

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO**

**CEUTEC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN LA ZONA FRESNEL EN UN RADIO ENLACE DE  
PUNTO A PUNTO MEDIANTE EL SOFTWARE RADIO MOBILE**

**SUSTENTADO POR**

**DONALDO ALBERTO CÁRCAMO PONCE, 31711290**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

**TEGUCIGALPA M.D.C,**

**HONDURAS, C.A.**

**SEPTIEMBRE, 2021**

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO**

**CEUTEC**

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ**

**DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA**

**TEGUCIGALPA M.D.C,**

**HONDURAS, C.A.**

**SEPTIEMBRE, 2021**

**EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN LA ZONA FRESNEL EN UN RADIO ENLACE DE  
PUNTO A PUNTO MEDIANTE EL SOFTWARE RADIO MOBILE**

**TRABAJO PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS  
EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

**ASESOR:**

**KARIO ALEXANDRO VILAFRANCA REYES**

**TERNA EXAMINADORA:**

**ROGER DANIEL PONCE RODRÍGUEZ**

**LUCY ALEXANDRA LÓPEZ QUINTANILLA**

**TEGUCIGALPA M.D.C,**

**HONDURAS, C.A.**

**SEPTIEMBRE, 2021**

## **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2021  
DONALDO ALBERTO CÁRCAMO PONCE

Todos los derechos son reservados

## **DEDICATORIA**

Le dedico principalmente a Dios quien me da confianza, fe, fuerza, sabiduría y salud, para guiarme por el camino adecuado y llevarme a la meta principal.

A mis familiares que me rodearon con motivación y positivismo, en especial a mi madre, padre, hermanos y hermanas, que me han brindado un apoyo humanitario, comprensivo y solidario.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, le agradezco a Dios por darme la fuerza, la sabiduría y la oportunidad de seguir aprendiendo a este nivel, para ayudarme a seguir adelante y superar esos momentos difíciles de la vida.

Agradezco a las autoridades educativas, en especial a la Ing. Bianca Tatiana Rosales Zuniga, jefe académico de la carrera de Ingeniería en electrónica, a el Ing. Roger Daniel Ponce Rodríguez, coordinador académico, por sus sugerencias, ayuda oportuna y aliento.

A todo el personal docente de la Universidad Tecnológica Centroamericana que confían en el desarrollo de proyectos de investigación y el desarrollo de cursos vocacionales, en especial al asesor de tesis Ing. Kario Alexandro Villafranca Reyes, por brindarme sus conocimientos, tiempo y esfuerzo.

## RESUMEN EJECUTIVO

Se evaluó los parámetros obtenidos en el software *Radio Mobile* en dos diseños de sistemas de radioenlace punto a punto, determinando dos eventos específicos entre las antenas del sistema. Previamente se realizó el diseño de ambos sistemas dando una geolocalización específica de coordenadas, se obtuvieron datos y se compararon pérdidas de transmisión entre las antenas, específicamente en la zona Fresnel de los sistemas incorporados.

Mediante la simulación de ambos sistemas se realizó la comparación tomando la mejor zona Fresnel y la peor zona Fresnel en cada radioenlace, se describió el funcionamiento e importancia que se debe tener al implementar un sistema punto a punto, tomando en consideración una simulación que pueda predecir la eficacia de la transmisión de datos en estos sistemas. Se demostró mediante respaldo, fórmulas matemáticas y trayectoria de Huygens con las cuales se basa el software *Radio Mobile* para los resultados de la simulación. Se analizó la comparación establecida mediante parámetros y tomando de las diferentes capas segmentadas en la zona Fresnel la mejor y peor zona, colando obstáculos naturales en un sistema, y sin obstáculos en el otro.

Se examinó las simulaciones mediante otro software de diseño de radioenlaces como lo es *AirLink de Ubiquiti*, demostrando una representación gráfica y una referencia de la calidad de transmisión de datos. Los resultados fueron los esperados, demostrando la eficacia de los radioenlaces punto a punto cuando se encuentran sin obstáculos naturales en la zona Fresnel. El sistema con obstáculos tuvo una ineficacia en la transmisión de datos, se respaldó dicha información mediante el método de correlación de Pearson, obteniendo una correlación positiva en las comparaciones realizadas.

**Palabras clave:** Diseño de sistema, pérdidas de transmisión, trayectoria de Huygens.

## ABSTRACT

The parameters obtained in the *Radio Mobile* software were evaluated in two designs of point-to-point radio link systems, determining two specific events between the antennas of the system. Previously, the design of both systems was carried out, giving a specific geolocation of coordinates, data were obtained and transmission losses were compared between the antennas, specifically in the Fresnel zone of the incorporated systems.

Through the simulation of both systems, the comparison was made taking the best Fresnel zone and the worst Fresnel zone in each radio link, the operation and importance that must be had when implementing a point-to-point system was described, taking into consideration a simulation that can predict the efficiency of data transmission in these systems. It was demonstrated by support, mathematical formulas and Huygens trajectory on which the *Radio Mobile* software is based for the simulation results. The comparison established by parameters was analyzed and taking the best and worst zone from the different segmented layers in the Fresnel zone, straining natural obstacles in one system, and without obstacles in the other.

The simulations were examined using other radio link design software such as *AirLink Ubiquiti*, demonstrating a graphical representation and a reference of the data transmission quality. The results were as expected, demonstrating the effectiveness of point-to-point radio links when they are without natural obstacles in the Fresnel zone. The system with obstacles had an inefficiency in the transmission of data, said information was supported by the Pearson correlation method, obtaining a positive correlation in the comparisons made.

**Keywords:** System design, transmission losses, Huygens trajectory.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes .....	3
2.2. Definición del problema .....	4
2.3. Preguntas de investigación.....	5
2.4. Hipótesis y variables de investigación.....	6
2.5. Justificación .....	8
<b>CAPÍTULO III. OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
3.1. Objetivo general .....	10
3.2. Objetivos específicos.....	10
<b>CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
4.1. Descripción del radioenlace punto a punto.....	11
4.1.1 Importancia de la evaluación y planificación del radioenlace .....	11
4.1.2 Elementos del radioenlace.....	12
4.1.3 Teoría de trayectorias de Huygens-Fresnel.....	13
4.2. Obstáculos de radioenlace.....	14
4.2.1 Absorción .....	14
4.2.2 Reflexión.....	15
4.2.3 Interferencia .....	15

4.2.4 Atenuación de la señal de radiofrecuencia.....	16
4.2.5 Pérdidas de propagación .....	16
4.2.6 Ángulo de elevación .....	16
4.3. Curvatura de la tierra y la relación con radioenlace .....	18
4.3.1 Refracción .....	19
4.4. Zona de Fresnel .....	20
4.4.1 Cálculo de la zona de Fresnel.....	21
4.5. Diseño del sistema .....	23
4.6. Software Radio Mobile.....	24
4.6.1 Misión SRTM.....	26
4.6.2 Modelos digitales de elevación .....	27
4.6.3 Algoritmo para el cálculo de propagación .....	28
4.6.4 Refractividad .....	29
4.7. AirLink de Ubiquiti .....	30
4.8. Sistema inalámbrico .....	32
4.8.1 Radio NetMetal 5.....	32
4.8.2 Antena parabólica .....	34
4.8.3 Antena RocketDish 5G30 .....	35
<b>CAPÍTULO V. METODOLOGÍA/PROCESO.....</b>	<b>36</b>
5.1. Enfoque y métodos .....	36

5.2. Población y muestra .....	36
5.3. Unidad de análisis y respuesta .....	36
5.4. Técnicas e instrumentos aplicados .....	36
5.5. Fuentes de información.....	37
5.6. Cronología de trabajo .....	38
<b>CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO X. ANEXOS .....</b>	<b>61</b>

## Índice de tablas

Tabla 2.1 Variables de investigación .....	7
Tabla 4.1 Planificación de un radioenlace .....	12
Tabla 4.2 Especificaciones de NetMetal 5 .....	33
Tabla 4.3 Especificaciones de antena parabólica RocketDish-5G30 .....	35
Tabla 5.1 Cronología del trabajo .....	38
Tabla 6.1 Parámetros en la mejor zona Fresnel .....	46
Tabla 6.2 Parámetros en la peor zona Fresnel .....	46
Tabla 6.3 Coeficiente y determinación de Pearson en la mejor zona Fresnel .....	52
Tabla 6.4 Coeficiente y determinación de Pearson en la peor zona Fresnel .....	54

## Índice de ilustraciones

Ilustración 4.1 Ángulo de elevación .....	17
Ilustración 4.2 Zona Fresnel .....	20
Ilustración 4.3 Radioenlace punto a punto .....	23
Ilustración 4.4 Dispositivo inalámbrico NetMetal 5 .....	33
Ilustración 4.5 Antena parabólica RocketDish-5G30 .....	35
Ilustración 6.1 Diseño de radioenlaces .....	39
Ilustración 6.2 Radioenlace con obstáculo peor zona Fresnel .....	40
Ilustración 6.3 Radioenlace sin obstáculos peor zona Fresnel .....	41
Ilustración 6.4 Radioenlace con obstáculos mejor zona Fresnel .....	42
Ilustración 6.5 Radioenlace sin obstáculo mejor zona Fresnel .....	43
Ilustración 6.6 Radioenlace PtP sin obstáculos en la zona Fresnel .....	44
Ilustración 6.7 Zona Fresnel sin obstáculos del radioenlace .....	44
Ilustración 6.8 Radioenlace PtP con obstáculos en la zona Fresnel .....	45
Ilustración 6.9 Zona Fresnel con obstáculos del radioenlace .....	45
Ilustración 6.10 Comparación entre mejor y peor zona Fresnel .....	47
Ilustración 6.11 Comparación de ang. de elevación .....	47
Ilustración 6.12 Comparación de obstrucción .....	48
Ilustración 6.13 Comparación de distancia .....	48
Ilustración 6.14 Comparación de pérdidas .....	49

Ilustración 6.15 Comparación de Rx Relativo .....	49
Ilustración 6.16 Comparación nivel de Rx .....	50
Ilustración 6.17 Gráfica de coeficiente de Pearson en la mejor zona Fresnel .....	51
Ilustración 6.18 Gráfica de coeficiente de Pearson en la peor zona Fresnel .....	53
Ilustración 10.1 Método de mapeo .....	61
Ilustración 10.2 Escala de altitud en software <i>Radio Mobile</i> .....	62
Ilustración 10.3 Menú del software <i>Radio Mobile</i> FILE .....	63
Ilustración 10.4 Menú del software <i>Radio Mobile</i> EDIT .....	64
Ilustración 10.5 Menú del software <i>Radio Mobile</i> VIEW, TOOLS .....	65
Ilustración 10.6 Menú del software <i>Radio Mobile</i> OPTIONS, WINDOW, HELP .....	66
Ilustración 10.7 Ventana de configuración de sistemas en software <i>Radio Mobile</i> .....	67
Ilustración 10.8 Base de datos y cargas de sistemas en software <i>Radio Mobile</i> .....	68

**Índice de ecuaciones**

Ecuación 1 .....	18
Ecuación 2 .....	21
Ecuación 3 .....	22
Ecuación 4 .....	23
Ecuación 5 .....	29

## GLOSARIO

**Atenuación:** se denomina atenuación de una señal, sea esta acústica, eléctrica u óptica, a la pérdida de potencia sufrida por la misma al transitar por cualquier medio de transmisión.

**Bidimensional:** se utiliza para calificar a aquello que tiene dos dimensiones (2D). Un cuerpo que se proyecta a lo largo y a lo ancho, por ejemplo, cuenta con dos dimensiones.

**Canal libre:** es el medio de transmisión por el que viajan las señales portadoras de la información que pretenden intercambiar emisor y receptor.

**Cobertura:** se refiere al área geográfica en la que se dispone de un servicio. Suele aplicarse a comunicaciones radioeléctricas, pero también puede emplearse en servicios de cable.

**Espacio libre:** es una tecnología de comunicación óptica que utiliza la propagación de la luz (visible o infrarroja) en la atmósfera para transmitir información entre dos puntos.

