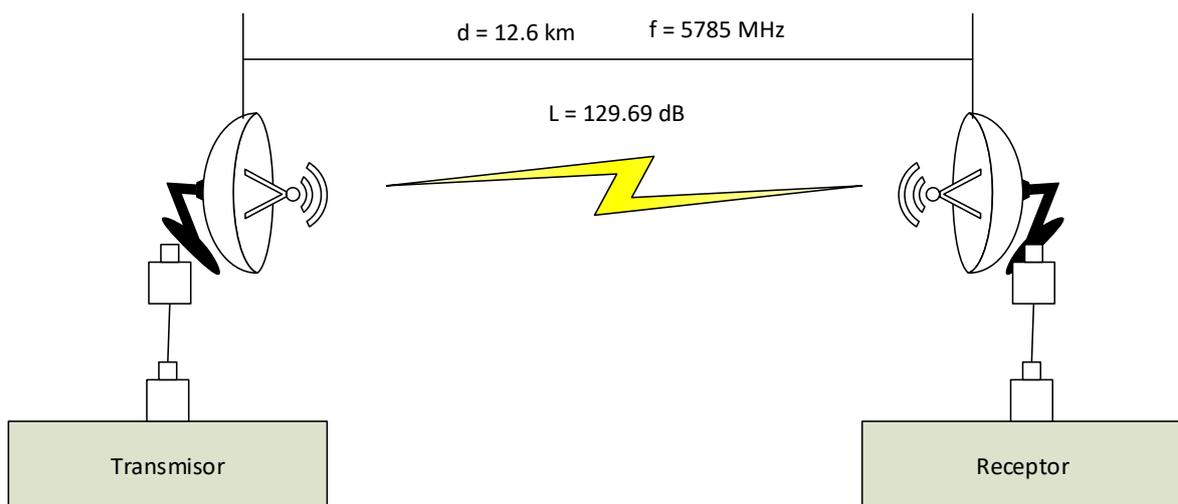


Figura 2.11 Pérdidas en el espacio libre (L) entre Santo Domingo y El Poste.

Así mismo, la Figura 2.12 representa las pérdidas calculadas en el espacio libre, que se obtiene en el enlace que une las comunidades El Poste y El Cóngoma:

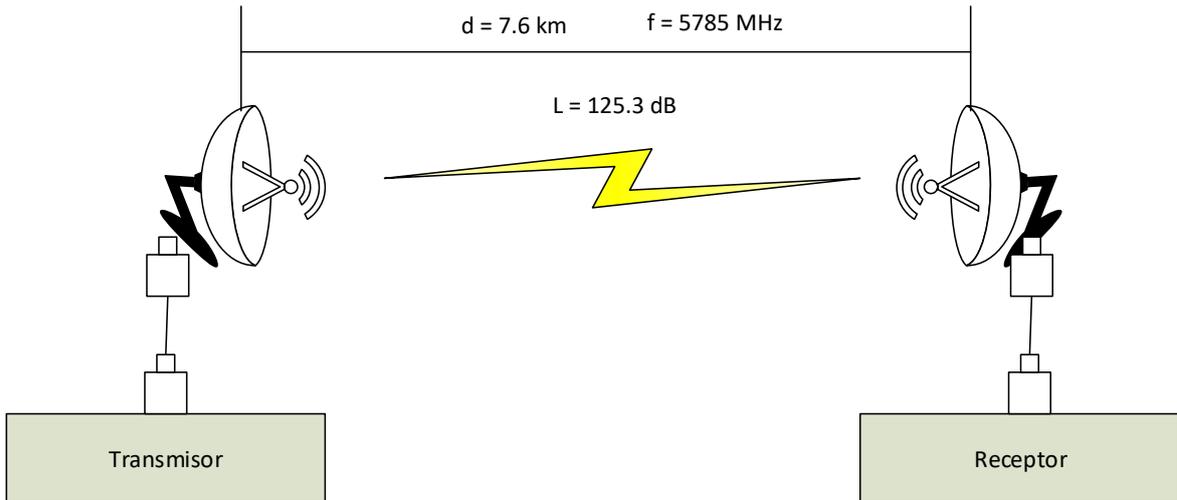


Figura 2.12 Pérdidas en el espacio libre (L) entre El Poste y El Cóngoma.

2.5 MARGEN DE OPERACIÓN DEL SISTEMA (MOS)

En una red inalámbrica, el recurso es la energía de RF y debe asegurarse de tener suficiente para satisfacer sus necesidades de comunicación. Esto se hace calculando un presupuesto de enlace que da como resultado un margen operativo del sistema. El MOS es el valor de intensidad que se tiene en la señal recibida en relación con la sensibilidad de recepción del dispositivo cliente, para determinar el MOS se utiliza la siguiente expresión:

$$MOS = S_{Antena} - P_{Recibida}$$

$$P_{Recibida} = P_{Tx} - L_0 + G_{Tx} - L + G_{Rx}$$

Además, es necesario adicionar un margen de desvanecimiento, ya que el clima cambia, los árboles crecen y se construyen edificios, entonces:

$$MOS = S_{Antena} - P_{Recibida} + M$$

Donde:

S_{Antena} : Sensibilidad del receptor (dBm)

M : Margen de desvanecimiento (dBm)

Margen de operación del sistema Santo Domingo – El Poste

$$P_{Recibida} = P_{Tx} - L_0 + G_{Tx} - L + G_{Rx}$$

$$P_{Recibida} = 16 \text{ dBm} - 2.5 \text{ dB} + 23 \text{ dBi} - 129.69 \text{ dB} + 23 \text{ dBi}$$

$$P_{Recibida} = -70.19 \text{ dBm}$$

$$\text{Si: } S_{Antena} = -93 \text{ dBm}$$

$$MOS = -17.81 \text{ dB}$$

Margen de operación del sistema El Poste – El Cóngoma

$$P_{Recibida} = P_{Tx} - L_0 + G_{Tx} - L + G_{Rx}$$

$$P_{Recibida} = 16 \text{ dBm} - 2.5 \text{ dB} + 23 \text{ dBi} - 125.3 \text{ dB} + 23 \text{ dBi}$$

$$P_{Recibida} = -65.8 \text{ dBm}$$

$$MOS = -22.2 \text{ dB}$$

2.6 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se presenta los precios de cada uno de los equipos necesarios para llevar a cabo este proyecto, hay que destacar que se ve como un impulso el brindar servicio de internet a las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma, ya que, al estar montado toda la estructura necesaria para este fin, se prevé una expansión de la red hacia los sitios cercanos del sector.

2.6.1 COSTO DE EQUIPOS Y MATERIALES

En la Tabla 2.8 se indica la lista de equipos con sus respectivos modelos, marcas y precios necesarios para cada uno de los nodos, del mismo modo se presenta la lista de materiales. En el Anexo II se presenta una proforma con precios reales de las antenas y radios considerados.

Tabla 2.8 Lista de equipos y materiales.

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1	Antena Ubiquiti AF-5G23-S45	4	\$156,74	\$626,96
2	Radio Ubiquiti airFiber 5XHD	4	\$548,74	\$2.194,96
3	Router RB2011UiAS-RM MikroTik	1	\$156,74	\$156,74
4	Switch TP-Link de 8P	2	\$70,00	\$140,00

5	Patch Panel Nexxt PCGPWC612BK cat6	1	\$39,99	\$39,99
6	Gabinete metálico 40x40x20 exterior	2	\$58,00	\$116,00
7	Gabinete Rack cerrado 9UR Beaucoup	1	\$184,99	\$184,99
8	UPS 2000VA CDP	3	\$257,99	\$773,97
9	Cable FTP NEXXT cat6 Exterior 100% cu	1	\$339,99	\$339,99
10	Conectores RJ45 metálicos 6a	1	\$15,00	\$15,00
11	Capuchones RJ45	1	\$11,00	\$11,00
12	Organizadores de cables	1	\$25,00	\$25,00
13	Cable N° 16 AWG	1	\$28,00	\$28,00
14	Varios	1	\$50,00	\$50,00
			TOTAL	\$4.702,60

2.6.2 COSTO DE INFRAESTRUCTURA

En la Tabla 2.9 se detalla los implementos necesarios para la construcción de las estructuras que soportan los equipos.

Tabla 2.9 Infraestructura física.

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1	Torre triangular arriostrada más instalación	3	\$4.000,00	\$12.000,00
2	Sistema de puesta a Tierra	3	\$400,00	\$1.200,00
3	Protección pararrayos	3	\$900,00	\$2.700,00
			TOTAL	\$15.900,00

2.6.3 COSTO DE INSTALACIÓN Y MONTAJE

En la Tabla 2.10 se indica el costo de la instalación y configuración de los equipos, así mismo se indica el precio de las herramientas necesarias.

Tabla 2.10 Instalación y montaje.

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1	Instalación y configuración de los equipos	1	\$1.500,00	\$1.500,00
2	Transporte	1	\$30.000,00	\$30.000,00
3	Laptop core i5	2	\$800,00	\$1.600,00
4	Muebles de oficina	2	\$250,00	\$500,00
5	Kit herramientas Proskit redes	1	\$200,00	\$200,00
6	Arnés de seguridad	2	\$150,00	\$300,00

7	Casco de protección	3	\$15,00	\$45,00
8	Cinturón porta herramientas	2	\$50,00	\$100,00
9	Multímetro Proskit	1	\$75,00	\$75,00
10	Radio transmisor	2	\$50,00	\$100,00
			TOTAL	\$34.420,00

2.6.4 COSTO POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS

Debido a que el proyecto está iniciando y el número de clientes empieza, se considera el siguiente personal fundamental, tal como se indica en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11 Prestación de servicios.

Ítem	Descripción	Cantidad	Pago Mensual	Pago Anual
1	Ingeniero en Telecomunicaciones	1	\$1.500,00	\$18.000,00
2	Técnico instalador	1	\$600,00	\$7.200,00
3	Secretaria	1	\$500,00	\$6.000,00
			TOTAL	\$31.200,00

2.6.5 COSTO DE OPERACIÓN

Por último, se determina los gastos mensuales de arriendo de local, pago de servicios básicos y el pago mensual por los megas contratados al proveedor, tal como se indica en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Prestación de servicios.

Ítem	Descripción	Cantidad	Pago Mensual	Pago Anual
1	Servicio de internet	1	\$250,00	\$3.000,00
2	Arriendo local	1	\$250,00	\$3.000,00
3	Servicios Básicos	1	\$30,00	\$360,00
			TOTAL	\$6.360,00

2.6.6 INVERSIÓN INICIAL

En la Tabla 2.13 se indica un resumen de la inversión inicial que se tiene que realizar para montar el proyecto.

Tabla 2.13 Resumen de gastos iniciales.

Ítem	Descripción	Cantidad	Total
1	Equipos y materiales	1	\$4.702,60
2	Infraestructura	1	\$15.900,00
3	Implementación y montaje	1	\$34.420,00
4	Salario de personal	1	\$31.200,00
5	Costo de operación	1	\$6.360,00
		TOTAL	\$92.582,60

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se realiza las simulaciones de los dos radioenlaces, el primero que enlaza los nodos ubicados en el centro de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados y la comunidad Tsáchila El Poste, así mismo el segundo radioenlace que comunica los nodos de la comunidad Tsáchila El Poste y la comunidad Tsáchila El Cóngoma, además, se incluye las antenas propuestas por los fabricantes de los simuladores, así también la ubicación con las coordenadas geográfica de los lugares idóneos para la colocación de las torres de telecomunicaciones en las cuales irán los equipos para el funcionamiento del sistema.

Se utiliza los simuladores de radioenlace de las marcas MikroTik, Ubiquiti y Mimosa Network. Cada fabricante tiene un simulador propio de la marca; el software de simulación que representa la marca MikroTik es Calculator [42], para Ubiquiti es Airlink [43] y para Mimosa Network se usa Mimosa Desing Tool [44], es importante destacar que estas herramientas están disponibles en línea y únicamente se requiere crear una cuenta de registro, sin embargo existen otras alternativas de software libre que también realizan simulaciones de un radioenlace como: Radio Mobile y LinkCalc, no obstante su uso no será caso de estudio en este proyecto.

Si bien se puede calcular el presupuesto de un radioenlace de forma teórica, estas herramientas ayudan a automatizar el proceso, además de proporcionar información del perfil terrestre y la distancia entre emisor y receptor, también permiten calcular otros factores importantes como: la primera zona de Fresnel y sí esta se encuentra libre de obstrucciones, pérdidas en el espacio libre, altura idónea para la colocación de las antenas, así mismo su ángulo de elevación, azimut, entre otros. No obstante, hay que resaltar que se debe considerar las alturas de posibles obstrucciones, estas pueden ser edificaciones o puede ser producida por la vegetación del sector, ya que estos son propios del sector y están en constante cambio con el pasar del tiempo.

Cada herramienta permite colocar equipos propios de la marca con sus respectivos parámetros, sin embargo, para que el diseño se adapte mejor a las necesidades y cumpla con los requerimientos iniciales, los parámetros pueden ser editados o remplazados en su totalidad con el fin de utilizar equipos de otros fabricantes.

3.1 DISEÑOS DE LOS RADIOENLACES

Antes de ubicar lo puntos idóneos para la colocación de los nodos, se tiene que realizar una exploración visual del sector, Google Earth es la herramienta que permite realizarlo de

una manera sencilla, tal como se presenta en la Figura 3.1, de la misma forma en la Tabla 3.1 se presenta las coordenadas y la distancia que hay entre estos puntos para realizar el radioenlace.