**Full dúplex:** Cualidad de los elementos que permiten la entrada y salida de datos de forma simultánea. El concepto está muy relacionado con el campo de las comunicaciones en vivo a través de la red, ya que indica que se pueden oír y hablar al mismo tiempo.

**Geolocalización:** es la capacidad de rastrear el paradero de un dispositivo utilizando GPS, torres de teléfonos celulares, puntos de acceso Wifi o una combinación de estos.

**Interferometría:** es un método de medición que aplica el fenómeno de interferencia de las ondas (generalmente, ondas de luz, radio o sonido). Las mediciones pueden incluir otras determinadas características de las propias ondas y los materiales por los que se propagan.

**Línea de vista:** se refiere a un camino (path) limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras. Para que exista la mejor propagación de las señales RF de alta frecuencia, es necesaria una Línea de vista sólida (limpia - sin obstrucciones).

**Onda electromagnética:** Conjunto de partículas que, en la propagación del movimiento vibratorio dentro de un medio o cuerpo elástico, se encuentran en fases distintas intermedias entre dos fases iguales. Onda producida por cargas eléctricas en movimiento.

**Parámetros:** Un parámetro, generalmente, es cualquier característica que pueda ayudar a definir o clasificar un sistema particular, es decir, es un elemento de un sistema que es útil o crítico al identificar el sistema o al evaluar su rendimiento, estado, condición, etc.

**Potencia:** es la proporción por unidad de tiempo, o ritmo, con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico, es decir, la cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado.

**Punto a punto (PtP):** es un sistema de conexiones entre dos o más terminales (antenas) que utilizan ondas electromagnéticas para transmitir datos, ya sea para dar servicios de operador VoIP, servicios de telefonía móvil para empresas, Internet, etc.

**Radioenlace o enlace radioeléctrico:** Un radioenlace es un sistema electrónico de comunicación inalámbrica mediante ondas de radio que permite la transferencia de información entre dos o más puntos. Radioenlaces hay de muchos tipos y funciones como, por ejemplo, la radio comercial que todos conocemos, que es un tipo de radioenlace multipunto, o los enlaces de larga distancia por satélite y las conexiones digitales terrestres, ambos radioenlaces punto a punto.

**Sistema:** Es una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino.

**Zona Fresnel:** Se denomina Zona de Fresnel al volumen de energía finito entre un emisor y un receptor. La conexión entre estos es una onda electromagnética en la cual el desfase entre las ondas de dicho volumen no debe superar los  $180^\circ$ ; debido a que una antena situada en un espacio libre

radia energía de onda en la dirección deseada, esta energía posee una densidad de flujo de potencia y es de valor finito.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación trata de la gestión previa a la instalación de radioenlaces PtP mediante *Radio Mobile* se logra obtener resultados de parámetros como la eficacia de transmisión que tendrá un sistema de radioenlace dependiendo de la geolocalización de las antenas. Tomando en consideración la importancia de evaluaciones y planificación de las radios bases, se encuentran elementos que determinan la transferencia de datos como las especificaciones de la antena parabólica o del radio.

Se tratan temas determinantes dentro de los elementos que causan un efecto en los radioenlaces como es la trayectoria de Huygens y Fresnel se determinan tipos de obstáculos comunes entre los radioenlaces, tales como absorción, reflexión, interferencias, atenuación de señal de radiofrecuencia, pérdidas de propagación y ángulos de elevación, siendo estos muy importantes y determinantes en la transmisión y recepción de datos de un punto a otro.

Se consideran efectos como la curvatura de la tierra en radioenlaces, refracción, la zona Fresnel junto a sus debidos cálculos, el diseño del sistema, los softwares a utilizar (*Radio Mobile* y *AirLink de Ubiquiti*), tipos de antenas comunes en radioenlaces PtP. El software *Radio Mobile* se compone mediante el respaldo geográfico y topográfico de la misión RTM, implementación de modelos digitales de elevación, algoritmo para el cálculo de propagación (algoritmo Longley-Rice).

Los sistemas de radioenlace punto a punto se transformaron en una solución ideal para clientes en donde es difícil acceder a internet, donde se encuentra una cobertura muy baja, este sistema tiene un desempeño alto, cubre la mayoría de servicios de tecnología, donde tradicionales no logran ser eficaces. Al implementar estos sistemas es importante diseñar, es un proceso sugerido, el cual incluye planes y cálculos de resultados del radioenlace. Al diseñar su proceso se considera iterativo

y que cambia constantemente, logrando un diseño final satisfaciendo calidad y disposición del sistema.

Existen factores importantes y determinantes en los sistemas de radioenlace, cuales permiten una excelente transmisión y recepción de datos entre las antenas, obtenida de la planificación del enlace radioeléctrico mediante simuladores en ocasiones por distancias no se logra apreciar el punto de una antena a otra. El proceso de simulación permite tener una comprensión más efectiva de la geolocalización de las radio bases el fin de una simulación y evaluación de los parámetros resultantes en el diseño del sistema es optimizar el coste de transmisión de datos, rendimiento y eficacia entre los dispositivos implementados, también se demuestran las pérdidas obtenidas luego de que en un sistema se presente un obstáculo de fenómeno natural o de obra humana, a lo que se degradaría el sistema punto a punto la simulación de radioenlaces favorece una instalación correcta, fácil y rápida del sistema, ayudando a reducir costos económicos futuros de mantenimiento.

## **CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1. Antecedentes**

En aplicaciones de los radios enlace, existe la necesidad de implementar la posición geográfica de la antena receptora y la antena emisora, para ello se requiere obtener la mayor eficacia de transmisión de datos, lo que conlleva a implementar un diseño gráfico basado en datos representativos de la eficacia de su transmisión, en la zona Fresnel se cumple una variante determinante al evaluar la eficacia de transmisión de datos cuando existen obstáculos entre los radioenlaces.

Con el fin de mejorar el rendimiento y eficacia de la transmisión de datos en los dispositivos de radioenlace punto a punto, se realiza un diseño de la implementación geográfica, agregando una evaluación de los datos entre las antenas, demostrando mediante el software *Radio Mobile* las diferencias de pérdidas en la zona Fresnel entre los radioenlaces.

(Pascual, 2021) menciona que la elección de los equipos de radio y de sus parámetros de funcionamiento, los factores más importantes que determinan las prestaciones de un sistema fijo de acceso inalámbrico son la buena situación de las antenas, la correcta planificación del enlace radioeléctrico y de elección de un canal libre de interacciones.

## 2.2. Definición del problema

En la actualidad, la conexión a Internet mediante radio enlace se ha convertido una solución ideal, especialmente para los clientes que se encuentran en zonas donde es difícil acceder a Internet por cable o donde la calidad de cobertura es baja. Una antena es responsable de enviar datos y la otra antena es responsable de recibir datos.

Un radio enlace es una conexión entre dos o más antenas que utilizan ondas electromagnéticas para transmitir datos. Este es un medio muy seguro y su desempeño puede cubrir la mayoría de los servicios en lugares donde las conexiones a Internet no pueden establecerse a través de tecnologías convencionales debido a ubicaciones geográficas o dificultades técnicas.

Al diseñar radioenlaces es importante poder identificar las transferencias entre las antenas de transmisión, al haber obstáculos entre estas antenas existe una degradación en la transmisión de datos y hace poco eficiente el sistema. (Ramos, 2021) menciona que cuando se planifica un radioenlace es importante identificar posibles interferencias que podrían degradar la calidad del sistema. Éstas pueden provenir de otros sistemas ya instalados, tanto terrenales como espaciales, pero también del propio sistema. Y es aquí donde se debe prestar especial atención durante la fase de diseño.

El radioenlace permite una transmisión más precisa de datos digitales entre dos antenas con visibilidad. El sistema sin obstáculos dificulta el proceso de la línea de visión directa entre ellas, una vez que se realice este requisito, la instalación será más fácil y rápida, y el mantenimiento será mínimo.

(Telectrónica, 2018) describió que las ondas electromagnéticas son atenuadas mientras se propagan en el espacio libre. El modelo de pérdida por trayectoria en el espacio libre es usado para

predecir la intensidad del nivel de recepción cuando el transmisor y receptor tienen una trayectoria de línea de vista clara, sin obstrucciones entre ellos.

### 2.3. Preguntas de investigación

- ¿Cuál es el beneficio por reducir pérdidas de transmisión de datos en la zona Fresnel?
- ¿Qué tipos de antenas se pueden implementar en el sistema?
- ¿Cuáles serán las mejores posiciones geográficas de las antenas para demostrar los diferentes casos de los radioenlaces?
- ¿Qué efectos tendrán los obstáculos sobre las zonas de Fresnel?
- ¿Cuáles serán las diferencias de las simulaciones de los radioenlaces punto a punto entre el software *Radio Mobile* y *AirLink Ubiquiti*?
- ¿Qué software es mejor para diseñar y simular radioenlaces *Radio Mobile* o *AirLink Ubiquiti*?

## 2.4. Hipótesis y variables de investigación

### 2.4.1 Hipótesis

1. La evaluación de las pérdidas en un radio enlace de punto a punto no será igual en la geolocalización de las antenas sin ningún objeto a comparación del sistema con obstáculos en la zona Fresnel y los parámetros recomendados de su instalación.
2. Diseñar y planificar el radio enlace punto a punto nos permitirá calcular si los obstáculos entre las antenas resultarán problemas de pérdidas de señal.

### 2.4.2 Variables de investigación

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Pérdidas en obstáculos en la zona Fresnel	(Pascual, 2021) lo define así:  Se producen pérdidas que pueden llegar a ser importantes. Para modelar las pérdidas que se producen por la obstrucción del enlace radioeléctrico (Non Line Of Sight, NLOS) se utiliza el concepto de las llamadas zonas de Fresnel. son unos elipsoides concéntricos que rodean al rayo directo de un enlace radioeléctrico y que	Evaluación de las pérdidas de datos mediante el software <i>Radio Mobile</i> .

	quedan definidos a partir de las posiciones de las antenas transmisora y receptora.	
Haz radioeléctrico	(ENACOM, 2021) lo conceptualiza de la siguiente manera: Es un conjunto de frecuencias que se agrupan en “bandas de frecuencias” y puede ser utilizado por los titulares de una Licencia Única de Telecomunicaciones para la prestación de Servicios de comunicaciones inalámbricas, radiodifusión sonora y televisión - Servicios de Radiodifusión (AM, FM, TV), Internet, Telefonía Fija y Celular.	Generación de cálculos estadísticos del haz radioeléctrico.

*Tabla 2.1 Variables de investigación (Autoría propia, 2021)*

## 2.5. Justificación

La presente investigación se enfoca en diseñar radioenlaces punto a punto utilizando el software *Radio Mobile*, se pretende aportar el estudio necesario en la zona Fresnel de los radioenlaces para contribuir con los resultados sobre las pérdidas obtenidas en los diferentes casos de geolocalización de las antenas de transmisión, determinando la eficacia entre los eventos analizados y las pérdidas correspondientes obtenidas en el software.

Se realizarán los análisis correspondientes a los diferentes eventos que se plantean en la obstrucción entre las antenas de transmisión, análisis teóricos y prácticos, estos se considerarán imprescindibles en sistemas de radiocomunicación, de tal manera se calificará la viabilidad de la implementación del sistema radioenlace punto a punto para obtener la información necesaria.

En los sistemas de radioenlace las antenas cumplen un rol importante, están compuestas por una transmisora y una receptora, las cuales emiten, captan las señales enviadas y recibidas, en la actualidad existen diversos tipos de antenas, cada una de ellas tienen distintas especificaciones, diferentes frecuencias, por esta razón se utilizará un tipo de antena general, las más utilizadas en estos sistemas de radioenlace punto a punto, para poder evaluar de una manera imparcial se utilizarán las mismas antenas en las diferentes eventualidades en el análisis de la zona Fresnel.

En el diseño de los radioenlaces es importante planificar la distribución de las antenas, para una mejor apreciación tanto teórica como práctica se utiliza el software *Radio Mobile*, con datos altamente confiables, se muestra una representación gráfica del radioenlace contribuyendo a una mejor implementación física de las antenas, evitando problemas de obstrucción en el sistema de radiocomunicación. Es importante definir el rango ideal de frecuencias en el sistema, tomando en consideración que esta transmisión de datos puede tener problemas de obstáculos como difracción,

absorción, refracción, consecuente en zonas urbanas y por efecto de curvatura de la tierra, optando por seguir las especificaciones mínimas requeridas en la propagación de ondas.