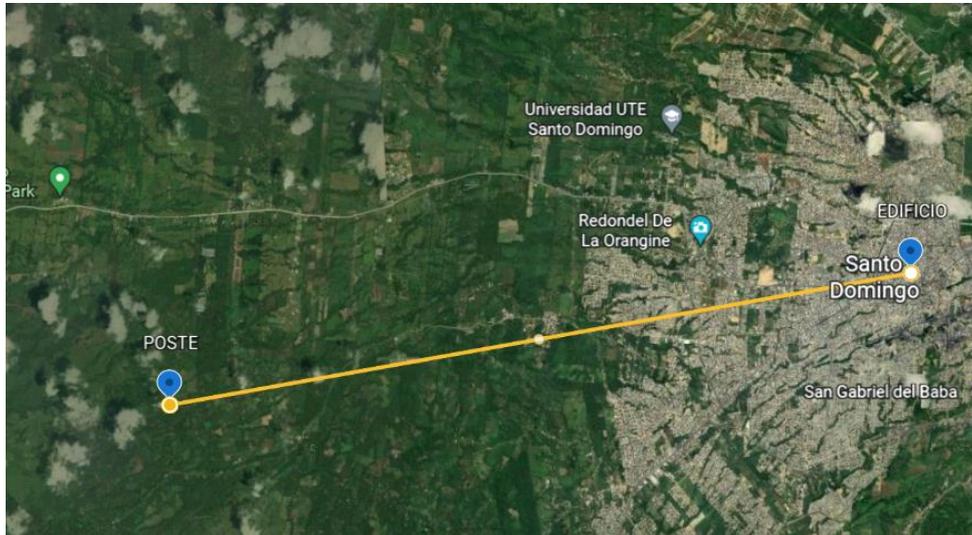


Figura 3.1 Santo Domingo de los Colorados – El Poste.

Tabla 3.1 Distancia entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste.

Sitio	Latitud	Longitud	Distancia (km)
Santo Domingo de los Colorados	-0,2529918	-79,1707476	12,6
Comunidad Tsáchila El Poste	-0,2729396	-79,2823296	

Del mismo modo se realiza una exploración visual para determinar el sitio idóneo en la comunidad Tsáchila El Cóngoma, no obstante, el nodo que estará ubicado en El Poste sirve como puente para realizar el radioenlace entre las comunidades Tsáchilas El Poste y el Cóngoma. En la Figura 3.2 se aprecia la ubicación de los sitios para este radioenlace.

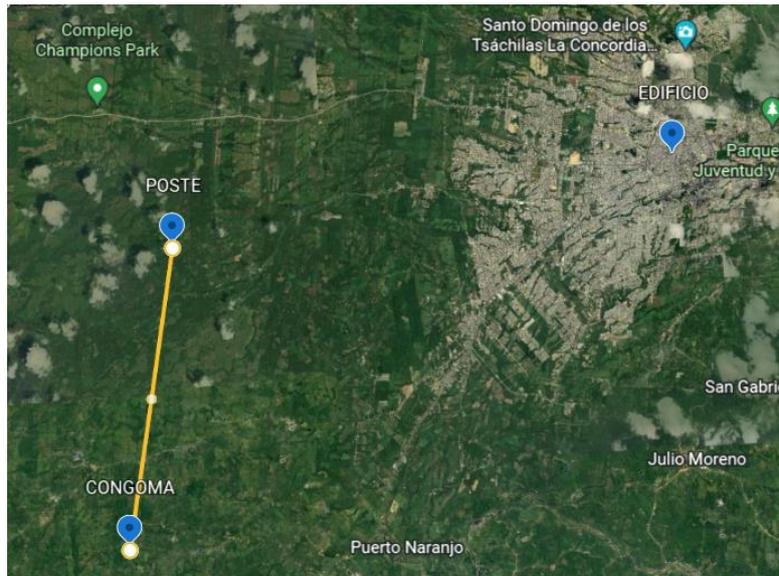


Figura 3.2 El Poste – El Cóngoma.

Del mismo modo en la tabla 3.2, se indica las coordenadas y la distancia que hay entre estos sitios.

Tabla 3.2 Distancia entre la Comunidad Tsáchilas El poste y El Cóngoma.

Sitio	Latitud	Longitud	Distancia (km)
Comunidad Tsáchilas el Poste	-0,2729396	-79,2823296	7,6
Comunidad Tsáchilas el Cóngoma	-0,3409805	-79,2922736	

3.1.1 SIMULADOR DE MIKROTIK - CALCULATOR

Diseñar e implementar un enlace inalámbrico suele ser una tarea complicada a la hora de seleccionar los equipos que mejor se adapten, sobre todo cuando existen múltiples opciones disponibles en el mercado. Mikrotik cuenta con una herramienta fácil e intuitiva para realizar diseños de radioenlaces, simplemente hay que configurar en el mapa la ubicación de los sitios entre los cuales se desea establecer el enlace, además parámetros como la frecuencia de operación y la velocidad hay que determinar y configurar en la herramienta, luego la calculadora de la herramienta realiza los cálculos asumiendo el factor por curvatura de la tierra y la elevación del terreno, sin embargo en los resultados la herramienta muestra si las características del terreno se interponen en el camino de la zona de Fresnel y si esta se encuentra despejada, es importante destacar que la elección del equipo se lo hace de acuerdo a la ganancia y al estándar que se desea trabajar, para el caso el estándar 802.11ac [45].

3.1.1.1 Radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste con Mikrotik

En la Figura 3.3, se presenta el enlace entre los nodos ubicados en Santo Domingo de los Colorados y la comunidad Tsáchila El Poste, en cuanto si los nodos se encuentran unidos por una línea de color verde, la herramienta de simulación indica que el enlace es de confianza.

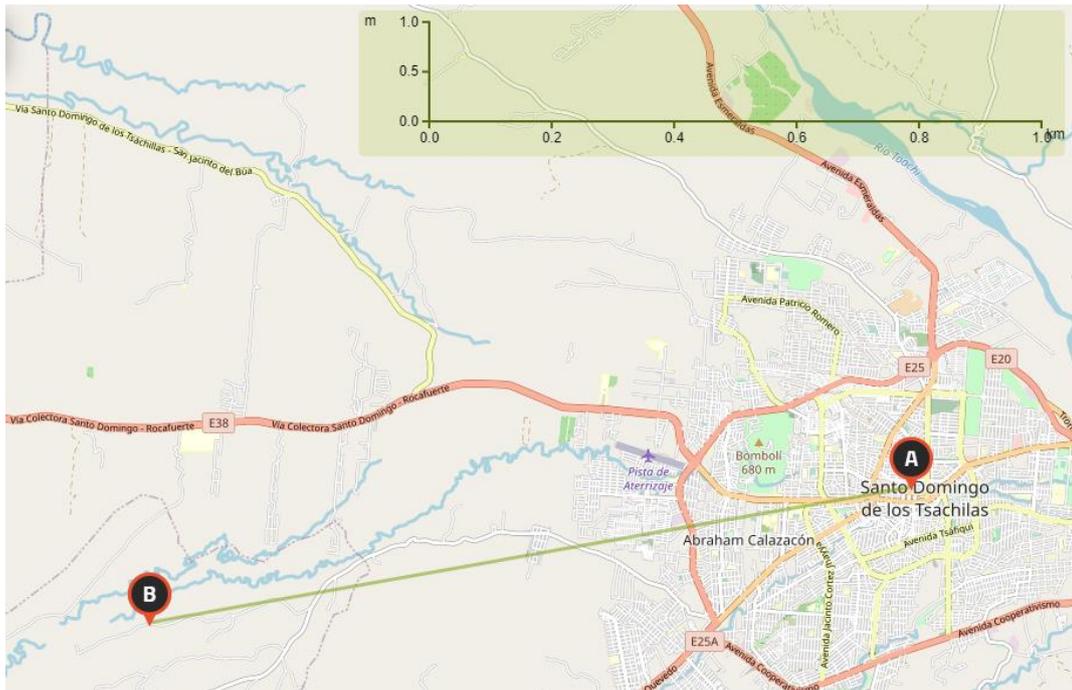


Figura 3.3 Simulación del radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste.

De esta forma los datos y resultados del radioenlace son presentados en la Figura 3.4, para finalizar con lo propuesto se ha seleccionado un equipo que opere con el estándar IEEE 802.11ac.

Specifications and results

Frequency

5 GHz
▼

Desired data rate: 54 Mbps

Point A device

NetMetal 5
▼

Antenna Gain (dBi)

19

RX Sensitivity (dBm)

-81

Output Power (dBm)

27

Point B device

NetMetal 5
▼

Antenna Gain (dBi)

19

RX Sensitivity (dBm)

-81

Output Power (dBm)

27

Point A latitude

-0.252992

Point B latitude

-0.27294

Point A longitude

-79.170748

Point B longitude

-79.28233

Point A, Point B
Distance: 12.6 Km (7.82 miles)
Free Space Path Loss: 129.139 dB
Theoretical signal level at Point A: -67
Theoretical signal level at Point B: -67
Link status: Reliable

↺ **Reset**

⚙️ **Calculate link**

Figura 3.4 Resultados del radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste usando equipos Mikrotik.

Es importante destacar que para el caso se ha seleccionado el equipo NetMetal 5, esto indica que opera en banda de frecuencia de los 5 GHz, además es ideal para enlaces PtP, en la Figura 3.5 se presenta el equipo seleccionado. Finalmente se presenta el data sheet del equipo en el anexo III.



Figura 3.5 Equipo NetMetal 5 [46].

3.1.1.2 Radioenlace entre las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma con Mikrotik

En la Figura 3.6 se presenta el radioenlace entre los nodos de las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma, es importante destacar que en este radioenlace la distancia entre los nodos es de 7.6 km.



Figura 3.6 Simulación del radioenlace entre El Poste y El Cóngoma.

En la Figura 3.7 se indica los valores de los parámetros que han sido configurados para que el radioenlace sea confiable, de esta manera se puede garantizar la operación del sistema.

The screenshot displays the 'Specifications and results' section of the Ubiquiti Link Planner. It is divided into two columns for Point A and Point B. The configuration includes:

- Frequency:** 5 GHz
- Desired data rate:** 54 Mbps
- Point A device:** NetMetal 5
- Point B device:** NetMetal 5
- Antenna Gain (dBi):** 19
- RX Sensitivity (dBm):** -81
- Output Power (dBm):** 27
- Point A latitude:** -0.27294
- Point A longitude:** -79.28233
- Point B latitude:** -0.3409805
- Point B longitude:** -79.2922736

Summary statistics at the bottom:

- Point A, Point B Distance:** 7.6 Km (4.72 miles)
- Free Space Path Loss:** 124.754 dB
- Theoretical signal level at Point A:** -63
- Theoretical signal level at Point B:** -63
- Link status:** Reliable

Buttons for 'Reset' and 'Calculate link' are located at the bottom.

Figura 3.7 Resultados del radioenlace entre las comunidades Tsáchilas El Poste y el Cóngoma.

De igual manera, se ha seleccionado un equipo de la misma serie, no obstante, este equipo cuenta con las prestaciones necesarias para satisfacer los requerimientos del radioenlace, el NetMetal 5 es ideal para operar a largas distancia.

3.1.2 SIMULADOR DE UBIQUITI - AIRLINK

En términos generales, la herramienta de Ubiquiti posee una interfaz intuitiva y rápida, que permite observar el resultado y los cambios que se realice de forma instantánea, además utiliza coordenadas geográficas que permite trazar la línea de vista junto con la zona de Fresnel, así también esta herramienta toma en cuenta el factor por curvatura de la tierra, la altura considerada para la colocación de las antenas y parámetros técnicos propios del equipo seleccionado [47].

3.1.2.1 Radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste con Ubiquiti

En la Figura 3.8, se presenta el radioenlace diseñado en Airlink, esta herramienta permite modificar la altura de las antenas, para garantizar que exista una primera zona de Fresnel libre de obstáculos, sin embargo, se ha tomado las alturas de las antenas calculadas en el procedimiento teórico.

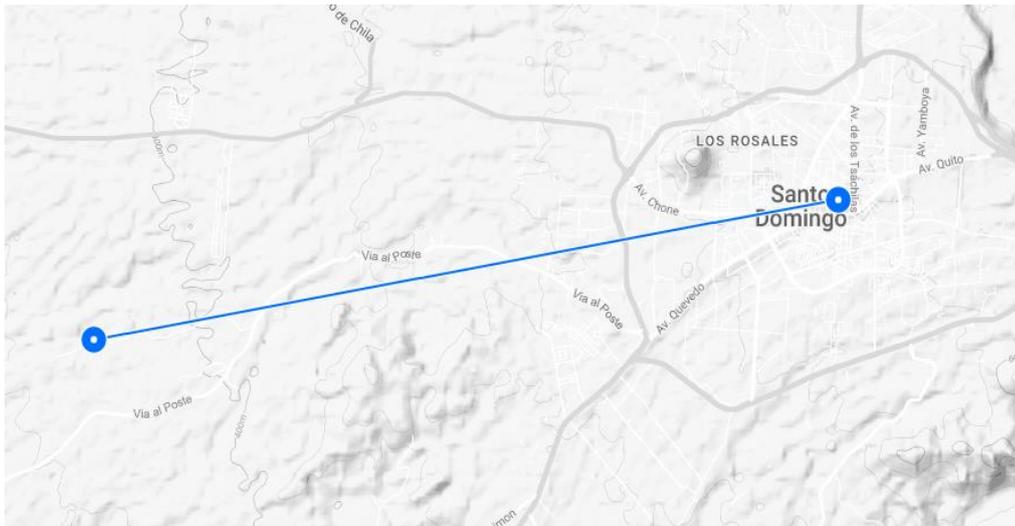


Figura 3.8 Radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y el Poste con Ubiquiti.

Los resultados del radioenlace y sus respectivos parámetros configurados se indican en la Figura 3.9, de igual manera la herramienta muestra un perfil del terreno indicando su altura considerando el nivel del mar, no obstante, esta herramienta no considera datos de vegetación existente en el lugar ni edificios que puedan interferir con la línea de vista, para ello es importante mencionar que estas alturas deben estar consideradas en la altura de las antenas.



Figura 3.9 Resultados del radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste.

3.1.2.2 Radioenlace entre las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma con Ubiquiti

De acuerdo a la Figura 3.10 que representa el radioenlace entre El Poste y El Cóngoma, se observa que en el sitio el poste se va a realizar un puente para conectar los dos radios enlaces.

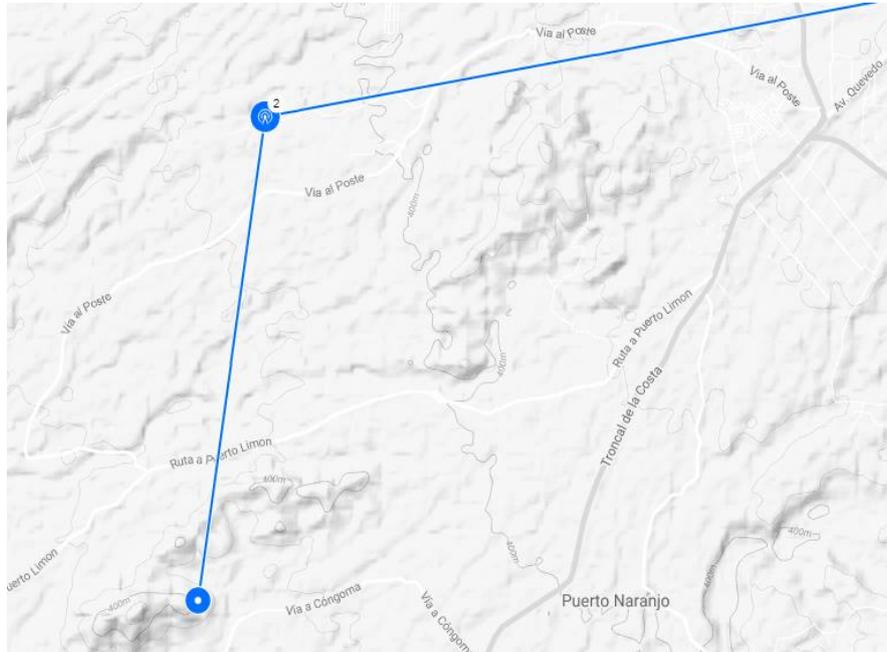


Figura 3.10 Radioenlace entre El Poste y El Cóngoma con Ubiquiti.

Topografía irregular y grandes relieves se observan en el trayecto del radioenlace (ver Figura 3.11), sin embargo, esto no es impedimento, ya que se puede modificar las alturas de las antenas hasta tener línea de vista fuera de obstrucciones.



Figura 3.11 Resultados del radioenlace entre El Poste y El Cóngoma.

De igual manera se ha escogido el mismo equipo para ambos radioenlaces en AirFiber5XHD, ya que cuenta con las características ideales para este diseño y además opera con el estándar 802.11ac, así mismo es un equipo de alto rendimiento ideal para enlaces PtP, en la Figura 3.12 se observa su apariencia y algunos parámetros técnicos, se debe agregar que el data sheet del equipo seleccionado se incluye en el anexo IV.

Radio	
Max. Conducted TX Power	29 dBm (Dependent on Regulatory Region)
Frequency Accuracy	< 2 ppm
Channel Bandwidth	10/20/30/40/50/60/80/100 MHz Selectable Programmable Uplink and Downlink Duty Cycles

Operating Frequency (MHz)	
Worldwide	4800 - 6200*
US/CA	
U-NII-1	5150 - 5250
U-NII-2A	5250 - 5350
U-NII-2C	5470 - 5725
U-NII-3	5725 - 5850



Figura 3.12 Características del equipo AirFiber5XHD [48].

De igual manera para los dos enlaces, este radio se empareja con una antena airFiber X, en la Figura 3.13 se indica su forma, ganancia y frecuencia en la cual opera la antena. El data sheet de la antena se presenta en el anexo V.



AF-5G23-S45	
Freq.	5 GHz
Gain	23 dBI

Figura 3.13 Antena airFiber X modelo AF-5G23-S45 [48].

3.1.3 SIMULADOR DE MIMOSA NETWORK – MIMOSA DESING TOOL

Esta herramienta pretende ser una ayuda en la planificación del diseño de enlaces, es de gran utilidad en escenarios PtP o PtMP, además otorga una idea general de la calidad del enlace. Sin embargo, no garantiza el rendimiento del enlace, ya que las estructuras, la

vegetación y otras obstrucciones pueden afectar la línea de vista directa entre los dos terminales, así mismo no es un sustituto de una revisión técnica en persona, esto indica que las instalaciones y configuraciones deben ser verificadas por personal profesional. No obstante, sirve de guía para considerar la altura que deben tener las antenas, las posibles configuraciones de los equipos, condiciones climáticas y parámetros propios del diseño [49].

3.1.3.1 Radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste con Mimosa Network

De acuerdo a la Figura 3.14, presenta el radioenlace y muestra el perfil del relieve de la superficie terrestre, además indica los valores de las coordenadas, la distancia en kilómetros, las alturas de la elevación y así mismo el de las antenas.

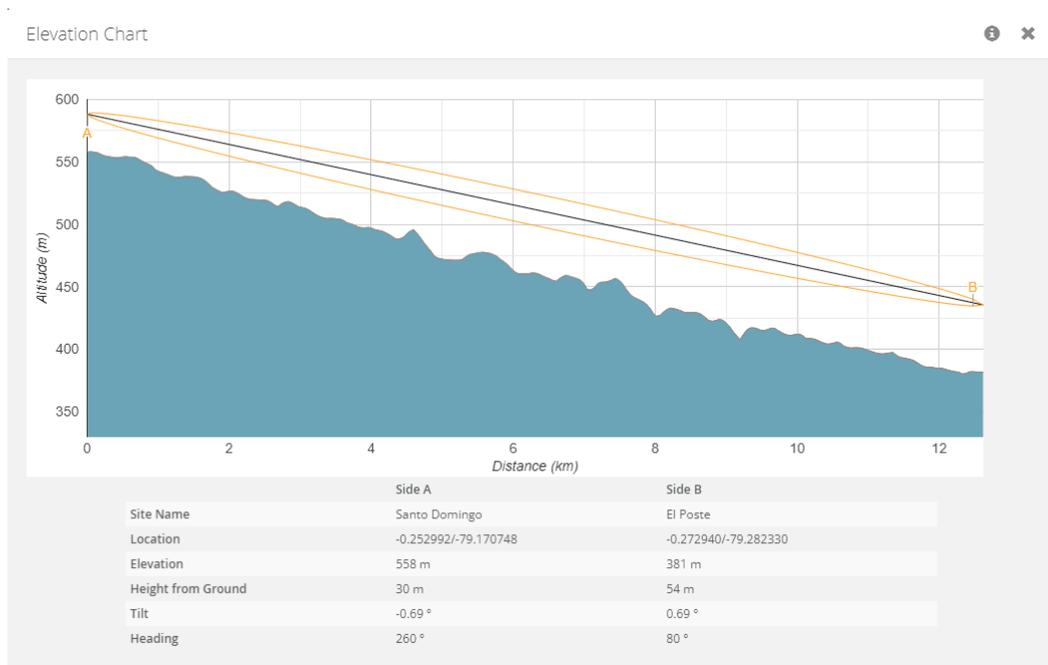


Figura 3.14 Radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste, con Mimosa Desing Tool.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en este radioenlace (ver Figura 3.15), de igual manera se presenta en detalle el reporte completo en el anexo VI.

LINK SETTINGS		LINK STATS	
Channel Width	1 x 40 MHz	Line of Sight	Yes
Center Frequency 1	5785 MHz	Link Distance	12.62 km
Power 1	16 dBm	Rain Reliability	99.9
Center Frequency 2	-	Fresnel Obstruction	0 %
Power 2	-	Noise Floor	-90.24 dBm
Polarization	Both	Rain Fade	1.31 dB
Ground Level Buffer	0 m	System Loss	0.00 dB
Target SNR	25 dB	Free Space Path Loss	129.71 dB
Noise Figure	4.5 dB	Interference Loss	0.00 dB
		Atmospheric Attenuation	0.18 dB

Figura 3.15 Resultados del radioenlace entre Santo Domingo de los Colorados y El Poste.

3.1.3.2 Radioenlace entre las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma con Mimosa Network

En la Figura 3.16, se presenta el radioenlace y se observa una línea de vista libre de obstrucciones, no obstante, el perfil topográfico no toma en cuenta obstáculos de vegetación.

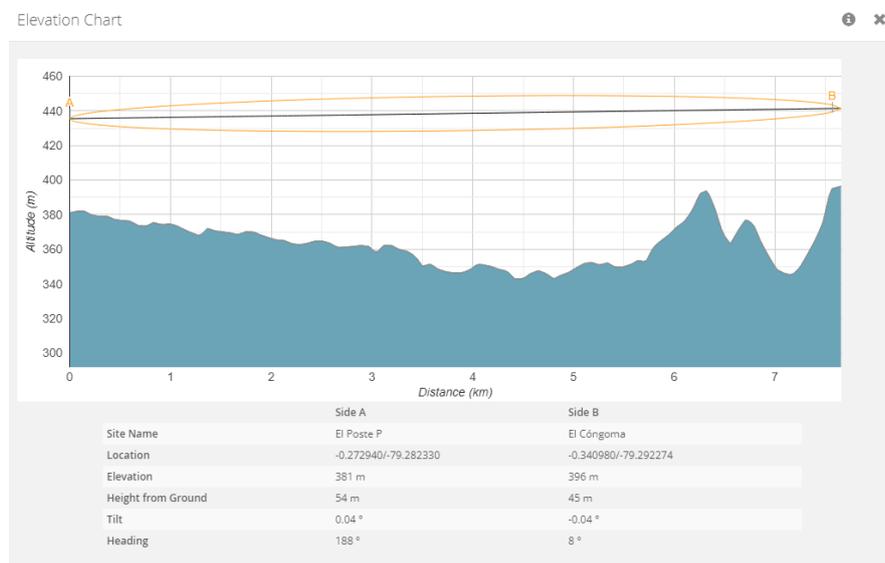


Figura 3.16 Radioenlace entre El Poste y El Cóngoma, con Mimosa Desing Tool.

En la Figura 3.17 se presenta el resultado del radioenlace, de igual manera se puede apreciar datos como: distancia entre los puntos, frecuencia de operación, polarización, pérdidas en el espacio libre, y así mismo el reporte completo se presenta en detalle en el anexo VI.

LINK SETTINGS		LINK STATS	
Channel Width	1 x 40 MHz	Line of Sight	Yes
Center Frequency 1	5785 MHz	Link Distance	7.66 km
Power 1	16 dBm	Rain Reliability	99.9
Center Frequency 2	-	Fresnel Obstruction	0 %
Power 2	-	Noise Floor	-90.37 dBm
Polarization	Horizontal	Rain Fade	0.72 dB
Ground Level Buffer	0 m	System Loss	0.00 dB
Target SNR	25 dB	Free Space Path Loss	125.37 dB
Noise Figure	4.5 dB	Interference Loss	0.00 dB
		Atmospheric Attenuation	0.09 dB

Figura 3.17 Resultados del radioenlace entre El Poste y El Cóngoma.

El equipo Mimosa C5c es una solución ideal para aplicaciones inalámbricas de largo alcance, de igual manera se puede apreciar en la Figura 3.18 algunas características técnicas y su forma de presentación. Además, en el anexo VII se puede ver el data sheet a detalle de toda la información respecto a este equipo.

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)



Figura 3.18 Características del equipo Mimosa C5c [50].

Del mismo modo a este equipo se lo puede emparejar con la antena de la marca Ubiquiti airFiber X modelo AF-5G23-S45.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

En este Trabajo de Titulación se ha desarrollado el diseño de dos radioenlaces utilizando el estándar IEEE 802.11ac, por lo tanto, el primer radioenlace se encuentra entre los nodos ubicados en el centro de Santo Domingo de los Colorados y el segundo nodo ubicado en la comunidad Tsáchila El Poste, del mismo modo el segundo radioenlace conecta los nodos ubicados en las comunidades Tsáchilas de El Poste y El Cóngoma.

Al realizar la búsqueda de los lugares idóneos con la herramienta de Google Earth para la colocación de las torres de telecomunicaciones, se obtuvo resultados favorables, ya que estos lugares son unos de los más altos en el sector y permiten reducir las obstrucciones ya sea por el relieve del sector, vegetación o por edificaciones construidas.

La presencia de línea de vista y una zona de Fresnel despejada en un 60% mínimo, entre los nodos a conectarse, son factores importantes en el diseño de un radioenlace, esto permite que el proyecto sea realizable y que la red se despliegue, cubriendo una mayor zona de cobertura, por ende, el servicio de internet puede cubrir más zonas, y más usuarios se beneficien del servicio de Internet.

Además, se concluye que, al realizar los diseños con diferentes herramientas, esto permite tomar una decisión más acertada ya que, estas poseen diferencias y similitudes que permiten integrar más parámetros y considerar otros factores de suma importancia, por lo tanto, se ha escogido equipos de diferentes marcas y se ha considerado que todos los equipos cuenten con las mismas prestaciones o a su vez que sean similares.

Para el diseño de los enlaces inalámbricos se ha escogido como mejor opción los equipos de la marca Ubiquiti: el radio airFiber 5XHD, emparejado con la antena AF-5G23-S45, por su versatilidad y además por cumplir con los requisitos necesarios para la operación del sistema, ya que, estos equipos operan con el estándar IEEE 802.11ac, así mismo Ubiquiti cuenta con una herramienta (AirLink) valiosa para el diseño de un ISP Inalámbrico, ya que permite visualizar y evaluar el rendimiento esperado antes de la implementación real, de esta forma se ahorra tiempo y recursos al detectar y corregir problemas antes de su implementación.