Planificar los sistemas de radioenlace punto a punto, requiere su diseño correspondiente, a la vez esto ayuda a identificar posibles problemas en la transmisión de datos entre las antenas, evitando pérdidas de señal en el sistema, una vez ya instaladas físicamente.

## **CAPÍTULO III. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo general**

Demostrar mediante el software Radio Mobile las diferencias de pérdidas en la zona Fresnel en radioenlaces de punto a punto para optimizar costes de transmisión de datos entre el emisor y receptor.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar la implementación geográfica del radio enlace.
- Evaluar la zona Fresnel mediante el uso del software Radio Mobile y AirLink Ubiquiti.
- Examinar pérdidas de transmisión de datos en los distintos escenarios de la zona Fresnel en base a los resultados de Radio Mobile.
- Analizar la simulación del radioenlace punto a punto entre los softwares Radio Mobile y AirLink Ubiquiti.

## **CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. Descripción del radioenlace punto a punto**

Una comunicación radioenlace se define como cualquier interconexión realizada entre las terminales de telecomunicación mediante ondas electromagnéticas, a través de un medio no guiado, también llamadas STL, Studio Transmitter Link (Enlace Estudio Transmisor). La frecuencia en la que trabajan estas ondas, se sitúa en el rango de microondas, es decir, en el espectro de las altas frecuencias (de 300 MHz a 300 GHz) con una longitud de onda de entre 1 m a 1 mm, aunque lo más común es el uso de frecuencias súper elevadas (SFH, Super High Frequency) donde se superan los 3 GHz. Sobre esta información, se definen las dos frecuencias que se utilizan para la comunicación, siendo una para la portadora modulada de transmisión y otra para la otra portadora de recepción. Este concepto de comunicación, se define como comunicación de tipo dúplex, donde las frecuencias de emisión y recepción constituyen el radio canal. (Menendez, 2021)

El diseño de radio enlaces es un proceso metódico, sistemático y algunas veces prolongado que incluye planes y cálculos en el diseño del radioenlace. (Telectrónica, 2018).

Las antenas son responsables de enviar y recibir información, por lo que dicha información se puede proporcionar incluso en los lugares donde es más difícil debido a la ubicación geográfica o el costo, la finalidad del radioenlace es enviar información de forma fácil y rápida, o si la ubicación está en una zona rural, por lo que se vuelve un sistema útil.

#### **4.1.1 Importancia de la evaluación y planificación del radioenlace**

El diseño completo es iterativo y puede tomar muchas fases de rediseño antes de lograr la calidad y disponibilidad requerida. (Telectrónica, 2018).

El diseño y desarrollo de un enlace de radio requiere necesariamente una planificación estratégica que está en consonancia con el problema a resolver, la situación y la tecnología a ser utilizada. Para ello se muestra en el siguiente cuadro (tabla 4.1) las etapas de la importancia de la evaluación y planificación de radioenlace.

#	Etapas
1	Análisis de posibles sitios para instalación de las antenas
2	Creación de perfil de elevación
3	Determinación de posibles obstáculos
4	Determinación de altura a la cual instalar las antenas
5	Sensibilidad del receptor
6	Selección de antenas
7	Criterios de calidad del radioenlace

*Tabla 4.1 Planificación de un radioenlace (Autoría propia, 2021)*

#### **4.1.2 Elementos del radioenlace**

Los elementos principales de un sistema de radioenlace punto a punto son las antenas, sobre todo las transmisoras y las receptoras; ya que, son las encargadas de emitir y captar, respectivamente, la señal a enviar. Pero en una comunicación en radiofrecuencia también pueden existir otros dispositivos de apoyo, cuales ayudarán en aquellos casos en los que la señal no cumple con las

condiciones mínimas establecidas para una correcta recuperación de datos. Estos elementos, se definen como estaciones intermedias y pueden ser de dos tipos. Por un lado, se encuentran los repetidores, cuáles pueden ser activos o pasivos según las especificaciones de los mismos. Los activos, bajan la frecuencia de la portadora recibida a una frecuencia intermedia (FI) para poder amplificar la señal y volver a retransmitirlo. En caso de los pasivos, reflejan la señal obtenida, como si de unos espejos se tratasen. Por otro lado, se encuentran las estaciones nodales, que se tratan de una sección de conmutación, la entidad de control, protección y supervisión. En estas estaciones, se demodula la señal recibida y se baja a la frecuencia de banda base, ya que, desde este punto, permiten adjuntar o eliminar diferentes canales (drop-in). (Menendez, 2021)

#### **4.1.3 Teoría de trayectorias de Huygens-Fresnel**

El principio de Huygens funda que cada punto de un determinado frente de ondas en formas esféricas puede considerarse como una fuente puntual de ondas electromagnéticas, de las que nacen y se alejan otras ondas secundarias. Si emitimos con una fuente puntual, el frente de onda es una esfera y las ondas se propagan en todas direcciones.

A una distancia lo suficientemente grande de la fuente en comparación con la longitud de onda de la señal, si miramos una pequeña parte del espacio, veríamos los rayos propagándose como un frente de onda casi paralelo.

Esta teoría es aplicada a los conflictos o problemas presentados en la propagación de ondas en difracción y reflexión, la suma de una onda formará otra frente a ella, como por ejemplo tocar un punto en el agua al estar en reposo, la primera onda formará otras de manera consecutiva, creando el principio de Huygens.

## **4.2. Obstáculos de radioenlace**

La necesidad de visión directa es evidente en los sistemas inalámbricos que operan a altas frecuencias, de lo contrario existen pérdidas que pueden llegar a ser significativas. Para modelar las pérdidas que se producen por la obstrucción del enlace radioeléctrico se utiliza el concepto de las denominadas zonas de Fresnel. Existen distintos tipos de obstáculos, pueden ser por fenómenos naturales como cerros, montañas, árboles o construcción humana, como el efecto causante en una ciudad, por edificios, casas, etc.

Los obstáculos en la zona Fresnel de radioenlaces afectan en un frente de onda en expansión cuando se encuentran las antenas entre un cerro, montaña, árboles o edificios. El efecto de difracción ocurre cuando la onda se expande, conformando una onda difractada provocando una interferencia destructiva causando degradar la transmisión de datos en radioenlaces.

### **4.2.1 Absorción**

Otra manera en cómo afecta la Tierra a la densidad de potencia de una onda electromagnética es a causa de la absorción, debido a que la atmósfera está compuesta por átomos y moléculas de sustancias gaseosas, líquidas y sólidas deteriorando la señal al absorber poco a poco parte de la energía de una onda electromagnética que viaja de un lugar a otro. (Remache, 2015)

Una vez que la energía es absorbida por dichos elementos se pierde, causando atenuación en la intensidad de voltaje y en el campo magnético, resultando en la atenuación de la densidad de potencia.

### **4.2.2 Reflexión**

Este fenómeno se produce al chocar un frente de onda en la frontera de dos medios contiguos lo que produce que parte o toda la potencia incidente se refleje. Las velocidades de la onda incidente y reflejada son iguales siempre que permanezcan en el mismo medio. Si se cumple la condición anterior, los ángulos de incidencia y de reflexión también son iguales, lo que varía es la intensidad de voltaje reflejado el cual es menor respecto al incidente, la relación entre voltaje reflejado e incidente da como resultado el llamado coeficiente de reflexión. (Remache, 2015)

### **4.2.3 Interferencia**

Se refiere a un principio como es la superposición de ondas en un punto dado, este principio también afirma que la intensidad de voltaje en un punto dado es el resultado de sumar los vectores de las ondas individuales, generándose así un reforzamiento de intensidad, siempre que la diferencia de las distancias recorridas de las ondas directa y reflejada es un múltiplo entero e impar de la media longitud de onda se producirá una anulación de la intensidad, si la diferencia de las distancias recorridas es un múltiplo entero par se da un reforzamiento; en las frecuencias menores que VHF, las longitudes de onda relativamente grandes evitan que la interferencia sea un problema, este tipo de problemas son más usuales en UHF (300 MHz- 3 GHz) que en VHF (30 MHz- 300 MHz). (Remache, 2015)

#### **4.2.4 Atenuación de la señal de radiofrecuencia**

Es un fenómeno que tiene por efecto la pérdida de energía de una señal debido a la distancia, a medida que la onda se aleja de la fuente, las ondas se alejan cada vez más entre sí, por tanto, la cantidad de ondas por unidad de área es menor, por lo cual se puede decir que no se pierde o se disipa potencia, la onda solo se extiende sobre un área mayor disminuyendo la densidad de potencia conforme aumenta la distancia y se lo llama atenuación de la onda. Por tal razón, para que la señal llegue con la suficiente energía es necesario el uso de amplificadores o repetidores. (Remache, 2015)

#### **4.2.5 Pérdidas de propagación**

Es la manera en que la onda electromagnética se atenúa conforme se propaga por el espacio, estas pérdidas son un aspecto muy importante en el diseño de los radios enlaces debido a que es en este trayecto donde se produce la mayor atenuación de la potencia de la señal transmitida. Las pérdidas de propagación de una señal en el espacio libre varían en función de la frecuencia empleada, así como de la distancia entre los puntos. (Segura, 2009)

Estas pérdidas ocurren en la señal de un espacio con solo la antena transmisora y la antena receptora, este fenómeno depende solo de la distancia recorrida en el vacío, como entre dos satélites, pero se ve afectado por otros factores en la atmósfera.

#### **4.2.6 Ángulo de elevación**

Es el ángulo formado entre el plano horizontal local y la línea de vista entre la estación terrena y el satélite, es decir, el ángulo de la antena de la estación terrena formado entre el satélite y la horizontal. (Neri, 2003)

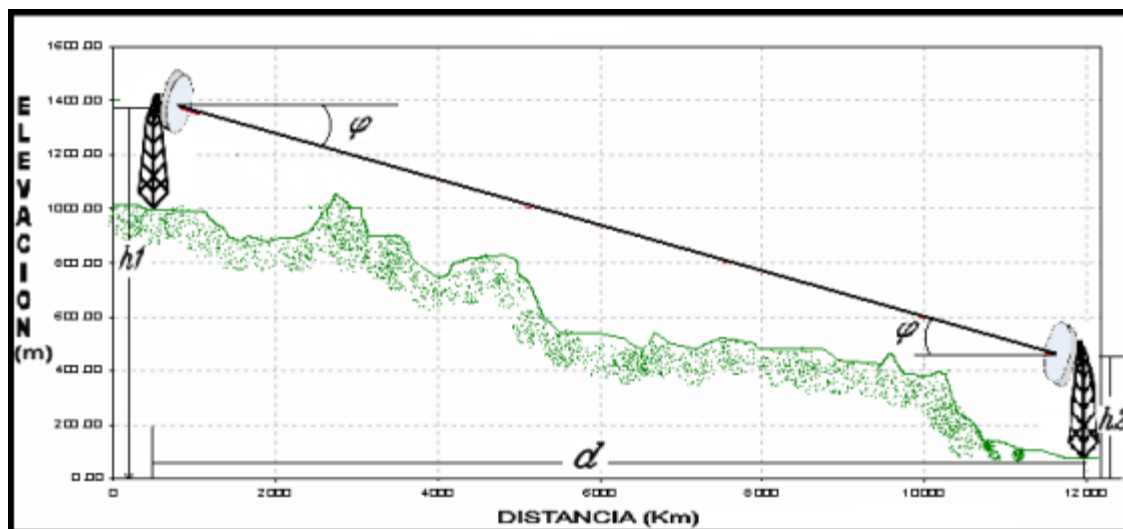


Ilustración 4.1 Ángulo de elevación (Rivera, 2021)

### 4.3. Curvatura de la tierra y la relación con radioenlace

Cuando hablamos de obstáculos pensamos en objetos, pero hay algo más grande que también puede causar problemas: la tierra.