El presente diseño cuenta con requerimientos básicos propios del sistema como: vegetación, localidad geográfica, así mismo cuenta con requerimientos técnicos como: frecuencia de operación (5785 MHz), ganancia de las antenas, polarización, potencia de transmisión, altura de las antenas, y otros factores que influyen en el espacio, si bien este

diseño se puede usar como base para otros estudios, es importante resaltar que cada red diseñada debe ser hecha a medida con sus propios requerimientos, ya que la ARCOTEL tiene limitantes de las emisiones en los valores del PIRE esto depende de la frecuencia escogida para operar, para el caso presentado el PIRE no debe exceder los 39dBm, para cumplir con esta limitante se debe variar los valores ya sea el de potencia de transmisión o el de ganancia de la antena, además se ha considerado la normativa vigente de la ARCOTEL, ya que es un proceso extenso y para solicitar los permisos de operación del sistema, la documentación solicitada debe ser clara y precisa.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda usar el estándar IEEE 802.11ac por tener ventajas significativas respecto a los anchos de canales que pueden utilizarse, así mismo el rango de frecuencias en que este opera presenta menos interferencias, ya que estas bandas de frecuencias se encuentran menos saturadas.

Para las zonas rurales de difícil acceso se recomienda utilizar tecnologías que implementen soluciones inalámbricas, por su fácil implementación y despliegue en comparación con una red cableada.

Si bien las herramientas utilizadas para la simulación de los radioenlaces son de gran ayuda, se recomienda realizar una revisión técnica personal de los sitios donde se van a instalar los equipos, ya que los simuladores no toman en cuenta la vegetación y estructuras que pueden obstruir los enlaces inalámbricos y de esta manera no garantizan el 60% de la zona de Fresnel libre para tener una buena comunicación.

Se recomienda que para la elección de los sitios donde irán los nodos de telecomunicaciones primero se realice una exploración visual con la herramienta Google Earth, y que se considere que estos puntos cuenten con ciertas características como; que sea de fácil acceso, que cuente con un suministro de energía eléctrica cercano, libre de obstrucciones y sea un terreno estable.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. G. Medina, "Check Fiber: Ques es un WISP?", 10 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://check-fiber.com/que-es-un-wisp/>.
- [2] A. J. F. Pirir, "Caracterización y modelado de servicios de banda ancha para redes inalámbricas", Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala , 2017.
- [3] V. B. L. Rodriguez, "Diseño y evaluación estructural de las torres autosoportadas de Telecomunicaciones de 20, 30 y 40 metros de altura de ETAPA EP, de acuerdo a la norma NEC-SEC, para dispositivos con tecnología CDMA", Cuenca: Universidad del Azuay, 2016.
- [4] J. Salazar, "Redes Inalambricas", Tech Pedia, vol. Version de prueba, p. 6.
- [5] D. D. Coleman y D. A. Westcott, "Certified Wireless Network Administrator", Fifth Edition ed., Estados Unidos: Sybex, 2018, p. 71.
- [6] S. Buettrich y A. Escudero Pascual, "Unidad 4: Topología e Infraestructura básica de Redes Inalámbricas", Tricalcar, vol. Version Final, 2007.
- [7] W. Stallings, "Wireless Communications and Network", United States of America: Pearson Prentice Hall, 2005.
- [8] R. Rapidas, "Como se le conoce a la transmision de punto a punto con un emisor y un receptor?", 28 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://respuestasrapidas.com.mx/como-se-le-conoce-a-la-transmision-de-punto-a-punto-con-un-emisor-y-un-receptor/>.
- [9] C. Tom y J. Barrett, "Certified Wireless Network Administrator", Estados Unidos: Mc Graw Hill, 2008.
- [10] T. Norman, "Integrated Security Design", 2 ed., vol. Second Edition, T. Norman, Ed., Waltham: Butterworth-Heinemann, 2014, pp. 251 - 266.
- [11] E. Pietrosemoli, "Wireless Networking in the Developing World", Copenhagen: Jane Butler, 2013.
- [12] P. R. Tello, "Planteamiento de conexión alternativa a red móvil para acceso de conectividad a datos basados en el estándar 802.11", Quito, 2015, p. 7.
- [13] J. M. Peralta, "IEEE 802.11ac", Asunción : Universidad Católica Nuestra Señora de la sunción, 2013.
- [14] C. d. Wikipedia, "U-NII", Wikipedia, La enciclopedia libre., 12 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=U-NII&oldid=142858863>.
- [15] A. Lopez, "Redes Zone", 4 Octubre 2022. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-wifi/bandas-frecuencias-wi-fi/>.
- [16] EnGenius, "Engenius Tech", 2015. [En línea]. Available: <https://www.engeniustech.com/span/go-guide-channel-transmit-power-wi-fi-networks-2/>.

- [17] C. & ECMX, "Comunas Tsáchilas su Ubicación: Tsachilas del Bua. Shino Pi Bolon", 2014. [En línea]. Available: https://shinopibolon.tripod.com/nacionalidad_tsachila_comunas.html#C.
- [18] ARCOTEL, "Preguntas frecuentes: 2. Títulos Habilitantes y Frecuencias para Telecomunicaciones", 2022. [En línea]. Available: <https://www.arcotel.gob.ec/preguntas-frecuentes-2-titulos-habilitantes-y-frecuencias-para-telecomunicaciones/>. [Último acceso: 25 Abril 2022].
- [19] ARCOTEL, "Otorgamiento renovacion titulo habilitante servicio acceso internet", [En línea]. Available: <https://www.gob.ec/arcotel/tramites/otorgamiento-renovacion-titulo-habilitante-servicio-acceso-internet>. [Último acceso: Abril 27 2022].
- [20] ARCOTEL, "RESOLUCIÓN 15-16-ARCOTEL-2019", Registro oficial, Quito, 2019.
- [21] ARCOTEL, " FO-CTHB-12 Solicitud General ", 2019. [En línea]. Available: https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/FO-CTHB-12_Solicitud-General_V1.0_10Feb2020.xlsx. [Último acceso: mayo 2022].
- [22] ARCOTEL, " Instructivos y formatos acceso a internet2", 2020. [En línea]. Available: <https://www.arcotel.gob.ec/instructivos-y-formatos-acceso-a-internet2/>.
- [23] ARCOTEL, "Instructivo de trabajo de los formatos técnicos para el otorgamiento de los Titulos Habilitantes", IT-DRE-03, Quito, 2016.
- [24] ARCOTEL, "Instructivo de trabajo de los formularios de sostenibilidad financiera aplicables al otorgamiento de Títulos Habilitantes para servicios de régimen general de Telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioelectrico,"IN-CTDS-04, Quito, 2020.
- [25] ARCOTEL, "Instructivos de trabajo del Formato de estudio de mercado, competencia y plan de expansión para registro de servicios de telecomunicaciones", IT-DRS-08, Quito, 2016.
- [26] A. Todotelco, "Todotelco: Zonas de Fresnel", 2020. [En línea]. Available: <https://todotelco.com/zonas-de-fresnel/#:~:text=El%20factor%20k%20es%20el, donde%20se%20realiza%20el%20radioenlace..>
- [27] Colaboradores de Wikipedia, "Iriarte deltoidea", "Wikipedia, La enciclopedia libre, 24 Agosto 2021. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Iriarte_deltoidea&oldid=148101428.
- [28] UIT-R, "Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa", de Recomendación UIT-R P.530-18, UIT-R Sector de Radiocomunicaciones de la UIT, 2021, p. 64.
- [29] UIT-R, "Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa", de Recomendación UIT-R P.530-18, Series P, 2021, p. 64.
- [30] F. Ramos, "Correccion de la altura de los obstaculos", 2011. [En línea]. Available: <http://www.radioenlaces.es/articulos/correccion-de-la-altura-de-los-obstaculos/>.
- [31] R. L. Tomás, "IGUALDAD Y SEMEJANZA DE TRIÁNGULOS", de RECURSOS BÁSICOS EN GEOMETRÍA PLANA, p. 22.

- [32] C. J. R. Capela, "Link Budget", de Protocol of Communicatios for VORSAT Satellite, Porto, FEUP, 2012, p. 25.
- [33] S. V. Hum, "Link Budgets,"de Radio and Microwave Wireless Systems, Toronto, 2016, p. 5.
- [34] L. J. Liácer, M. J. García Molina, J. Pascual García y J. V. Rodríguez Rodríguez, "Problemas Resueltos de Sistemas de Telecomunicaciones", Cartagena, crai UPCT, 2017, p. 275.
- [35] ARCOTEL, "Norma espectro de uso libre y espectro para uso determinado en bandas libres", de Resolución ARCOTEL 2018, Quito, ARCOTEL, 2018, p. 26.
- [36] UIT, "Resolución 229 (REV.CMR-19)", de Reglamento de Radiocomunicaciones, UIT, 2020, p. 707.
- [37] ARCOTEL, "Límites de emisión para espectro UDBL", de Norma espectro de uso libre y espectro para uso determinado en bandas libres, Quito, ARCOTEL, 2018, p. 26.
- [38] UIT-R, "Recomendación UIT-R P.525-4: Cálculo de la Atenuación en el espacio libre", Ginebra: UIT, 2019.
- [39] INAMHI, "Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación", vol. 2, Quito: INAMHI, 2015, p. 40.
- [40] UIT-R, "Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción", R. U. P.838-3, Ed., Ginebra: UIT, 2005, pp. 5 - 8.
- [41] UIT-R, "Recomendación UIT-R P.838-3", Ginebra: UIT, 2005, pp. 5 - 8.
- [42] Mikrotik, "Mikrotik Calculator", [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/calculator>. [Último acceso: 18 Marzo 2022].
- [43] Ubiquiti, "ISP Desing Center", 18 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://ispdesign.ui.com/#>.
- [44] M. Network, "Mimosa by Airspan", 2022 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://design.mimosa.co/designtool/ndt/#/>.
- [45] W. MEXICO, "WNI MEXICO S.A.", 4 Noviembre 2022. [En línea]. Available: https://www.wni.mx/index.php/izqtienda?page=shop.browse&manufacturer_id=4.
- [46] Mikrotik, "Nikrotik NetMetal", 2022. [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/product/RB922UAGS-5HPacD-NM#fndtn-specifications>.
- [47] W. M. S.A., "WNI MÉXICO", 4 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.wni.mx/index.php/tools/131-airlink-de-ubiquiti>.
- [48] Ubiquiti, "Ubiquiti AirFiber", 2022. [En línea]. Available: <https://store.ui.com/collections/operator-airfiber/products/airfiber-5xhd>.
- [49] SYSCOM, "SYSCOM Mexico", 4 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://soporte.syscom.mx/es/articles/3680057-mimosa-herramienta-para-diseno-de-enlaces-ftp-ptmp>.

- [50] Mimosa, "Data Sheet Mimosa C5c", 2018, <https://mimosa.co/uploads/docs/Mimosa-C5c-Datasheet.pdf>.
- [51] L. Carvajal, "Metodología de la Investigación Científica". Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [52] S. Buettrich y A. Escudero Pascual, "Unidad 4: Topología e Infraestructura básica de Redes Inalámbricas", Tricalcar, vol. Version Final, p. 3'14, 2007.
- [53] D. D. Coleman y D. A. Westcott, "Certified Wireless Network Administrator", Fifth Edition ed., Estados Unidos: Sybex, 2018.
- [54] Mikrotik, "Mikrotik Productos", 4 Noviembre 2022. [En línea]. Available: https://mikrotik.com/product/lhg_xl_5_ac#fndtn-specifications.
- [55] Mikrotik, "Mikrotik Productos," 4 Noviembre 2022. [En línea]. Available: https://mikrotik.com/product/lhg_5_ac#fndtn-specifications.
- [56] Mikrotik, "LHG 5 series", Data Sheet LHG 5 series, vol. 1, p. 3, 2022.
- [57] Ubiquiti, "Tienda Ubiquiti", 4 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://store.ui.com/collections/operator-airmax-devices/products/powerbeam-5ac-gen2>.

ANEXOS

ANEXO I. MODELO DE DECLARACIÓN JURAMENTADA

ANEXO II. PROFORMA DE PRECIOS DE ANTENAS

ANEXO III. DATA SHEET NETMETAL 5

ANEXO IV. DATA SHEET AirFiber5XHD

ANEXO V. DATA SHEET AF-5G23-S45

ANEXO VI. REPORTE MIMOSA DESING TOOL

ANEXO VII. DATA SHEET Mimososa C5c

ANEXO I

MODELO DE DECLARACIÓN JURAMENTADA

- Modelo del contenido de la declaración juramentada de la **PERSONA NATURAL** que no tiene vinculación:

“No me encuentro vinculado con alguna empresa o grupo de empresas; de servicios del régimen general de telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico; No me encuentro impedido de contratar con el Estado, y no me encuentro incurso en las prohibiciones o inhabilidades previstas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones; incluyendo lo dispuesto en el artículo 139 de la Ley ibídem(...).”

- Modelo del contenido de la declaración juramentada de **PERSONA JURÍDICA – REPRESENTANTE LEGAL** que no tiene vinculación:

“Mi representada, no tiene vinculación con alguna empresa o grupo de empresas de servicios del régimen general de telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico; Mi representada no se encuentra impedida de contratar con el Estado ni esta incurso en las prohibiciones o inhabilidades previstas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones; incluyendo lo dispuesto en el artículo 139 de la Ley ibídem”

- Modelo del contenido de la declaración juramentada de los **SOCIOS** que no tienen vinculación:

“YO XXXXX en calidad de socio de la compañía xxxxxxxx, no me encuentro vinculado con alguna empresa o grupo de empresas; de servicios del régimen general de telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico; No me encuentro impedido de contratar con el Estado, y no me encuentro incurso en las prohibiciones o inhabilidades previstas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones; incluyendo lo dispuesto en el artículo 139 de la Ley ibídem (...).”

La información presentada en la declaración juramentada se validará en los sistemas informáticos **SACOF, SIRA TV, SUPERINTENDENCIA DE COMPAÑÍAS** y **SERVICIO DE RENTAS INTERNAS**, en caso de exista contradicciones se procederá con el archivo del trámite.

ANEXO II



COTIZACIÓN: 000009730

SINCABLES C.A.

1792528399001

Fecha Emisión 23/01/2023

Fecha de Entrega 23/01/2023

Fecha de Expiración 23/01/2023

Dirección: AV. 6 DE DICIEMBRE N25-96 Y LEONIDAS BATALLAS LOCAL 5 SECTOR BACA
ORTÍZ - QUITO

Teléfono: 02-5152400,099-3679545

Correo: ventas@sincables.ec

Obligado a Llevar Contabilidad: Si

Agente de Retención: Resolución NAC-DNCRASC20-00000001

Información Cliente

Cédula / Ruc:	0705389146	Correos:	ronald_r2v@hotmail.com,ventas@sincables.ec
Nombre:	RIOFRIO VEGA RONALD BOLIVAR	Condición de Pago:	Contado
Teléfonos:	0994737896	Forma de Pago:	Transferencia
Dirección:	SANTA ROSA, BARRIO 24 DE MAYO, VIA CONCHEROS	Vendedor:	DIANA DURANTT
Ciudad:	Santa Rosa		

N	Código	Nombre	Cantidad	Precio U.	Descuento	Precio T.
1	AF-5XHD	UBIQUITI AIRFIBER RADIO TRANSMISOR 5GHZ SYNC GPS TRONCALES GIGABIT CONECTORIZADO RP-SMA	4,00	489,95	117,59	1.842,21
2	AF-5G23-545	UBIQUITI AIR FIBER DISH 23DBI 5GHZ SLANT 45 GRADOS PIGTAIL RP-SMA INCLUIDOS	4,00	139,95	33,59	526,21
3	ENVIO	GESTIÓN DE ENVÍO SERVIENTREGA ASEGURADO	1,00	12,00	0,00	12,00

Información Adicional

PRECIOS VIGENTES HASTA EL 31-01-2023

POR TIEMPO LIMITADO O HASTA AGOTAR STOCK

COTIZACION NO ES GARANTIA DE RESERVA SIN PREVIO PAGO, NO GARANTIZAMOS STOCK DE MERCANCIA

ACEPTAMOS EFECTIVO, DEPOSITO, TRANSFERENCIAS. LOS PAGOS REALIZADOS CON CHEQUE DEBEN EFECTIVIZARSE EN EL BANCO Y DEPOSITARSE EN LA CUENTA O DEPOSITAR DIRECTAMENTE. AL MOMENTO DE ESTAR ACREDITADOS LOS PAGOS SE PROCEDE CON LA ENTREGA DE LOS EQUIPOS

Subtotal	\$ 2.380,42
Subtotal IVA	\$ 2.380,42
Subtotal IVA 0%	\$ 0,00
Subtotal No Objeto	\$ 0,00
Subtotal Exento	\$ 0,00
Descuento	\$ 151,18
IVA	\$ 285,65
ICE	\$ 0,00
Servicio	\$ 0,00
Total	\$ 2.666,07

ANEXO III

NetMETAL 5

By supporting the 802.11ac wireless standard, the NetMETAL allows to use datarates of up to 1.3Gbps (for the T models), 256-QAM modulation and 20/40/80MHz channels. With its huge speed improvements, 802.11ac opens up new possibilities.

The NetMETAL is a completely new product in a waterproof enclosure. Its rugged design is made to withstand the toughest conditions, but at the same time is easy to use and can be opened and closed with one hand. The solid aluminium enclosure also works as a reliable heatsink for its high output power radio.

RB922 models have miniPCI-e slot for another wireless card.

Order code	RB921UAGS-5SHPaC-T-1M	RB921UAGS-5SHPaC-D-1M	RB922UAGS-5HPaC-T-1M	RB922UAGS-5HPaC-D-1M
CPU	QCA9557 720MHz network processor			
Memory	128MB DDR2 onboard memory			
Ethernet	One Gigabit port with Auto-MDI/X			
SFP	1x SFP cage available			
Extras	Beeper, signal and status LEDs, voltage and temperature sensors			
Supported channels	20/40/80MHz			
Expansion	USB 2.0 port		USB 2.0 port, 1x MiniPCIe slot, SIM slot (requires 3g miniPCIe card)	
Power input	PoE in: 8-30V DC on Ether1 (Non 802.3af)			
Operating conditions	-40C to +70C tested. Enclosure is sealed to conform with IP54 standard.			
Consumption	23W	21W	23W	17W
Dimensions	143x247x48mm; Weight: 865g			
OS	MikroTik RouterOS, Level4 license, free product lifetime upgrades			
Kit includes	RB922/R921 outdoor unit, Power adapter 24V 1.2A, PoE injector, miniPCIe mounting screws, DIN rail mount, metal mounting ring, 2x plastic mounting loops			

	RB921UAGS-5SHPaC-T-1M	RB921UAGS-5SHPaC-D-1M	RB922UAGS-5HPaC-T-1M	RB922UAGS-5HPaC-D-1M
Wireless	QCA9880 5GHz 802.11ac		QCA9882 5GHz 802.11ac	
Chains	Triple chain	Dual chain	Triple chain	Dual chain
Connector type	RP-SMA Female (outside thread)			
Connectors	3x	2x	3x	2x
TX/RX at MCS0	33dBm / -96dBm	31dBm / -96dBm	32dBm / -96dBm	30dBm / -96dBm
TX/RX at MCS7	31dBm / -77dBm	29dBm / -77dBm	29dBm / -77dBm	27dBm / -77dBm
TX/RX at MCS9	27dBm / -72dBm	25dBm / -72dBm	24dBm / -72dBm	22dBm / -72dBm
TX/RX at 6Mbit	33dBm / -96dBm	31dBm / -96dBm	33dBm / -96dBm	31dBm / -96dBm
TX/RX at 54Mbit	31dBm / -81dBm	29dBm / -81dBm	29dBm / -81dBm	27dBm / -81dBm
Frequency range	4920-6100 MHz, Operating range limited by Country Regulations			



24V 1.2A Adapter Metal ring Gigabit PoE injector DIN mount miniPCI screws



ANEXO IV

airFiber[®] 5XHD

DATASHEET



5 GHz Carrier Radio with LTU™ Technology

Up to 1+ Gbps Real Throughput, 100+ km Range

Full-Band Certification including DFS

Ubiquiti's LTU Custom Silicon



Ten years ago, Ubiquiti sparked a global Wireless ISP revolution with the introduction of NanoStation® — a cost-disruptive 802.11 Wi-Fi long range outdoor plug and play radio. The NanoStation broke down technical and financial barriers for WISP's around the world, enabling nearly any operator to deploy scalable networks and grow profitable business models.

As bandwidth demands and scalability challenges increased through the years, Ubiquiti responded with performance-enhancing innovations such as the airMAX® TDMA protocol, PRISM® active RF filtering, and GPS synchronization — all working to extract every ounce of potential from consumer 802.11 Wi-Fi chipsets.

However, we always knew that one day growing subscriber bandwidth demands combined with an increasingly crowded unlicensed RF spectrum would expose the fundamental limitations of 802.11 Wi-Fi silicon and ultimately threaten the survival of our industry.

Years ago, a core group of engineers at Ubiquiti set out to make sure this day would never come. We began an ambitious plan that would span millions of man hours of development and tens of millions of dollars of investment. The result was a new technology and ASIC chipset created from the ground floor up specifically for the Wireless ISP industry — a technology we believe positions our Industry to succeed in the new challenging landscape of the future. Welcome to what we call the Long Term Ubiquiti vision, or simply LTU™.



Overview

Ubiquiti continues to disrupt the wireless broadband market with revolutionary LTU technology that breaks through the limitations of 802.11 Wi-Fi technology. Designed for use in the 5 GHz frequency band, the new airFiber® AF-5XHD is Ubiquiti's first LTU radio, offering greater channel bandwidths of up to 100 MHz, and more advanced RF components.

Pair the AF-5XHD with a compatible Ubiquiti® airFiber X antenna or RocketDish™ antenna for a complete 5 GHz Point-to-Point (PtP) solution.

An IP67 upgrade kit is included to provide enhanced protection from dust and water.

Engineered for Performance

Designed specifically for the Wireless ISP industry from the ground floor up, the AF-5XHD's custom LTU silicon and radio architecture provide breakthrough performance. Its core communications processing engine surpasses the limitations inherent to generic Wi-Fi chips to provide low latency, long-range capability, DFS flexibility, higher constellations, and better power output, along with improved receive sensitivity.

The AF-5XHD features industry-leading 21.2 bps/Hz spectral efficiency*, line-rate data packet processing for up to 1.34 Gbps of real data throughput*, and innovative xtreme Range Technology (xRT™).

* Assuming 4096QAM (requires firmware version 1.1.2 or above).



Key Features

The AF-5XHD offers the following advanced features:

- **Auto Output Power** Enabled by default, the Auto Output Power option causes the AF-5XHD to set the output power (EIRP) to the appropriate level.
- **Programmable Transmit Power** The radio's transmit power level can be programmed up to +29 dBm.
- **Programmable DL/UL Ratio** The AF-5XHD can split downlink and uplink traffic and support asymmetric traffic as needed. DL/UL ratios include 25%, 33%, 50%, 67%, and 75%. The DL/UL Ratio is an essential part of GPS sync functionality; it must be the same in all APs that you wish to synchronize.
- **Configurable GPS Synchronization** The AF-5XHD offers configurable support for 2, 2.5, 4, and 5 ms frames. Timing is compatible with all other synchronous systems, and 5 ms frame length is compatible with airMAX networks.
- **Split TX and RX Frequency**¹ The radio can operate on different frequencies for TX and RX, allowing great flexibility for interference avoidance.
- **Split TX and RX Channel Bandwidth**² Support for different channel bandwidths for TX and RX allows users to scale required data capacity more efficiently.
- **Adaptive Modulation up to 4096QAM**¹ Adaptive modulation rates of up to 4096QAM are supported.
- **Dual Redundant Gigabit Ethernet Ports with PoE** The AF-5XHD has two Gigabit Ethernet ports that can be used for redundant PoE power.
- **Bluetooth Wireless Configuration** Use the built-in Bluetooth interface for wireless configuration.
- **AlignLock™ Antenna Aiming Guard** This alerts the user when the radio or antenna aiming is changed due to tampering, impact, or storm damage.
- **Redundant Images for Fail-Safe Configuration** Creation of backup firmware images ensures fail-safe configuration and enhances reliability.
- **Persistent Spectrum Analysis with Dedicated RX** Perform real-time spectral analysis for the full band on live links without interrupting the link operation.
- **Wide Voltage Range, Enhanced Surge Protection** The AF-5XHD has an operating voltage range of 19-50VDC³ and provides enhanced surge protection.

¹ Requires firmware version 1.1.2 or above
² Available with a future firmware upgrade
³ Depends on length of Ethernet cable

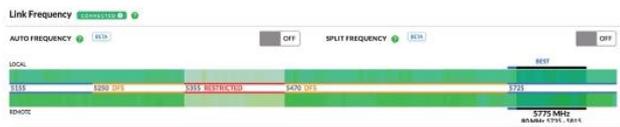
Software

The airFiber AF-5XHD uses Ubiquiti's airOS[®] LTU software, which offers you a variety of advanced features.

Powerful New Features

Version 1.1.2 offers many new features to help make your network faster, easier to operate, and more resistant to interference:

- **Frequency Split** Use this to configure separate TX and RX frequencies. This feature is very helpful in environments where certain channels may be experiencing interference on one end of the link, but are clear on the other end. The ability to configure different channels for each end of the link provides an ideal solution to this problem.
- **4096QAM (12x) Support** The AF-5XHD has been the only product that allows WISPs to push links beyond 256QAM while delivering unmatched spectral efficiency. With the introduction of 4096QAM, WISPs will now be able to further increase link speeds simply by upgrading the software.
- **Link Frequency Selector** Found on the Wireless screen, this feature displays a graph of the link's RF environment that includes a Best Frequency hint to help you select the clearest frequency.

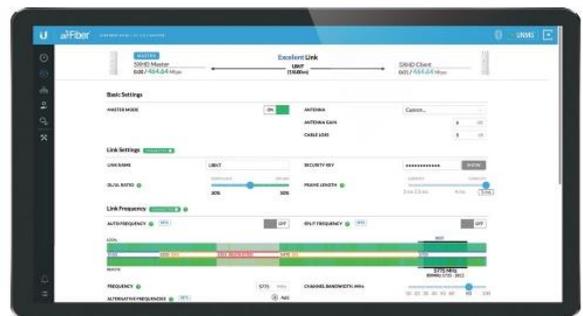


- **Seamless Frequency Changes** The link is no longer dropped when frequency-related settings (Frequency, Split Frequency, Alternative Frequencies, Auto Frequency) are changed.
- **Centralized Link Management** This feature simplifies and speeds up link management. You now only have to manage the master device; changes made to it are automatically propagated to the remote device.
- **Smart Assistant (Alerts)** The new Smart Assistant monitors and alerts you of errors and warnings, such as a missing GPS signal, Ethernet negotiation failures, or a lower than expected signal strength. The Smart Assistant also provides detailed troubleshooting instructions for fixing each problem that it identifies.
- **Auto Frequency on DFS Event (Beta)** When this option is enabled, the link automatically switches to the clearest operating frequency when a DFS event occurs.
- **Other Improvements**
 - Traffic prioritization based on DSCP/TOS bit values
 - Enhanced auto rate recovery
 - Better 4ms/5ms stability in high interference conditions
 - Wider channel stability improvements

airOS LTU



Wireless Screen



Smart Assistant Alerts



Spectral Analysis with airView

airView[®] allows you to identify noise signatures and plan your networks to minimize noise interference. airView performs the following functions:

- Constantly monitors environmental noise
- Collects energy data points in real-time spectral views
- Helps optimize channel selection, network design, and wireless performance

airView runs in the background without disabling the wireless link, so there is no disruption to the network.

In airView, there are three spectral views, each of which represents different data: waveform, waterfall, and ambient noise level.

airView provides powerful spectrum analyzer functionality, eliminating the need to rent or purchase additional equipment for conducting site surveys.