Si la distancia entre antenas es muy grande, la curvatura de la tierra puede interferir con la señal de varias formas:

1. Aumento de la altura de los obstáculos intermedios.
2. Flexión del haz electromagnético como consecuencia de la refracción troposférica.
3. Convertirse en un obstáculo.

A la hora de calcular la altura de los obstáculos y ver si superan el 60% de la 1ª zona Fresnel, tendremos que aplicar un factor de corrección, también conocido como flecha, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$f = \frac{d_1 d_2}{2ka} \quad (1)$$

Dónde sus variables representan:

$a$ : es el radio de la tierra (6370 km).

$k$ : es la constante de tierra ficticia, generalmente 4/3.

$d_1$ : es la distancia desde el punto donde calculamos el valor del área hasta la antena transmisora.

$d_2$ : es la distancia desde el punto donde calculamos el valor de la zona hasta la antena receptora.

### **4.3.1 Refracción**

Es el efecto que la presencia de la atmósfera tiene sobre la propagación de las microondas. Si la atmósfera fuese perfectamente homogénea, la propagación de las señales de microondas tendría lugar a lo largo de una línea recta (excepto en aquellas situaciones en las que se produce difracción). Pero la atmósfera terrestre sufre variaciones de presión, temperatura y humedad en el tiempo y en el espacio, por lo que rara vez puede considerarse como un medio homogéneo. En consecuencia, la trayectoria de las ondas radioeléctricas no será una línea recta, sino que estará curvada dependiendo de las condiciones particulares de la atmósfera para el momento. El fenómeno de la refracción hace que bajo condiciones normales la trayectoria de una señal de microondas sea cóncava hacia abajo, aumentando el alcance de las señales con respecto al que tendrían si la trayectoria seguida por ellas fuese una línea recta. En este caso, la refracción favorece la propagación del haz radioeléctrico ya que el alcance de las señales aumenta más allá del horizonte visual. (Albornoz, 2014)

#### 4.4. Zona de Fresnel

Es una de una serie de regiones elipsoidales, de diámetro polar extenso, concéntricas, de espacio entre y alrededor de una antena que transmite y un sistema de antena que recibe. (Covarrubias, 2021). Existen diferentes energías electromagnéticas, por lo que el comportamiento es muy similar en el espacio, gracias a los conocimientos de Huygens y Fresnel, podemos representar de forma simplificada cómo se propagan las ondas, lo que será de gran utilidad en el diseño de radioenlaces. La teoría de la trayectoria de Huygens-Fresnel nos dice que la energía transportada por una onda electromagnética se propaga en línea recta, esta simplificación es válida siempre que la longitud de onda sea mucho más corta que los objetos circundantes, como suele ser el caso de las microondas, que, son las frecuencias donde funcionan los enlaces de radio. Estas microondas viajan a través de la troposfera, mediante este viaje de ondas hay obstáculos como la superficie terrestre, el aire y los fenómenos meteorológicos que influyen en la propagación de señales a través de fenómenos como la absorción, atenuación, difracción, interferencia, refracción y reflexión. En otras palabras, la onda de la antena transmisora llegará a la antena receptora a través de otros caminos además de una línea recta o línea de visión. Por ejemplo, podemos tener reflejos del suelo, pero también podemos tener reflejos de otros objetos o fenómenos meteorológicos. Estos reflejos, ondas refractadas y otros problemas. Llegarán a un ángulo fuera de fase, lo que puede causar interferencias destructivas, lo que puede llevar a una reducción o cancelación de la potencia de la señal por fase (cancelación por fase).

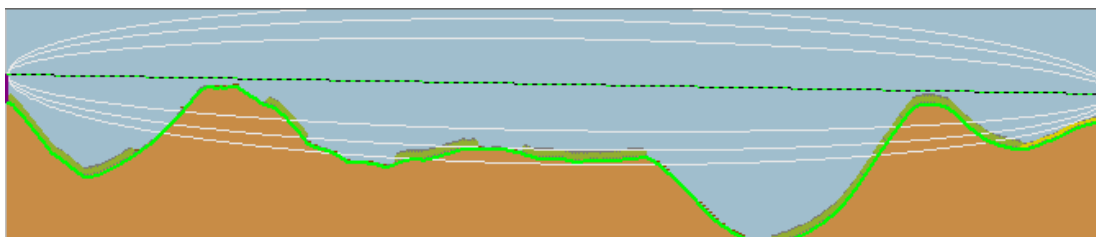


Ilustración 4.2 Zona Fresnel (RadioMobile, 2021)

#### 4.4.1 Cálculo de la zona de Fresnel

Implica determinar qué área del espacio entre el transmisor y el receptor debe estar libre para evitar este fenómeno de cancelación de fase tanto como sea posible. Podemos imaginar el área de Fresnel como múltiples elipses en 3D, la distancia entre sus antenas es la misma, pero el radio de cada antena al centro va aumentando.

- El área 1 es el área que tiene el mayor impacto en la intensidad de la señal.
- La influencia del área 2 es menor que la del área 1.
- El impacto de la Zona 3 es menor que el de la Zona 2, y muchos más...

El número de regiones (n) es infinito, pero el cálculo suele ir a la tercera región, porque a partir de ahí, el efecto de cancelación se vuelve insignificante. La zona de Fresnel se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (2)$$

Dónde está:

$n$ : es el número de área: 1, 2, 3...

$\lambda$ : es la longitud de onda de la señal transmitida.

$d_1$ : es la distancia desde el punto donde calculamos el valor del área hasta la antena transmisora.

$d_2$ : es la distancia desde el punto donde calculamos el valor del área hasta la antena receptora.

En la práctica, es común calcular el radio máximo (en metros) de la primera zona de Fresnel o haz de radio. Este valor ocurre en el centro del enlace de radio. En este momento,  $d_1$  es igual a  $d_2$  y la fórmula es la siguiente:

$$F_1[m] = 8.656 \sqrt{\frac{D[km]}{f[GHz]}} \quad (3)$$

Dónde está:

$D$ : es la distancia entre las antenas (km).

$f$ : es la frecuencia de la señal de transmisión (GHz).

## 4.5. Diseño del sistema

Las zonas de Fresnel son muy útiles a la hora de diseñar y construir radioenlaces, ya que nos permiten calcular si los obstáculos entre antenas van a ser un problema de pérdida de señal. En general, el estándar en el diseño de radioenlaces para considerarlos aceptables es que la primera zona de Fresnel debe tener un 60% de claridad en toda su longitud. Hay un obstáculo entre nuestras antenas, como una montaña, la distancia desde el punto más alto hasta la línea de visión debe ser mayor al 60% del valor de la primera zona de Fresnel calculada en este punto.

Una fórmula utilizada para estos casos es:

$$r_2 \geq r_1 \cdot 0,6 \quad (4)$$

Donde:

$r_1$ : es el radio o la distancia resultante del cálculo de la primera zona Fresnel a la distancia del obstáculo.

$r_2$ : es el radio o la distancia desde el punto más alto del obstáculo hasta la línea de visión entre las dos antenas.

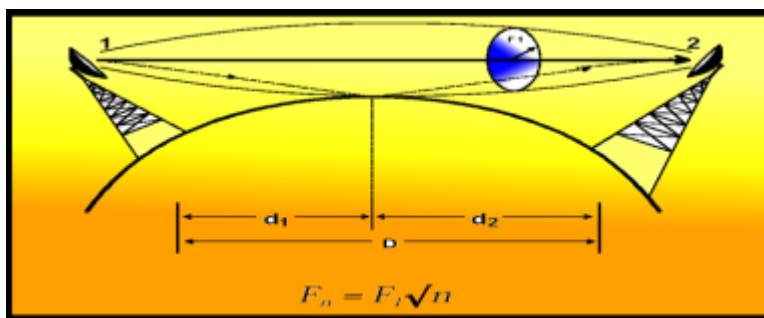


Ilustración 4.3 Radioenlace punto a punto (Muñoz, 2014)

## 4.6. Software Radio Mobile

El software *Radio Mobile* se basa en la última versión del modelo de propagación sobre el modelo de terreno irregular (ITM) tomando características refractivas de la troposfera. Este software usa datos de elevación del terreno producido por "La misión SRTM" proyecto de cooperación de la (NASA) National Aeronautics and Space Administration, Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial de los Estados Unidos (NGA), el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y las agencias espaciales de Alemania (DLR) e Italia (ASI). Este software permite datos confiables ya que esta es una misión que tiene renombre a nivel internacional.

*Radio Mobile* es un programa de simulación para el diseño de radioenlace en sistemas de radio propagación, este software predice el comportamiento de dichos sistemas, mostrando datos y estadísticas confiables en los resultados de la simulación. Es un software gratuito, con datos en forma de modelos digitales del terreno recogido. Alimenta un modelo de propagación de las ondas de radio conocido como ITM (Irregular Terrain Model). El modelo es basado en un algoritmo llamado Longley-Rice, permite determinar el área de cobertura de los sistemas de radioenlace.

Este Software calcula datos específicos del sistema de radioenlace produce una vista 3D del diseño, obtiene vistas estereoscópicas, mapa virtual, animaciones, contiene información necesaria del alineamiento de antenas. Para los cálculos del radioenlace se manejan elementos como la cartografía, modelo digital del terreno, y el algoritmo Longley-Rice. Mediante estos elementos encontramos el mapa de trabajo, mapa topográfico y el mapa de cobertura.

Las ventajas que tiene el uso del software *Radio Mobile* son:

- Genera gráficas del modelo de terreno, a partir de datos del modelo digital de elevación (DEM).
- Uso libre.
- Compatible con sistemas operativos Windows 95, 98, NT, XP, 2000 o superior, compatible con Linux con el emulador Wine para Ubuntu.
- Generación de vistas 3D, animaciones y estereoscópicas.
- Implementación del algoritmo Longley-Rice.
- Herramientas CAD, las cuales predicen la cobertura del sistema.
- Mapas digitales con la elevación del terreno.
- Visualización de imágenes del sistema diseñado.
- Elección de modelos de antenas para la implementación del diseño del sistema.

#### **4.6.1 Misión SRTM**

Fue un proyecto conjunto entre la NIMA (National Imagery and Mapping Agency), la NASA (National Aeronautics and Space Administration) y las Agencias Espaciales de Alemania (DLR) e Italia (ASI). Se realizó en febrero del año 2000 y tuvo una duración de 11 días, el objetivo era generar datos digitales topográficos para el 80% de la superficie de la tierra, área comprendida entre 60° Norte y 56° Sur, con puntos ubicados en una grilla de 1 segundo de arco (aproximadamente 30 metros) en latitud y longitud, durante los cuales se acoplaron dos antenas de radar especiales al trasbordador espacial Endeavour. Dicho trasbordador orbitó alrededor de la Tierra emitiendo señales con su radar de apertura sintética y recogiendo sus ecos. Mediante técnicas de interferometría, en la cual dos imágenes de radar son tomadas de un mismo sitio desde dos posiciones diferentes, la combinación de los ecos radar recogidos para cada punto de medición permitió obtener la altitud del terreno. Los datos fueron procesados por el JPL (Jet Propulsion Laboratory) del MIT (Instituto Tecnológico de Massachussets) para elaborar un modelo digital del terreno, cuya distribución final al público se realiza gratuitamente a través de la Inspección Geológica de los Estados Unidos (US Geological Survey). (Mario Rivera, 2021)

#### **4.6.2 Modelos digitales de elevación**

El nombre de Modelo Digital de Elevación implica una representación de las elevaciones del terreno mediante valores numéricos, generalmente es una forma simplificada de la geometría de la superficie del terreno. Consiste en una serie de puntos con coordenadas conocidas referenciadas a un sistema de coordenadas bidimensionales a las que se les asocia un valor de elevación. Además, establecen relaciones de correspondencia con el objeto real mediante algoritmos o formalismos matemáticos que son tratados mediante programas informáticos. Radio Mobile es compatible con las bases de datos de elevación de terreno SRTM, DTED (Digital Terrain Elevation Data), GTOPO30 (Global Topography Data 30 Km), SRTM30 (Shuttle Radar Topography Mission 30 Km), GLOBE y BIL (Band Interleave by Line). (Mario Rivera, 2021)

### 4.6.3 Algoritmo para el cálculo de propagación

El algoritmo de cálculo de propagación utilizado por *Radio Mobile* es Longley-Rice, también conocido como ITM. Se basa en la teoría del electromagnetismo y en el análisis estadístico de las características del terreno y de los parámetros del radioenlace, dando la atenuación media de una señal de radio que se propaga en un entorno troposférico sobre terreno irregular. Para ello, calcula la atenuación media de la misma, en función de la distancia y de la variabilidad de la señal en el espacio y en el tiempo. Este modelo tiene dos formas de trabajo.

1. Modo punto a punto: es capaz de predecir estadísticamente las pérdidas de propagación sobre un trayecto determinado a partir de los datos característicos de la señal y el entorno.
2. Modo de predicción del área de cobertura: opera de forma similar al modo punto a punto, sin embargo, no trabaja sobre un trayecto determinado, sino que genera una proyección del área de cobertura de un terminal dado, en función de las características de cada terminal y las irregularidades del terreno. (Mario Rivera, 2021)

#### 4.6.4 Refractividad

La refractividad de la atmósfera determina la cantidad de “bending” o curvatura que sufrirán las ondas de radio. En otros modelos, el parámetro de refractividad puede introducirse como la curvatura efectiva de la tierra, típicamente  $4/3$ . Para el modelo Longley - Rice, hay tres formas de especificar la refractividad. Se puede introducir el valor de refractividad de superficie directamente, típicamente en el rango de 250 a 400 Unidades de  $n$  (correspondiente a valores de curvatura de la tierra de 1,232 a 1,767). Una curvatura efectiva de la tierra de  $4/3$  corresponde a una refractividad de superficie de valor aproximadamente 301 Unidades de  $n$ . Longley - Rice recomienda este último valor para condiciones atmosféricas promedio. La relación entre los parámetros “ $k$ ” y “ $N_s$ ”, viene dada por la ecuación. (Mario Rivera, 2021)

$$N_s = 179.3 \cdot \ln[1/0.046665 \cdot (1 - 1/k)] \quad (5)$$

## 4.7. AirLink de Ubiquiti

Es un software gratuito para la simulación de diseños de radioenlace, este es de licencia libre, su utilización no requiere una instalación o descarga de archivos, el software se utiliza desde la página web oficial, de esta manera se pueden diseñar sistemas de radioenlace rápido y fácil, este software cuenta con soporte de Google Maps, una de las desventajas del programa es que para ser utilizado se debe estar conectado a internet, una desventaja a comparación de otros software para diseño de radioenlaces.

AirLink aplicación de red de Ubiquiti Networks nos ayuda a calcular cobertura de red inalámbrica, el uso de esta herramienta es de gran ayuda en simulación de radio, utilizado para enlaces de radio punto a punto (PtP) o punto a multipunto (PtM). Con AirLink se puede obtener información sobre sitios de enlaces de radio, como:

- Distancia del enlace inalámbrico.
- Zona de Fresnel y obstáculos.
- Perfil del terreno.
- Intensidad de señal.
- La altura necesaria de la torre.
- El desempeño de cada equipo seleccionado.
- Área de cobertura del enlace PtM.

Se podrá observar de inmediato los resultados y cambios realizados, y verificar la confiabilidad del enlace en base a los comentarios proporcionados por la aplicación. Terminando, en base al cálculo del valor esperado del enlace, se podrá seleccionar las características y categorías de atributos requeridas en el despliegue de la red.

Algunas características de AirLink son:

- Tamaño de pantalla dinámico.
- Soporte de Google Maps.
- Compatible con navegadores.
- Si está autorizado, puede utilizar su ubicación actual en el mapa.
- Soporte de cartografías de Google Maps.

## **4.8. Sistema inalámbrico**

Es un dispositivo de transmisión multimedia que proporciona a los clientes o usuarios utilizar la tecnología para mostrar el contenido de una PC, tableta o teléfono inteligente, etc. El sistema de presentación inalámbrico juega un papel muy importante en un entorno de trabajo colaborativo donde la información debe compartirse, estos sistemas permiten a los usuarios enviar diferentes tipos de contenido desde cualquier dispositivo a otro dispositivo. Esta tecnología es adecuada para entornos de colaboración como salas de conferencias, espacios de reunión, aulas, etc.

### **4.8.1 Radio NetMetal 5**

Esta versión de NetMetal está equipada con una ranura mini PCI-express, una ranura SIM para dispositivo 3G / 4G o tarjeta inalámbrica adicional, una conexión inalámbrica 802.11ac de doble cadena 2x2 de alta potencia y dos conectores RP-SMA para antenas externas.

NetMetal es un dispositivo inalámbrico 802.11ac en una carcasa metálica impermeable (IP54). Su diseño robusto está hecho para soportar las condiciones más duras, pero al mismo tiempo es fácil de usar y se puede abrir y cerrar con una mano. La carcasa de aluminio sólido también funciona como un disipador de calor confiable para su radio de alta potencia.

El NetMetal está equipado con una potente CPU de 720Mhz, 128MB de RAM, un puerto Gigabit Ethernet, 802.11ac inalámbrico, una jaula SFP, USB, conectores RP-SMA para antenas externas y licencia RouterOS L4. (SIA Mikrotikls, 2018)

Especificaciones:

<b>Detalles</b>	
Código de producto	RB922UAGS-5HPacD-NM
Arquitectura	MIPSBE
CPU	QCA9557
Número de núcleos de CPU	1
Frecuencia nominal de la CPU	720 MHz
Dimensiones	143x247x48mm (PCB)
Licencia de RouterOS	4
Sistema operativo	RouterOS
Tamaño de RAM	128 MB
Tamaño de almacenamiento	128 MB
Tipo de almacenamiento	NAND
MTBF	Aproximadamente 200.000 horas a 25 ° C
Temperatura ambiente probada	-40 ° C a 70 ° C
Precio sugerido	\$ 149.00

Tabla 4.2 Especificaciones de NetMetal 5 (MikroTik, 2018)



Ilustración 4.4 Dispositivo inalámbrico NetMetal 5 (MikroTik, 2018)

### **4.8.2 Antena parabólica**

Es un dispositivo compuesto por reflectores parabólicos, estas antenas parabólicas pueden ser de los siguientes tipos:

- Antena transmisora
- Recibir antena
- Antena full dúplex

Este último tipo de antena tiene las funciones de los dos primeros, es decir, que puede transmitir y recibir al mismo tiempo, suele utilizarse en lo general con frecuencias y ganancias altas.

En la antena transmisora se reflejan las ondas electromagnéticas generadas por la radiación. En la antena receptora, la función principal del reflector parabólico es concentrar los rayos paralelos de la onda incidente en su punto focal.

### 4.8.3 Antena RocketDish 5G30

Especificaciones:

<b>Detalles</b>	
Dimensiones	650 x 650 x 386 mm (25,6 x 25,6 x 15,2")
Peso	7,4 kg (16,31 lb) (soporte incluido)
Frecuencia	5,1 - 5,9 GHz
Ganancia	30 dBi
VSWR máx.	1,6:1
Resistencia al viento	200 km/h (125 mph)
Carga de viento	790 N a 200 km/h (178 lbf a 125 mph)
Polarización	Lineal doble
Relación lóbulo delantero/trasero	30 dB
Especificación ETSI	EN 302 326 DN2
Montaje	Montaje en poste universal, soporte Rocket y cables RF impermeables incluidos

*Tabla 4.3 Especificaciones de antena parabólica RocketDish-5G30 (Ubiquiti, 2021)*



*Ilustración 4.5 Antena parabólica RocketDish-5G30 (Ubiquiti, 2021)*

## **CAPÍTULO V. METODOLOGÍA/PROCESO**

### **5.1. Enfoque y métodos**

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, con tipo de investigación correlacional, mediante el método experimental, utilizando procesos de simulaciones de softwares, evaluaciones y análisis de resultados obtenidos.

### **5.2. Población y muestra**

La investigación presenta una población conformada mediante las evaluaciones en la zona Fresnel en un radioenlace punto a punto, esto relaciona la determinación del diseño de los radioenlaces, y la eficacia de transmisión de datos, la muestra de la investigación es enfocada en los datos y elementos relevantes que determinan y conforman la transmisión de datos de un punto a otro.

La selección de la muestra es No probabilístico/dirigido, las muestras dirigidas ya suponen un procedimiento, esto en lo que sería la evaluación de la zona Fresnel, supone en qué casos sería la mejor zona Fresnel y la peor zona Fresnel, los cuales están orientados a las características o efectos de la investigación.

### **5.3. Unidad de análisis y respuesta**

La investigación se enfoca en una unidad de análisis formada por los radioenlaces punto a punto, el diseño y las evaluaciones correspondientes.

### **5.4. Técnicas e instrumentos aplicados**

Esta investigación utiliza la aplicación del método cuantitativo, datos recolectados mediante la simulación del radioenlace y la comparación de eventos en la zona Fresnel.

## 5.5. Fuentes de información

### Fuentes primarias

1. Flickenger, R. (2007). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*.
2. Fuentes, J. J. (2012). *Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación*.

### Fuentes secundarias

1. Mario Rivera, J. d. (2021). Radio Mobile: Descripción y breves instrucciones para su empleo.
2. Menendez, G. G. (2021). Diseño de un sistema de radioenlace para comunicaciones en el ámbito industrial.
3. Pascual, F. R. (2021). Radioenlaces tecnologías inalámbricas y diseño de radioenlaces.
4. Radio Mobile. (30 de octubre de 2020).
5. Remache, P. A. (2015). Estudio y diseño de un radio enlace para transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena "Alfa y Omega" utilizando equipos AIRMAX de UBIQUITI.
6. Segura, O. S. (2009). Diseño de una red inalámbrica para las radios bases celulares del Instituto Costarricense De Electricidad.
7. Ubiquiti. (2021).

### Fuentes terciarias

1. Albornoz, J. M. (2014). *Radioenlaces Digitales*.
2. Gabriela Leija Hernández, J. L. (2013). Metodología para el cálculo adecuado de las alturas de antenas en un radioenlace de microondas en Línea de Vista.

## 5.6. Cronología de trabajo

Actividades	Fechas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Metodología de trabajo	22/07/2021	■									
Discusión idea de proyecto	22/07/2021	■									
Descripción de proyecto	29/07/2021		■								
Estructuración del capítulo III	29/07/2021		■								
Entrega de antecedentes y enunciado /definición del problema	08/08/2021			■							
Estructuración de capítulo V y VI	12/08/2021				■						
Entrega del capítulo II	15/08/2021				■						
Entrega de los capítulos III y IV	22/08/2021					■					
Retroalimentación de capítulos	26/08/2021						■				
Entrega de los capítulos V y VI	05/09/2021							■			
Retroalimentación de capítulos	09/09/2021								■		
Entrega de los capítulos VII, VIII, IX y X	12/09/2021								■		
Presentación de documento	19/09/2021									■	
Compromiso desarrollado detallado	21/09/2021										■

Tabla 5.1 Cronología del trabajo (Autoría propia, 2021)

## CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 6.1 Evaluación de la zona de Fresnel en el diseño de los sistemas mediante Radio Mobile