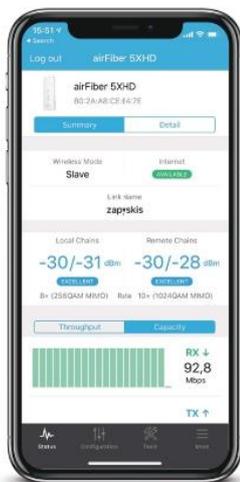
Helpful new features of airView include Zoom, used for quick zooming in/out of the airView display, and In-Band Scanning, which eliminates noise within the working channel.

UNMS App

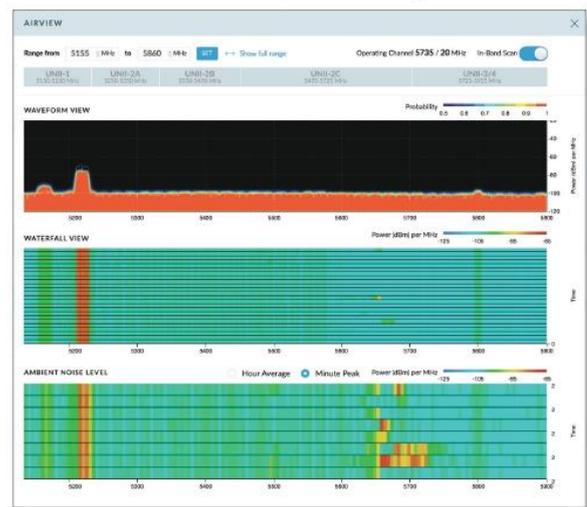
The AF-5XHD supports the Ubiquiti Network Management System. UNMS[™] is a comprehensive management controller featuring an easy-to-navigate graphic UI.

The UNMS app provides instant access to the airOS configuration interface and can be downloaded from the App Store[®] (iOS) or Google Play[™] (Android). UNMS allows you to set up, configure, and manage the AF-5XHD and offers various configuration options once you're connected or logged in.

Management Using UNMS App



Dedicated Spectral Analysis



Zoom View (UNII-1 Selected)



5 GHz Backhaul

Full-Band Certification with DFS

The AF-5XHD covers the entire, license-free, 5 GHz spectrum and includes DFS approval. Anyone around the world can deploy and operate the AF-5XHD in the 5 GHz range practically anywhere they choose (subject to local country regulations).

Optimal Operation in Unlicensed Bands

Channel width flexibility (10/20/30/40/50/60/80/100 MHz) allows independent TX and RX channel frequency configurations anywhere within the radio band to avoid local interference, and the channel centers are selectable in 1 MHz increments. You also have the ability to program different uplink and downlink duty cycles to support asymmetric traffic requirements.

Ultra-Low Latency with HDD Technology

The AF-5XHD is designed to provide the highest TDD throughput available and is engineered with proprietary Hybrid Division Duplexing* (HDD) technology.

In a backhaul link, two AF-5XHD radios use patent-pending HDD technology to calculate the propagation delay and know when each radio can transmit and receive, so they send packets in precise synchronization. Packet transmission latency is virtually eliminated.

Co-Location

Co-location is vital in many scenarios. For example, a WISP may have limited tower space, so it must co-locate all equipment within that allotted footprint.

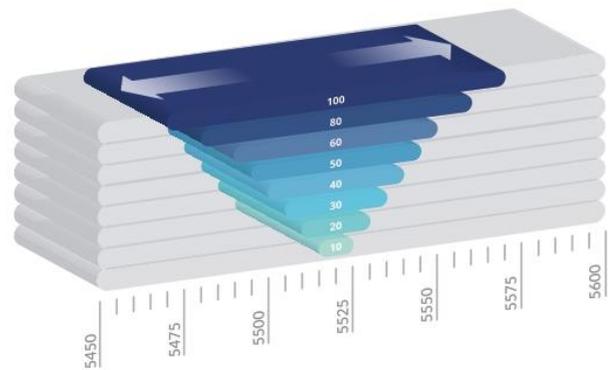
GPS Synchronization

Precise GPS frame synchronization frees the AF-5XHD from interference for superior co-location capability. GPS enables the concurrency of TX and RX frames so you can co-locate the AF-5XHD radios and enhance the overall performance of your backhaul links.

Clean Power Output

Using digital pre-distortion compensation and multi-IFFT processing, the innovative RF design delivers ultra-clean power output that improves noise immunity and co-location performance. This reduces the potential impact on the RF noise environment and allows for the use of higher-order modulation, such as 1024QAM.

* Available with a future firmware upgrade



Deployment Flexibility

The AF-5XHD can be used with existing airFiber slant-polarized antennas for improved noise immunity and Signal-to-Noise Ratio (SNR). It is compatible with multiple Ubiquiti airFiber X antennas offering gain of 23 to 34 dBi. The compact form factor of the AF-5XHD allows it to fit into the radio mount of airFiber X antennas, so installation requires no special tools.

airFiber X Antenna Model Summary

The airFiber X antennas are purpose-built with 45° slant polarity for seamless integration with the AF-5XHD. Pair the AF-5XHD with one of the following airFiber X antennas:



	AF-5G23-S45	AF-5G30-S45	AF-5G34-S45
Freq.	5 GHz	5 GHz	5 GHz
Gain	23 dBi	30 dBi	34 dBi

RocketDish Model Summary

You can also pair the AF-5XHD with one of the RocketDish antennas shown below using the included Universal Bracket or by using a kit to convert the RocketDish to 45° slant polarity.



	RD-5G30	RD-5G34
Freq.	5 GHz	5 GHz
Gain	30 dBi	34 dBi

Conversion Kit

The 5 GHz RocketDish to airFiber Antenna Conversion Kit (model AF-5G-OMT-S45) converts the RocketDish RD-5G30 or RD-5G34 antenna for use with the AF-5XHD.



airFiber AF-5XHD	
Dimensions	224 x 82 x 48 mm (8.82 x 3.23 x 1.89")
Weight	0.35 kg (12.3 oz)
RF Connectors	(2) RP-SMA Weatherproof (CH0, CH1) (1) SMA Weatherproof (GPS)
GPS Antenna	External, Magnetic Base
Power Supply	24V, 1A Gigabit PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet Pins 1, 2, 4, 5 (+) and Pins 7, 8, 3, 6 (-)
Max. Power Consumption	6-12W ¹
Supported Voltage Range	+18 to +54VDC ²
Mounting	airFiber X Mount (Rocket Mount Compatible) GPS Pole Mount (Included)
Operating Temperature	-40 to 55° C (-40 to 131° F)
Weatherproofing	IP67 ³
Certifications	CE, FCC, IC



System	
Processor	airFiber LTU IC
Maximum Throughput	1.34 Gbps ^{4, 5}
Maximum Range	100 km ⁴
Packets per Second	2+ Million ⁶
Latency	1.5 ms - 3.5 ms ⁷
Encryption	AES-256
OS	airOS LTU
Wireless Modes	PtP Master/Slave

¹ Varies with firmware load and operational mode.

² Full range depends on Ethernet cable length.

³ After installation of IP67 upgrade kit (included).

⁴ Throughput and range values may vary depending on the environmental conditions.

⁵ Assuming 4096QAM (requires firmware version 1.1.2 or above).

⁶ Hardware bridge mode only.

⁷ Based on 2 ms frame.

Networking Interface	
Data Port	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Management Port	(1) 10/100/1000 Ethernet Port Bluetooth v4.0

Radio	
Max. Conducted TX Power	29 dBm (Dependent on Regulatory Region)
Frequency Accuracy	< 2 ppm
Channel Bandwidth	10/20/30/40/50/60/80/100 MHz Selectable Programmable Uplink and Downlink Duty Cycles



Operating Frequency (MHz)	
Worldwide	4800 - 6200*
US/CA U-NII-1 U-NII-2A U-NII-2C U-NII-3	5150 - 5250 5250 - 5350 5470 - 5725 5725 - 5850

* Depends on regulatory region.

Bluetooth LE Management Radio (MHz)	
Worldwide	2400 - 2483.5

Suggested Max. TX Power	
12x	12 - 15 dBm
10x	19 - 20 dBm
8x	21 - 22 dBm
6x	23 - 24 dBm
4x	29 dBm
2x	29 dBm
1x	29 dBm

Receive Sensitivity (dBm)		Sensitivity							
Modulation Rate	Modulation	10 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	50 MHz	60 MHz	80 MHz	100 MHz
		12x	4096QAM	-56	-53	-51	-49	-47	-44
10x	1024QAM	-66	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51
8x	256QAM	-72	-69	-67	-65	-63	-61	-59	-57
6x	64QAM	-78	-75	-73	-71	-69	-67	-65	-63
4x	16QAM MIMO	-84	-81	-79	-77	-75	-73	-71	-69
2x	QPSK MIMO	-88	-85	-83	-82	-81	-80	-79	-78
1x	½ Rate QPSK xRT	-90	-87	-85	-84	-83	-82	-81	-80



		TDD Capacity (Mbps)*							
MCS		Channel Width							
		10 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	50 MHz	60 MHz	80 MHz	100 MHz
QPSK SISO	Upload	5.76	12.16	18.24	24.32	29.76	35.20	45.44	54.72
	Download	5.76	12.16	18.24	24.32	29.76	35.20	45.44	54.72
	Aggregate	11.52	24.32	36.48	48.64	59.52	70.40	90.88	109.44
QPSK MIMO	Upload	11.52	24.32	36.48	48.64	59.52	70.40	90.88	109.44
	Download	11.52	24.32	36.48	48.64	59.52	70.40	90.88	109.44
	Aggregate	23.04	48.64	72.96	97.28	119.04	140.80	181.76	218.88
16 QAM MIMO	Upload	23.04	48.64	72.96	97.28	119.04	140.80	181.76	218.88
	Download	23.04	48.64	72.96	97.28	119.04	140.80	181.76	218.88
	Aggregate	46.08	97.28	145.92	194.56	238.08	281.60	363.52	437.76
64 QAM MIMO	Upload	34.56	72.96	109.44	145.92	178.56	211.20	272.64	328.32
	Download	34.56	72.96	109.44	145.92	178.56	211.20	272.64	328.32
	Aggregate	69.12	145.92	218.88	291.84	357.12	422.40	545.28	656.64
256 QAM MIMO	Upload	46.08	97.28	145.92	194.56	238.08	281.60	363.52	437.76
	Download	46.08	97.28	145.92	194.56	238.08	281.60	363.52	437.76
	Aggregate	92.16	194.56	291.84	389.12	476.16	563.20	727.04	875.52
1024 QAM MIMO	Upload	57.60	121.60	182.40	243.20	297.60	352.00	454.40	547.20
	Download	57.60	121.60	182.40	243.20	297.60	352.00	454.40	547.20
	Aggregate	115.20	243.20	364.80	486.40	595.20	704.00	908.80	1,094.40
4096 QAM MIMO	Upload	69.12	145.92	218.88	291.84	357.12	422.40	545.28	656.64
	Download	69.12	145.92	218.88	291.84	357.12	422.40	545.28	656.64
	Aggregate	138.24	291.84	437.76	583.68	714.24	844.80	1,090.56	1,313.28

* For 2ms frame length



Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at: ui.com/support/warranty
 The limited warranty requires the use of arbitration to resolve disputes on an individual basis, and, where applicable, specify arbitration instead of jury trials or class actions.
 ©2018-2020 Ubiquiti Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti U logo, the Ubiquiti beam logo, airFiber, airMAX, airOS, AlignLock, LTU, NanoStation, Prism, Rocket, RocketDish, UNMS, and xRT are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Inc., in the United States and in other countries. Apple and the Apple logo are trademarks of Apple Inc., registered in the U.S. and other countries. App Store is a service mark of Apple, Inc., registered in the U.S. and other countries. Android, Google, Google Play, the Google Play logo and other marks are trademarks of Google LLC. All other trademarks are the property of their respective owners.



Anexo V



airFiber X Antenna

5 GHz, 23 dBi Slant 45

Antenna for airFiber[®]

Model: AF-5G23-S45

QUICK START GUIDE

Introduction

Thank you for purchasing the Ubiquiti Networks® airFiber® X Antenna. This Quick Start Guide is designed to guide you through installation and includes the warranty terms.

Package Contents



airFiber X Antenna



Protective Shroud



Mount Bracket



Clamp Bracket



U-Bolt



Cable Tie



Hex Bolts with Washer Set (M8x20, Qty. 4)



Flange Nuts (M8, Qty. 2)



Hex Nuts (M8, Qty. 2)



Quick Start Guide

TERMS OF USE: Ubiquiti radio devices must be professionally installed. Shielded Ethernet cable and earthing grounding must be used as conditions of product warranty. TQUG HCA file is designed for outdoor installations. It is the customer's responsibility to follow local country regulations, including operation within legal frequency channels, output power and Dynamic Frequency Selection (DFS) requirements.

Installation Requirements

- 5 GHz airFiber X radio (sold separately)
- 13 mm wrench

Other Requirements

- Clear line of sight between airFiber radios
- Clear view of the sky for proper GPS operation
- Vertical mounting orientation
- Mounting point:
 - At least 1 m below the highest point on the structure
 - For tower installations, at least 3 m below the top of the tower
- Ground wires – min. 10 AWG (5 mm²) and max. length: 1 m. As a safety precaution, ground the airFiber radio to grounded masts, poles, towers, or grounding bars.



WARNING: Failure to properly ground your airFiber radio will void your warranty.

- (Recommended) 2 Outdoor Gigabit PoE surge protectors



Note: For guidelines about grounding and lightning protection, follow your local electrical regulatory codes.

- Outdoor, shielded Category 6 (or above) cabling and shielded RJ-45 connectors are required for all wired Ethernet connections.

Installation

 **Important:** Handle the airFiber X Antenna with care. Deformations in its reflector may reduce the antenna's effectiveness.

1. Attach the airFiber X radio to the antenna by aligning the four tabs on the back of the radio with the slots of the radio mount. Then slide the radio down to lock it into place.



2. Attach the RF connectors to the radio in this combination: +45° to *Chain 0* and -45° to *Chain 1*. Then slide the jackets over the RF connectors to protect them.