#### 6.1.1 Diseño de diferentes casos de la evaluación de radioenlaces

Radio enlace punto a punto

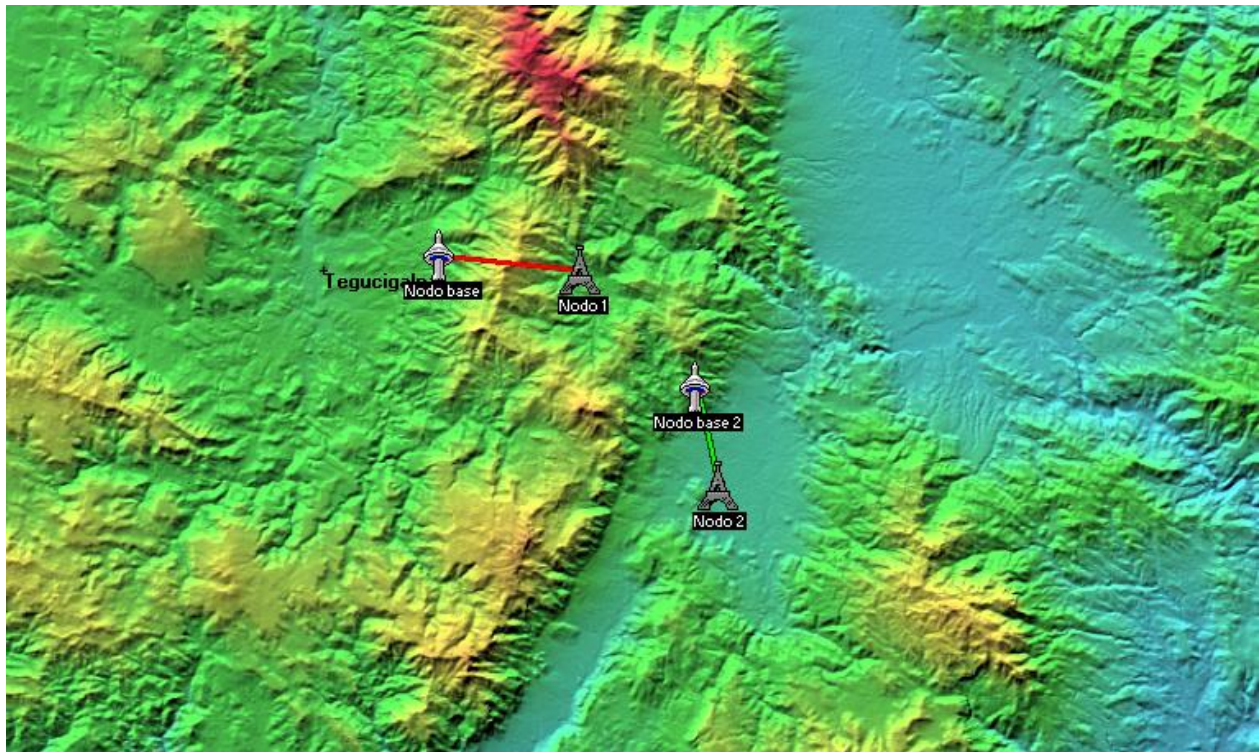


Ilustración 6.1 Diseño de radioenlaces (Autoría propia, 2021)

## 6.1.2 Comparación de los distintos casos en la evaluación de los diseños

Radio enlace punto a punto con obstáculo en la peor zona Fresnel

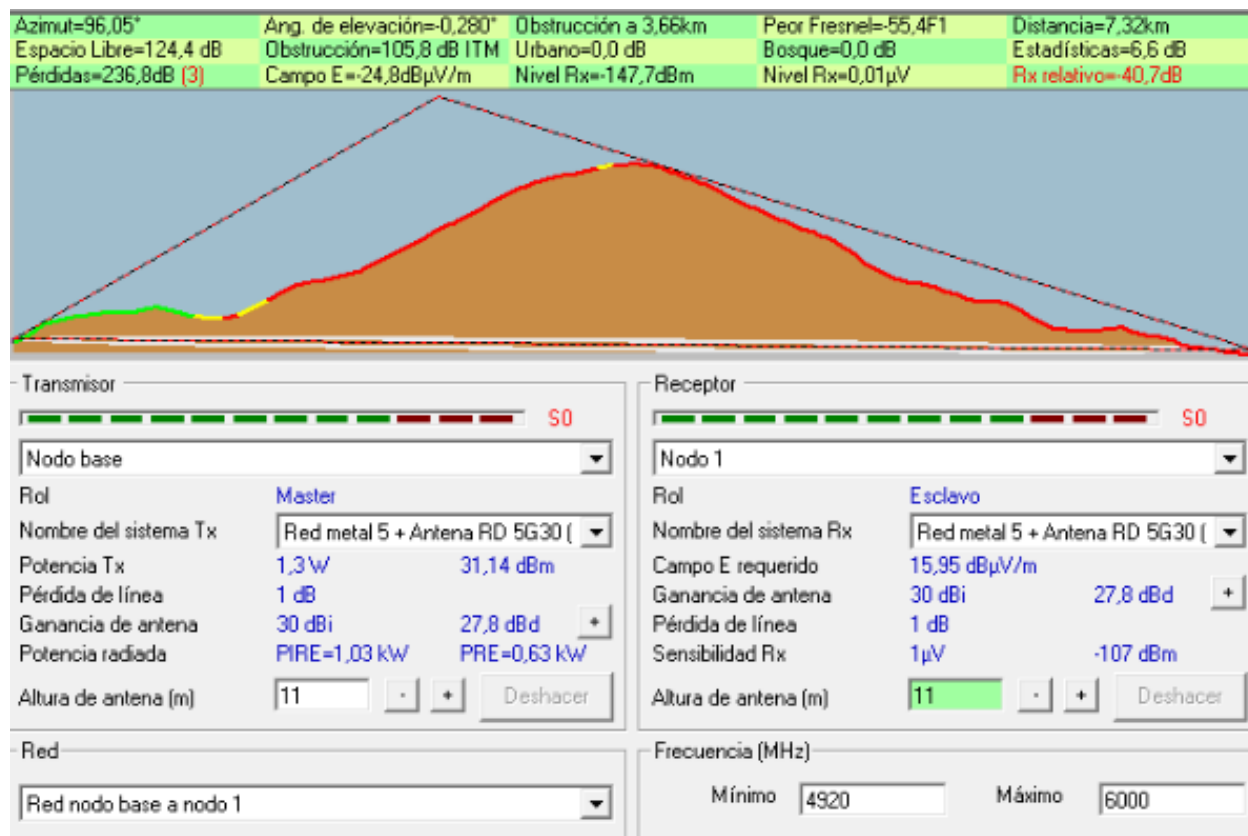


Ilustración 6.2 Radioenlace con obstáculo peor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)

## Radio enlace punto a punto sin obstáculos en la peor zona Fresnel

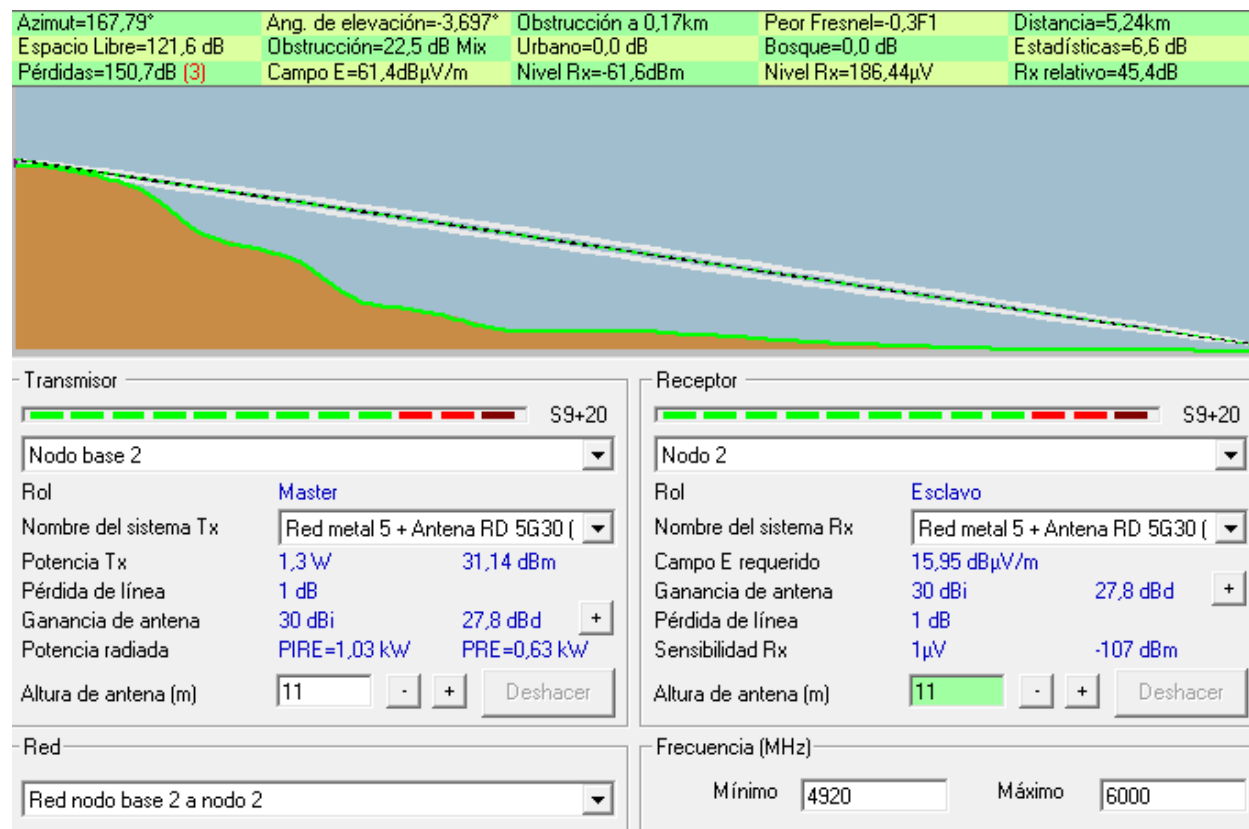


Ilustración 6.3 Radioenlace sin obstáculos peor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)

## Radio enlace punto a punto con obstáculos en la mejor zona Fresnel

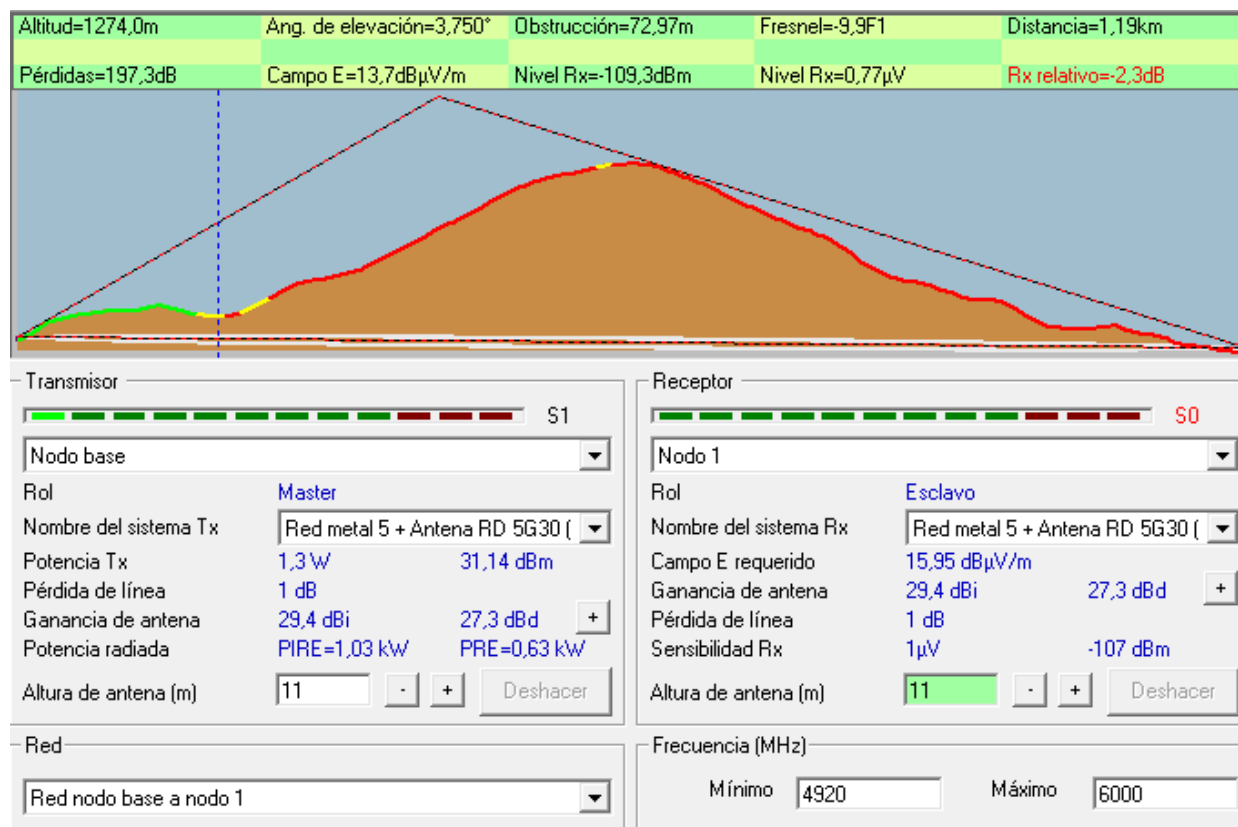


Ilustración 6.4 Radioenlace con obstáculos mejor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)

## Radio enlace punto a punto sin obstáculos en la mejor zona Fresnel

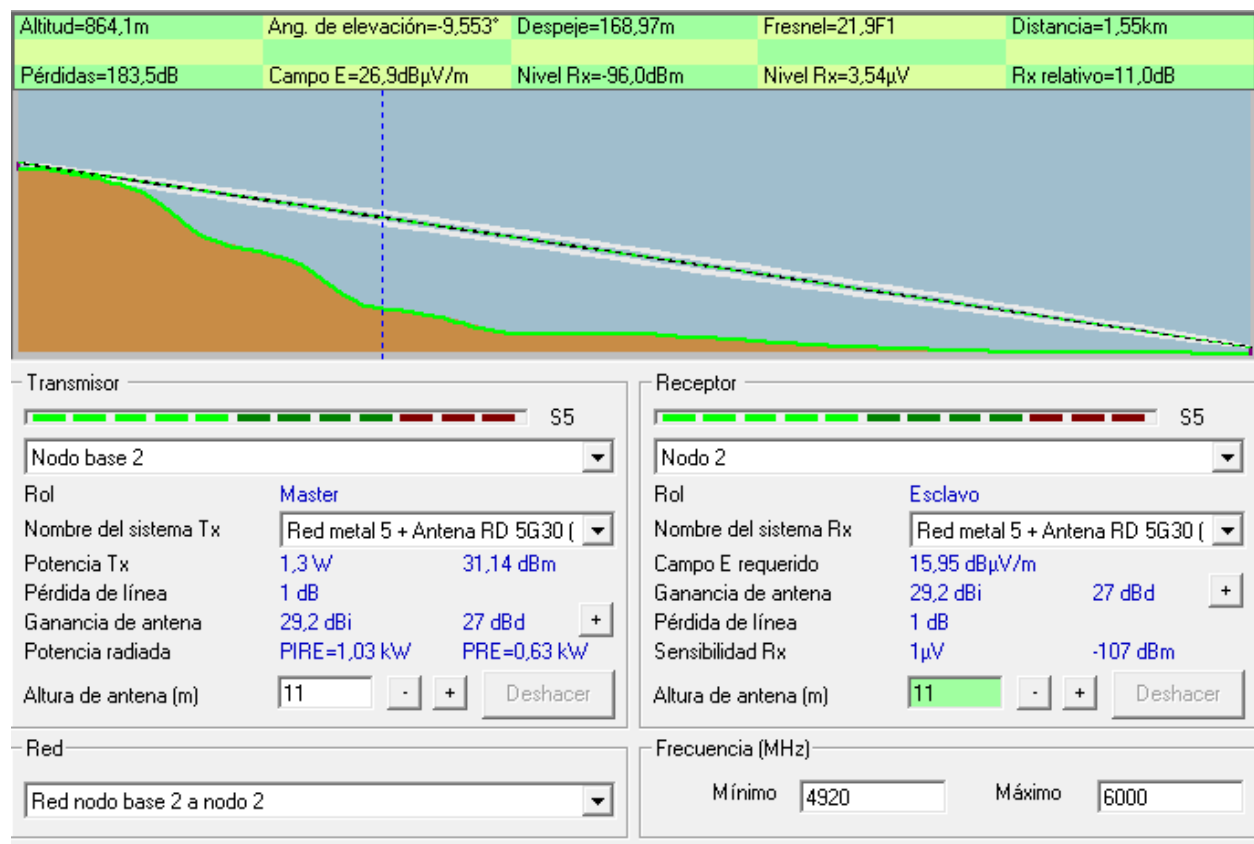


Ilustración 6.5 Radioenlace sin obstáculo mejor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)

## 6.2 Software AirLink de Ubiquiti

### 6.2.1 Diseño de sistemas de radioenlaces

Radioenlace punto a punto sin obstáculos en la zona Fresnel

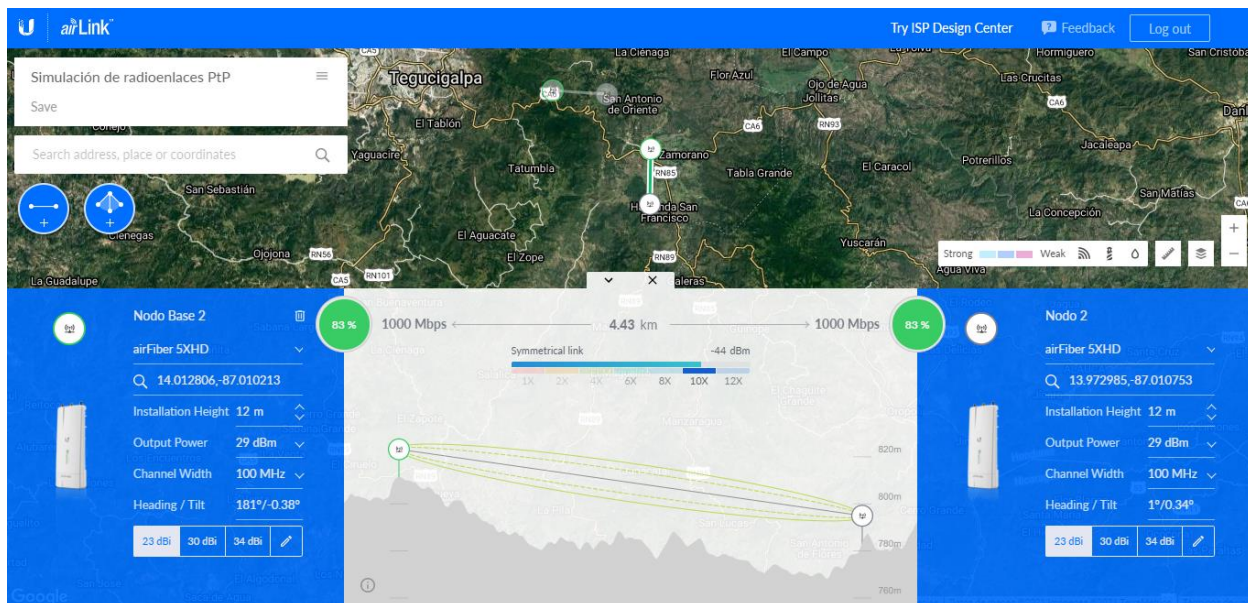


Ilustración 6.6 Radioenlace PtP sin obstáculos en la zona Fresnel (Autoría propia, 2021)

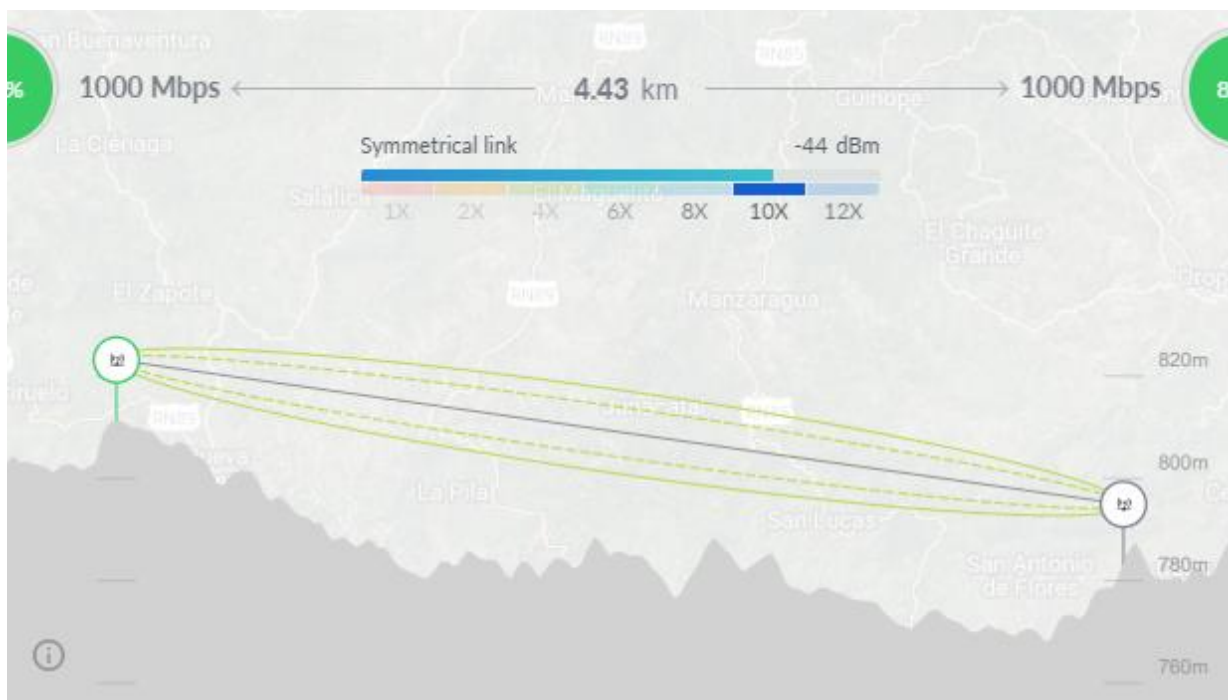


Ilustración 6.7 Zona Fresnel sin obstáculos del radioenlace (Autoría propia, 2021)

## Radioenlace punto a punto con obstáculos en la zona Fresnel

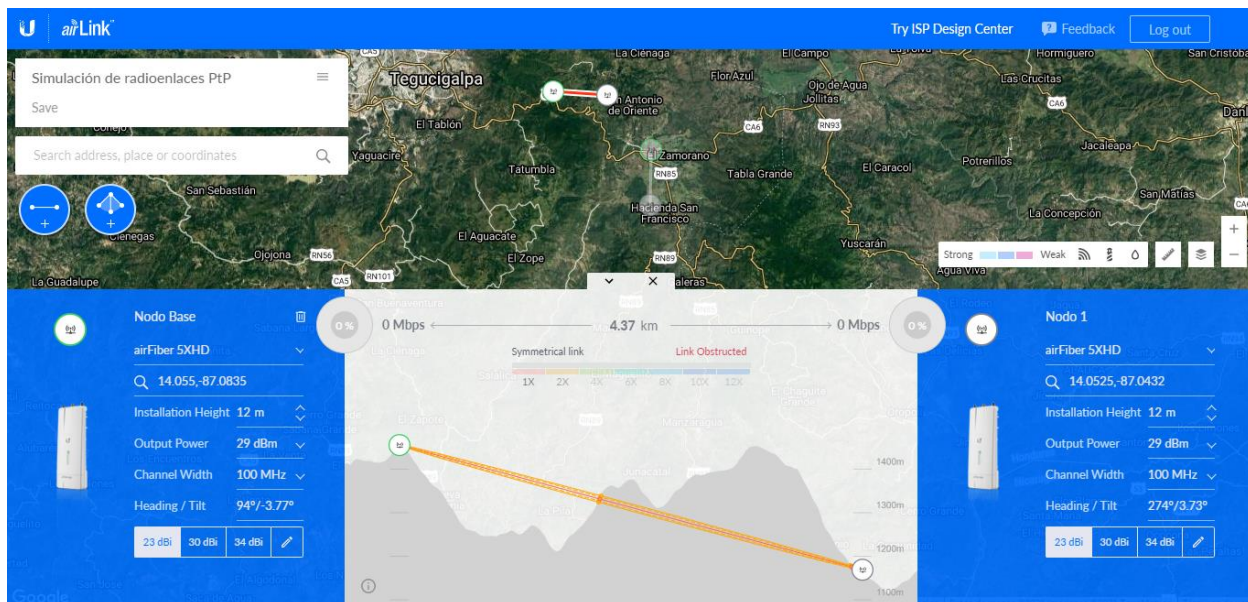


Ilustración 6.8 Radioenlace PtP con obstáculos en la zona Fresnel (Autoría propia, 2021)