3. Attach the external GPS antenna (included with the radio) to the RF connector labeled *GPS* on the radio.



4. Attach the *Protective Shroud* by sliding it down over the radio until it locks into the radio mount.



5. Insert the *U-Bolt* through the slots of the *Mount Bracket*.



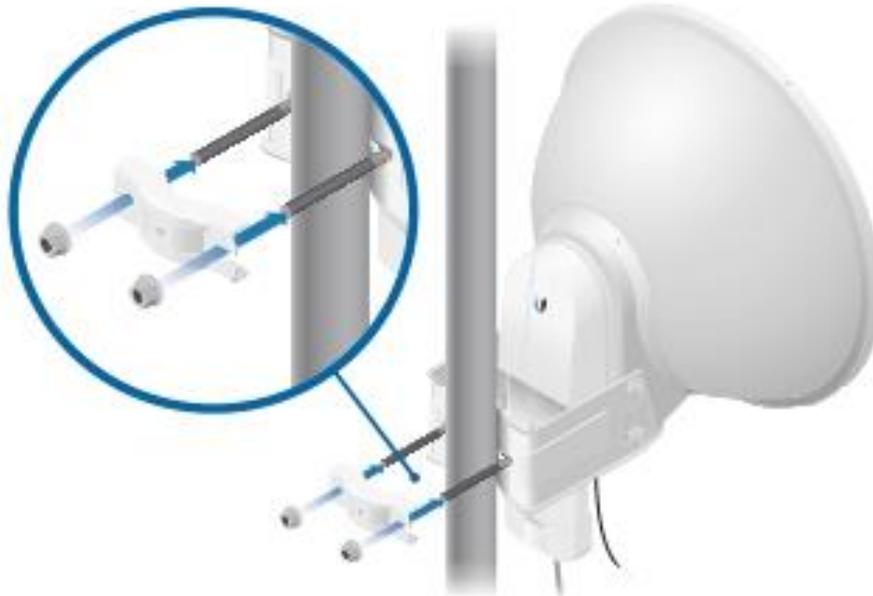
6. Fasten the *U-Bolt* to the *Mount Bracket* with the *Cable Tie*.



7. Secure the *Mount Bracket* to the antenna using the four *Hex Bolts with Washer Set*.



8. Position the antenna at the desired location on the pole and secure it:
 - a. Slide the *Clamp Bracket* over the *U-Bolt*.
 - b. Fasten one *Flange Nut* on each end of the *U-Bolt*.

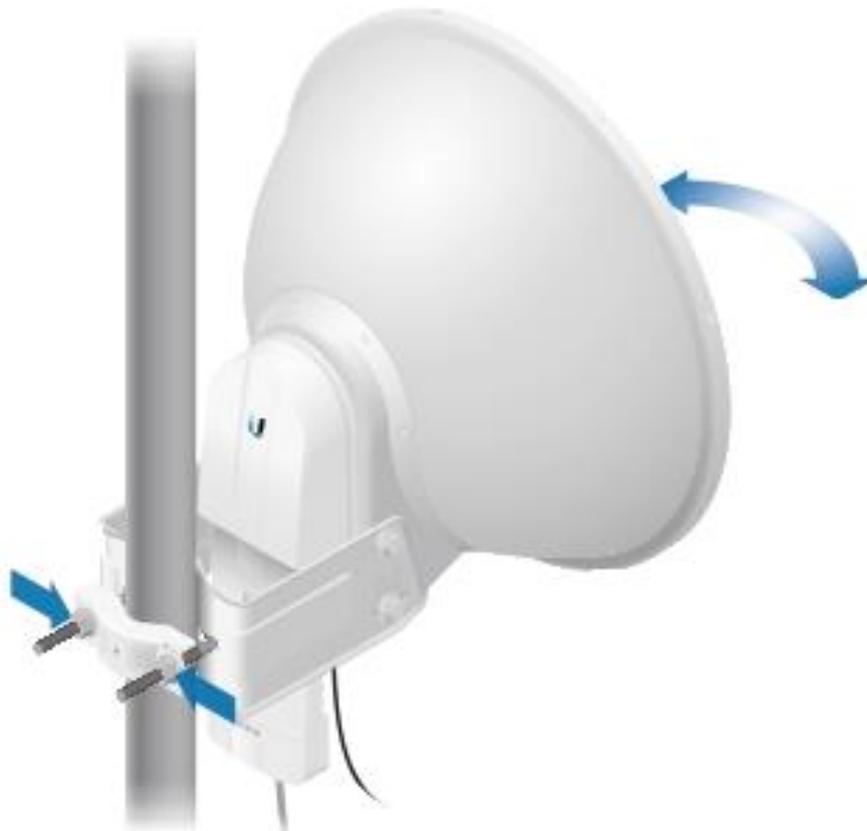


 **Note:** The mounting assembly can accommodate a \varnothing 38 - 64 mm pole.

Aligning the Antenna

Optimize the airFiber link by adjusting one end of the link at a time. Refer to the airFiber X radio Quick Start Guide for additional details.

1. Adjust the azimuth and aim the antenna toward the other end of the link:
 - a. Loosen the two *Flange Nuts* on the *U-Bolt*.
 - b. Rotate the antenna to point towards the other end of the link.
 - c. Tighten the two *Flange Nuts*.



2. The elevation angle may be adjusted $\pm 15^\circ$. Adjust the elevation angle:
 - a. Loosen the four *Hex Bolts* on both sides of the antenna.
 - b. Pivot the antenna to the desired elevation.
 - c. Tighten the four *Hex Bolts*.



3. Repeat steps 1 and 2 as needed to optimize the link.



640-00173-01

4. Once the link is optimized, lock the aim:
 - a. Tighten all bolts and nuts to approximately 25 N-m.
 - b. Fasten the two *Hex Nuts* to the *U-Bolt* to prevent the *Flange Nuts* from loosening.



Specifications

AF-5G23-S45	
Dimensions	378 x 378 x 290 mm (14.88 x 14.88 x 11.42")
Weight	3.4 kg (7.5 lb) (Mount Included)
Frequency	5.1 - 5.9 GHz
Gain	23 dBi
Max. VSWR	1.5:1
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	190 N @ 200 km/h (43 lbf @ 125 mph)
Polarization	Dual Linear
F/B Ratio	33 dB
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount for Ø 38 - 64 mm (Ø 1.5 - 2.5") Poles

Safety Notices

1. Read, follow, and keep these instructions.
2. Heed all warnings.
3. Only use attachments/accessories specified by the manufacturer.

 **WARNING:** Do not use this product in location that can be submerged by water.

 **WARNING:** Avoid using this product during an electrical storm. There may be a remote risk of electric shock from lightning.

Electrical Safety Information

1. Compliance is required with respect to voltage, frequency, and current requirements indicated on the manufacturer's label. Connection to a different power source than those specified may result in improper operation, damage to the equipment or pose a fire hazard if the limitations are not followed.
2. There are no operator serviceable parts inside this equipment. Service should be provided only by a qualified service technician.

Limited Warranty

UBIQUITI NETWORKS, Inc ("UBIQUITI NETWORKS") warrants that the product(s) furnished hereunder (the "Product(s)") shall be free from defects in material and workmanship for a period of one (1) year from the date of shipment by UBIQUITI NETWORKS under normal use and operation. UBIQUITI NETWORKS' sole and exclusive obligation and liability under the foregoing warranty shall be for UBIQUITI NETWORKS, at its discretion, to repair or replace any Product that fails to conform to the above warranty during the above warranty period. The expense of removal and reinstallation of any Product is not included in this warranty. The warranty period of any repaired or replaced Product shall not extend beyond its original term.

Warranty Conditions

The above warranty does not apply if the Product:

- (I) has been modified and/or altered, or an addition made thereto, except by Ubiquiti Networks, or Ubiquiti Networks' authorized representatives, or as approved by Ubiquiti Networks in writing;
- (II) has been painted, rebranded or physically modified in any way;
- (III) has been damaged due to errors or defects in cabling;
- (IV) has been subjected to misuse, abuse, negligence, abnormal physical, electromagnetic or electrical stress, including lightning strikes, or accident;
- (V) has been damaged or impaired as a result of using third party firmware;
- (VI) has no original Ubiquiti MAC label, or is missing any other original Ubiquiti label(s); or
- (VII) has not been received by Ubiquiti within 30 days of issuance of the RMA.

In addition, the above warranty shall apply only if: the product has been properly installed and used at all times in accordance, and in all material respects, with the applicable Product documentation; all Ethernet cabling runs use CAT5 (or above), and for outdoor installations, shielded Ethernet cabling is used, and for indoor installations, indoor cabling requirements are followed.

Returns

No Products will be accepted for replacement or repair without obtaining a Return Materials Authorization (RMA) number from UBIQUITI NETWORKS during the warranty period, and the Products being received at UBIQUITI NETWORKS' facility freight prepaid in accordance with the RMA process of UBIQUITI NETWORKS. Products returned without an RMA number will not be processed and will be returned freight collect or subject to disposal. Information on the RMA process and obtaining an RMA number can be found at: www.ubnt.com/support/warranty.

Disclaimer

EXCEPT FOR ANY EXPRESS WARRANTIES PROVIDED HEREIN, UBIQUITI NETWORKS, ITS AFFILIATES, AND ITS AND THEIR THIRD PARTY DATA, SERVICE, SOFTWARE AND HARDWARE PROVIDERS HEREBY DISCLAIM AND MAKE NO OTHER REPRESENTATION OR WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, REPRESENTATIONS, GUARANTEES, OR WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, ACCURACY, QUALITY OF SERVICE OR RESULTS, AVAILABILITY, SATISFACTORY QUALITY, LACK OF VIRUSES, QUIET ENJOYMENT, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NON-INFRINGEMENT AND ANY WARRANTIES ARISING FROM ANY COURSE OF DEALING, USAGE OR TRADE PRACTICE IN CONNECTION WITH SUCH PRODUCTS AND SERVICES. BUYER ACKNOWLEDGES THAT NEITHER UBIQUITI NETWORKS NOR ITS THIRD PARTY PROVIDERS CONTROL BUYER'S EQUIPMENT OR THE TRANSFER OF DATA OVER COMMUNICATIONS FACILITIES, INCLUDING THE INTERNET, AND THAT THE PRODUCTS AND SERVICES MAY BE SUBJECT TO LIMITATIONS, INTERRUPTIONS, DELAYS, CANCELLATIONS AND OTHER PROBLEMS INHERENT IN THE USE OF COMMUNICATIONS FACILITIES. UBIQUITI NETWORKS, ITS AFFILIATES AND ITS AND THEIR THIRD PARTY PROVIDERS ARE NOT RESPONSIBLE FOR ANY INTERRUPTIONS, DELAYS, CANCELLATIONS, DELIVERY FAILURES, DATA LOSS, CONTENT CORRUPTION, PACKET LOSS, OR OTHER DAMAGE RESULTING FROM ANY OF THE FOREGOING. In addition, UBIQUITI NETWORKS does not warrant that the operation of the Products will be error-free or that operation will be uninterrupted. In no event shall UBIQUITI NETWORKS be responsible for damages or claims of any nature or description relating to system performance, including coverage, buyer's selection of products (including the Products) for buyer's application and/or failure of products (including the Products) to meet government or regulatory requirements.

Limitation of Liability

EXCEPT TO THE EXTENT PROHIBITED BY LOCAL LAW, IN NO EVENT WILL UBIQUITI OR ITS SUBSIDIARIES, AFFILIATES OR SUPPLIERS BE LIABLE FOR DIRECT, SPECIAL, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL OR OTHER DAMAGES (INCLUDING LOST PROFIT, LOST DATA, OR DOWNTIME COSTS), ARISING OUT OF THE USE, INABILITY TO USE, OR THE RESULTS OF USE OF THE PRODUCT, WHETHER BASED IN WARRANTY, CONTRACT, TORT OR OTHER LEGAL THEORY, AND WHETHER OR NOT ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

Note

Some countries, states and provinces do not allow exclusions of implied warranties or conditions, so the above exclusion may not apply to you. You may have other rights that vary from country to country, state to state, or province to province. Some countries, states and provinces do not allow the exclusion or limitation of liability for incidental or consequential damages, so the above limitation may not apply to you. EXCEPT TO THE EXTENT ALLOWED BY LOCAL LAW, THESE WARRANTY TERMS DO NOT EXCLUDE, RESTRICT OR MODIFY, AND ARE IN ADDITION TO, THE MANDATORY STATUTORY RIGHTS APPLICABLE TO THE LICENSE OF ANY SOFTWARE (EMBEDDED IN THE PRODUCT) TO YOU. The United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods shall not apply to any transactions regarding the sale of the Products.

Compliance

RF Exposure Warning

The antenna and transmitter must be installed to provide a separation distance from all persons and must not be located or operating in conjunction with any other antenna or transmitter. For the specific separation distance, refer to the Quick Start Guide for your airFiber radio (transmitter).

L'antenne et l'émetteur doit être installé pour fournir une distance de séparation de toute les personnes et ne doit pas être situé ou opérant en conjonction avec une autre antenne ou un autre émetteur. Pour la distance spécifique de séparation, se référer au Guide de démarrage rapide pour votre appareil airFiber radio (l'émetteur).

RoHS/WEEE Compliance Statement



English

European Directive 2002/96/EC requires that the equipment bearing this symbol on the product and/or its packaging must not be disposed of with unsorted municipal waste. The symbol indicates that this product should be disposed of separately from regular household waste streams. It is your responsibility to dispose of this and other electric and electronic equipment via designated collection facilities appointed by the government or local authorities. Correct disposal and recycling will help prevent potential negative consequences to the environment and human health. For more detailed information about the disposal of your old equipment, please contact your local authorities, waste disposal service, or the shop where you purchased the product.

Deutsch

Die Europäische Richtlinie 2002/96/EC verlangt, dass technische Ausrüstung, die direkt am Gerät und/oder an der Verpackung mit diesem Symbol versehen ist, nicht zusammen mit unsortiertem Gemeindeabfall entsorgt werden darf. Das Symbol weist darauf hin, dass das Produkt von regulärem Haushaltsmüll getrennt entsorgt werden sollte. Es liegt in Ihrer Verantwortung, dieses Gerät und andere elektrische und elektronische Geräte über die dafür zuständigen und von der Regierung oder örtlichen Behörden dazu bestimmten Sammelstellen zu entsorgen. Ordnungsgemäßes Entsorgen und Recyceln trägt dazu bei, potentielle negative Folgen für Umwelt und die menschliche Gesundheit zu vermeiden. Wenn Sie weitere Informationen zur Entsorgung Ihrer Altgeräte benötigen, wenden Sie sich bitte an die örtlichen Behörden oder städtischen Entsorgungsdienste oder an den Händler, bei dem Sie das Produkt erworben haben.

Español

La Directiva 2002/96/CE de la UE exige que los equipos que lleven este símbolo en el propio aparato y/o en su embalaje no deben eliminarse junto con otros residuos urbanos no seleccionados. El símbolo indica que el producto en cuestión debe separarse de los residuos domésticos convencionales con vistas a su eliminación. Es responsabilidad suya desechar este y cualesquiera otros aparatos eléctricos y electrónicos a través de los puntos de recogida que ponen a su disposición el gobierno y las autoridades locales. Al desechar y reciclar correctamente estos aparatos estará contribuyendo a evitar posibles consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud de las personas. Si desea obtener información más detallada sobre la eliminación segura de su aparato usado, consulte a las autoridades locales, al servicio de recogida y eliminación de residuos de su zona o pregunte en la tienda donde adquirió el producto.

Français

La directive européenne 2002/96/CE exige que l'équipement sur lequel est apposé ce symbole sur le produit et/ou son emballage ne soit pas jeté avec les autres ordures ménagères. Ce symbole indique que le produit doit être éliminé dans un circuit distinct de celui pour les déchets des ménages. Il est de votre responsabilité de jeter ce matériel ainsi que tout autre matériel électrique ou électronique par les moyens de collecte indiqués par le gouvernement et les pouvoirs publics des collectivités territoriales. L'élimination et le recyclage en bonne et due forme ont pour but de lutter contre l'impact néfaste potentiel de ce type de produits sur l'environnement et la santé publique. Pour plus d'informations sur le mode d'élimination de votre ancien équipement, veuillez prendre contact avec les pouvoirs publics locaux, le service de traitement des déchets, ou l'endroit où vous avez acheté le produit.

Italiano

La direttiva europea 2002/96/EC richiede che le apparecchiature consegnate con questo simbolo sul prodotto e/o sull'imballaggio non siano smaltite insieme ai rifiuti urbani non differenziati. Il simbolo indica che questo prodotto non deve essere smaltito insieme ai normali rifiuti domestici. È responsabilità del proprietario smaltire sia questi prodotti sia le altre apparecchiature elettriche ed elettroniche mediante le specifiche strutture di raccolta indicate dal governo o dagli enti pubblici locali. Il corretto smaltimento ed il riciclaggio aiuteranno a prevenire conseguenze potenzialmente negative per l'ambiente e per la salute dell'essere umano. Per ricevere informazioni più dettagliate circa lo smaltimento delle vecchie apparecchiature in Vostro possesso, Vi invitiamo a contattare gli enti pubblici di competenza, il servizio di smaltimento rifiuti o il negozio nel quale avete acquistato il prodotto.

Declaration of Conformity

Česky [Czech]	UBIQUITI NETWORKS tímto prohlašuje, že toto UBIQUITI NETWORKS zařízení, je ve shodě se základními požadavky a dalšími příslušnými ustanoveními směrnice 1999/5/ES.
Dansk [Danish]	Hermed, UBIQUITI NETWORKS, erklærer at denne UBIQUITI NETWORKS enhed, er i overensstemmelse med de væsentlige krav og øvrige relevante krav i direktiv 1999/5/EF.
Nederlands [Dutch]	Hierbij verklaart UBIQUITI NETWORKS, dat deze UBIQUITI NETWORKS apparaat, in overeenstemming is met de essentiële eisen en de andere relevante bepalingen van richtlijn 1999/5/EC.
English	Hereby, UBIQUITI NETWORKS, declares that this UBIQUITI NETWORKS device, is in compliance with the essential requirements and other relevant provisions of Directive 1999/5/EC.
Eesti [Estonian]	Käesolevaga UBIQUITI NETWORKS kinnitab, et antud UBIQUITI NETWORKS seade, on vastavus olulistele nõuetele ja teistele asjakohastele sätetele direktiivi 1999/5/EÜ.
Suomi [Finnish]	Täten UBIQUITI NETWORKS vakuuttaa, että tämä UBIQUITI NETWORKS laite, on yhdenmukainen olennaisten vaatimusten ja muiden sitä koskevien direktiivin 1999/5/EY.
Français [French]	Par la présente UBIQUITI NETWORKS déclare que l'appareil UBIQUITI NETWORKS, est conforme aux exigences essentielles et aux autres dispositions pertinentes de la directive 1999/5/CE.
Deutsch [German]	Hiermit erklärt UBIQUITI NETWORKS, dass sich dieses UBIQUITI NETWORKS Gerät, in Übereinstimmung mit den grundlegenden Anforderungen und den anderen relevanten Vorschriften der Richtlinie 1999/5/EG befindet.
Ελληνική [Greek]	Δια του παρόντος UBIQUITI NETWORKS, δηλώνει ότι αυτή η συσκευή UBIQUITI NETWORKS, είναι σε συμμόρφωση με τις βασικές απαιτήσεις και τις λοιπές σχετικές διατάξεις της οδηγίας 1995/5/EK.
Magyar [Hungarian]	Ezennel UBIQUITI NETWORKS kijelenti, hogy ez a UBIQUITI NETWORKS készülék megfelel az alapvető követelményeknek és más vonatkozó 1999/5/EK irányelv rendelkezéseit.
Íslenska [Icelandic]	Hér, UBIQUITI NETWORKS, því yfir að þetta UBIQUITI NETWORKS tæki er í samræmi við grunnkröfur og önnur viðeigandi ákvæði tilskipun 1999/5/EC.
Italiano [Italian]	Con la presente, UBIQUITI NETWORKS, dichiara che questo dispositivo UBIQUITI NETWORKS, è conforme ai requisiti essenziali ed alle altre disposizioni pertinenti della direttiva 1999/5/CE.

Latviski [Latvian]	Ar šo, UBIQUITI NETWORKS, deklarē, ka UBIQUITI NETWORKS ierīce, ir saskaņā ar būtiskajām prasībām un citiem attiecīgiem noteikumiem Direktīvā 1999/5/EK.
Lietuviškai [Lithuanian]	UBIQUITI NETWORKS deklaruoja, kad šis UBIQUITI NETWORKS įrenginys atitinka esminius reikalavimus ir kitas 1999/5/EB Direktyvos nuostatas.
Malta [Maltese]	Hawnhekk, UBIQUITI NETWORKS, tiddikjara li dan il-mezz UBIQUITI NETWORKS huwa konformi mar-rekwiżiti essenzjali u dispozizzjonijiet rilevanti oħrajn ta' Direttiva 1999/5/EC.
Norsk [Norwegian]	Herved UBIQUITI NETWORKS, erklærer at denne UBIQUITI NETWORKS enheten, er i samsvar med de grunnleggende kravene og andre relevante bestemmelser i direktiv 1999/5/EF.
Slovensky [Slovak]	Týmto UBIQUITI NETWORKS, prehlasuje, že toto UBIQUITI NETWORKS zariadenie, je v súlade so základnými požiadavkami a ďalšími relevantnými ustanoveniami smernice 1999/5/ES.
Svenska [Swedish]	Härmed UBIQUITI NETWORKS, intygar att denna UBIQUITI NETWORKS enhet är i överensstämmelse med de väsentliga egenskapskrav och övriga relevanta bestämmelser som framgår av direktiv 1999/5/EG.
Español [Spanish]	Por medio de la presente UBIQUITI NETWORKS declara que este dispositivo UBIQUITI NETWORKS, cumple con los requisitos esenciales y cualesquiera otras disposiciones aplicables o exigibles de la Directiva 1999/5/CE.
Polski [Polish]	Niniejszym, Ubiquiti Networks, oświadcza, że urządzenie UBIQUITI NETWORKS, jest zgodny z zasadniczymi wymaganiami oraz pozostałymi stosownymi postanowieniami Dyrektywy 1999/5/EC.
Português [Portuguese]	UBIQUITI NETWORKS declara que este dispositivo UBIQUITI NETWORKS, está conforme com os requisitos essenciais e outras disposições da Directiva 1999/5/CE.
Română [Romanian]	Prin prezenta, UBIQUITI NETWORKS declară că acest dispozitiv UBIQUITI NETWORKS este în conformitate cu cerințele esențiale și alte prevederi relevante ale Directivei 1999/5/CE.

Online Resources

Support support.ubnt.com

Community community.ubnt.com

Downloads downloads.ubnt.com



©2015 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti U logo, the Ubiquiti beam logo, airfiber, and TOUGH Cable 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.

PH03-13-15

Anexo VI



PROFILE

Altitude (m)

Distance (km)

SNR

☁️ 29.04 dB
☀️ 30.34 dB

RSSI

☁️ -61.2 dBm
☀️ -59.9 dBm

PHY

☁️ 360 Mbps
☀️ 360 Mbps

AGGR IP

☁️ 288 Mbps
☀️ 288 Mbps

LINK TOPOGRAPHY

Mapa Satélite

LINK SETTINGS

Channel Width	1 x 40 MHz
Center Frequency 1	5785 MHz
Power 1	16 dBm
Center Frequency 2	-
Power 2	-
Polarization	Both
Ground Level Buffer	0 m
Target SNR	25 dB
Noise Figure	4.5 dB

LINK STATS

Line of Sight	Yes
Link Distance	12.62 km
Rain Reliability	99.9
Fresnel Obstruction	0 %
Noise Floor	-90.24 dBm
Rain Fade	1.31 dB
System Loss	0.00 dB
Free Space Path Loss	129.71 dB
Interference Loss	0.00 dB
Atmospheric Attenuation	0.18 dB

[Chat with us](#)

SITE A

Site Name	Santo Domingo
Location	-0.252992/-79.170748
Address	C. Machala & Santo Domingo Ecuador
Elevation	558m
Height	30m
Tilt	-0.69 °
Heading	259.86 °

SITE B

Site Name	El Poste
Location	-0.272940/-79.282330
Address	PPG9+R3 Santo Domingo Ecuador
Elevation	381m
Height	54m
Tilt	0.69 °
Heading	79.86 °

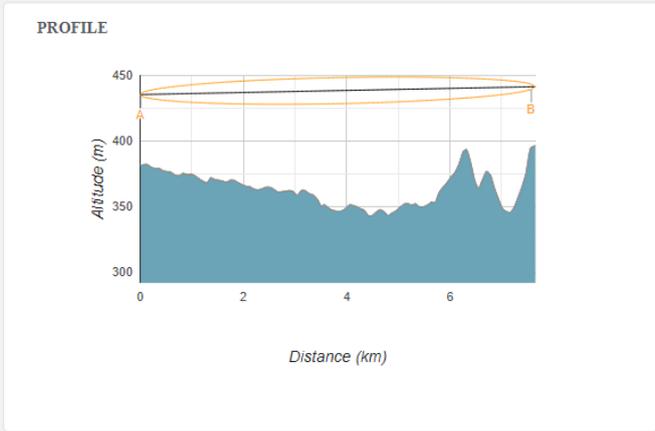
RADIO A

Radio Type	C5c
Radio Name	Santo Domingo RadioA
Noise Figure	4.5
Transmitter Power	+ 16 dBm
Mismatch/Cable Loss	-3 dB
Antenna Gain	+ 30 dBi

RADIO B

Radio Type	C5c
Radio Name	El Poste RadioB
Noise Figure	4.5
Transmitter Power	+ 22 dBm
Mismatch/Cable Loss	-3 dB
Antenna Gain	+ 30 dBi

[Chat with us](#)



SNR

☁	26.19 dB
☀	26.91 dB

RSSI

☁	-64.18 dBm
☀	-63.46 dBm

PHY

☁	300 Mbps
☀	300 Mbps

AGGR IP

☁	240 Mbps
☀	240 Mbps



LINK SETTINGS

Channel Width	1 x 40 MHz
Center Frequency 1	5785 MHz
Power 1	16 dBm
Center Frequency 2	-
Power 2	-
Polarization	Horizontal
Ground Level Buffer	0 m
Target SNR	25 dB
Noise Figure	4.5 dB

LINK STATS

Line of Sight	Yes
Link Distance	7.66 km
Rain Reliability	99.9
Fresnel Obstruction	0 %
Noise Floor	-90.37 dBm
Rain Fade	0.72 dB
System Loss	0.00 dB
Free Space Path Loss	125.37 dB
Interference Loss	0.00 dB
Atmospheric Attenuation	0.09 dB

SITE A

Site Name	El Poste P
Location	-0.272940/-79.282330
Address	PPG9+R3 Santo Domingo Ecuador
Elevation	381m
Height	54m
Tilt	0.04 °
Heading	188.31 °

SITE B

Site Name	El Cóngoma
Location	-0.340980/-79.292274
Address	MP55+J3 Santo Domingo Ecuador
Elevation	396m
Height	45m
Tilt	-0.04 °
Heading	8.31 °

RADIO A

Radio Type	C5c
Radio Name	El Poste P RadioA
Noise Figure	4.5
Transmitter Power	+ 16 dBm
Mismatch/Cable Loss	0 dB
Antenna Gain	+ 23 dBi

RADIO B

Radio Type	C5c
Radio Name	El Cóngoma RadioB
Noise Figure	4.5
Transmitter Power	+ 22 dBm
Mismatch/Cable Loss	0 dB
Antenna Gain	+ 23 dBi

Anexo VII



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 A5); 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 A5/A5c 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.

ORDEN DE EMPASTADO