Ilustración 6.9 Zona Fresnel con obstáculos del radioenlace (Autoría propia, 2021)

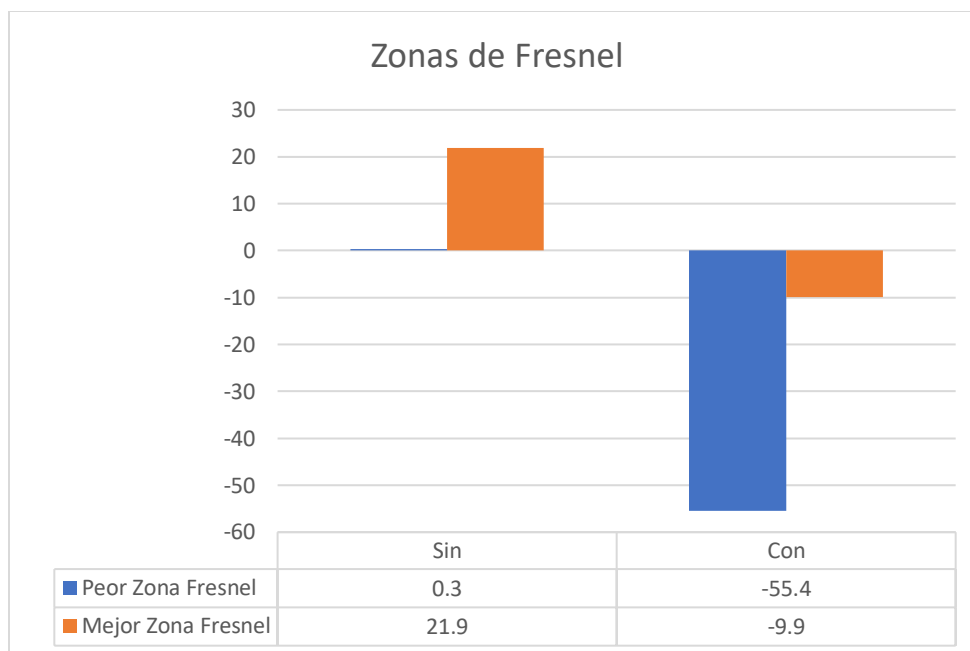
### 6.3 Tabla y gráficos comparativos

Parámetros	Sin obstáculos	Con obstáculos
Mejor Zona Fresnel	21,9	-9,9
Ang. De elevación (°)	350,45	3,75
Obstrucción (km)	0	0,07297
Distancia (km)	1,55	1,19
Pérdidas (dB)	185,5	197,3
Rx Relativo (dB)	11	-2,3
Nivel Rx (dBm)	-96	-109,3

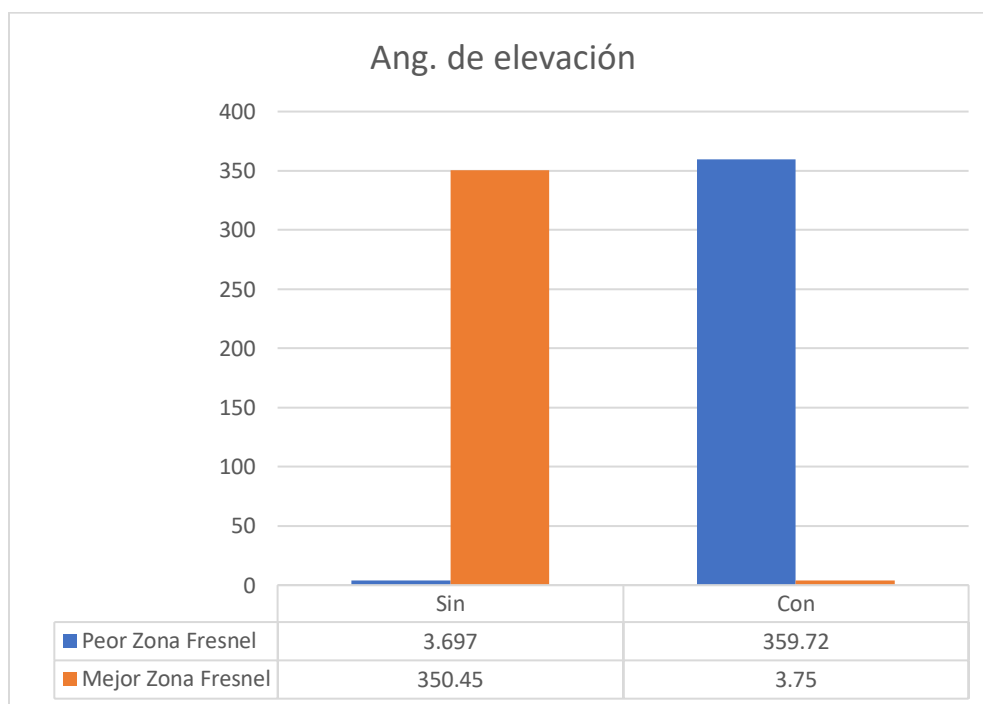
Tabla 6.1 Parámetros en la mejor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)

Parámetros	Sin obstáculos	Con obstáculos
Peor Zona Fresnel	0,3	-55,4
Ang. De elevación (°)	3,697	359,72
Obstrucción (km)	0,17	3,66
Distancia (km)	5,24	7,32
Pérdidas (dB)	150,7	236,8
Rx Relativo (dB)	45,4	-40,7
Nivel Rx (dBm)	61,6	-147,7

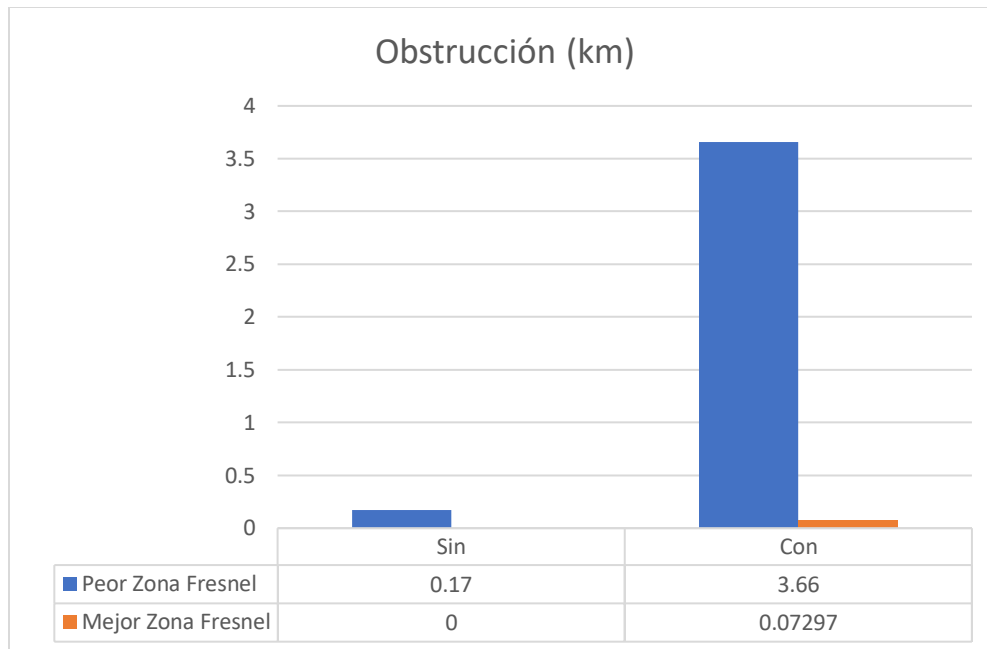
Tabla 6.2 Parámetros en la peor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)



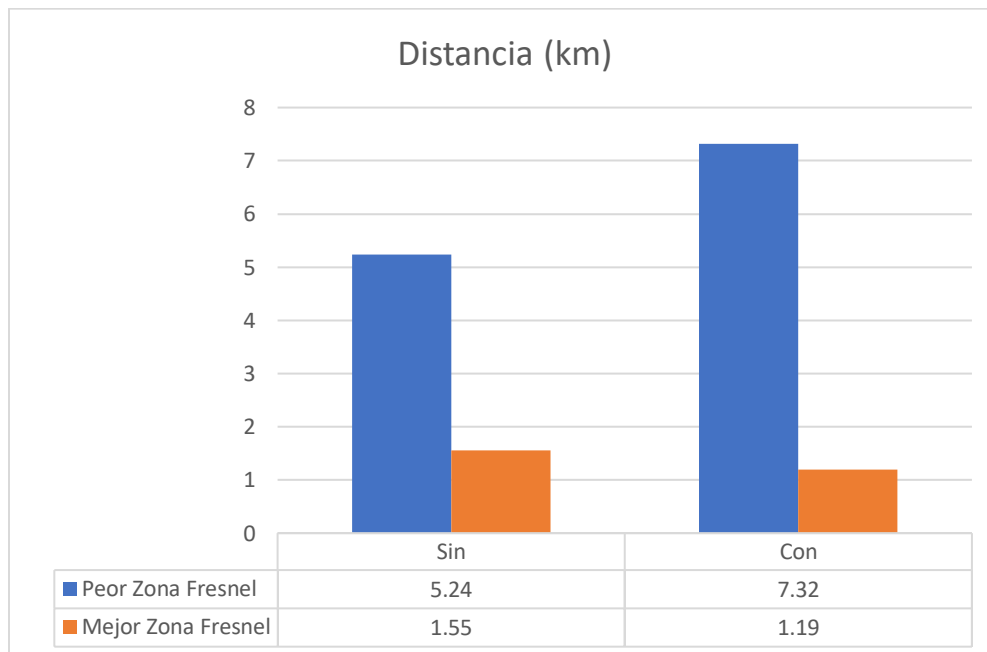
*Ilustración 6.10 Comparación entre mejor y peor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)*



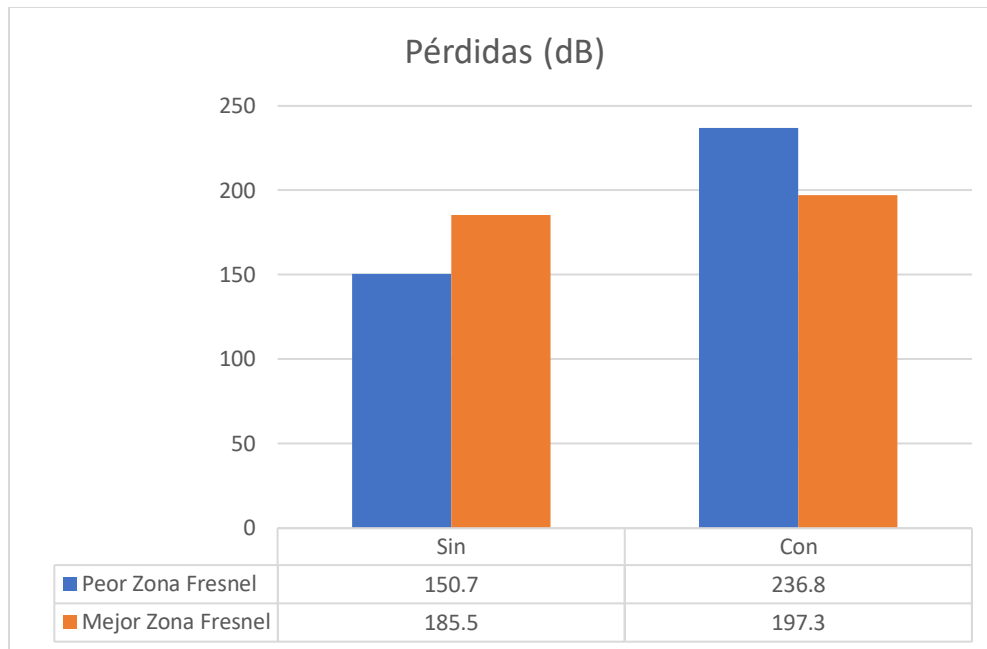
*Ilustración 6.11 Comparación de ang. de elevación (Autoría propia, 2021)*



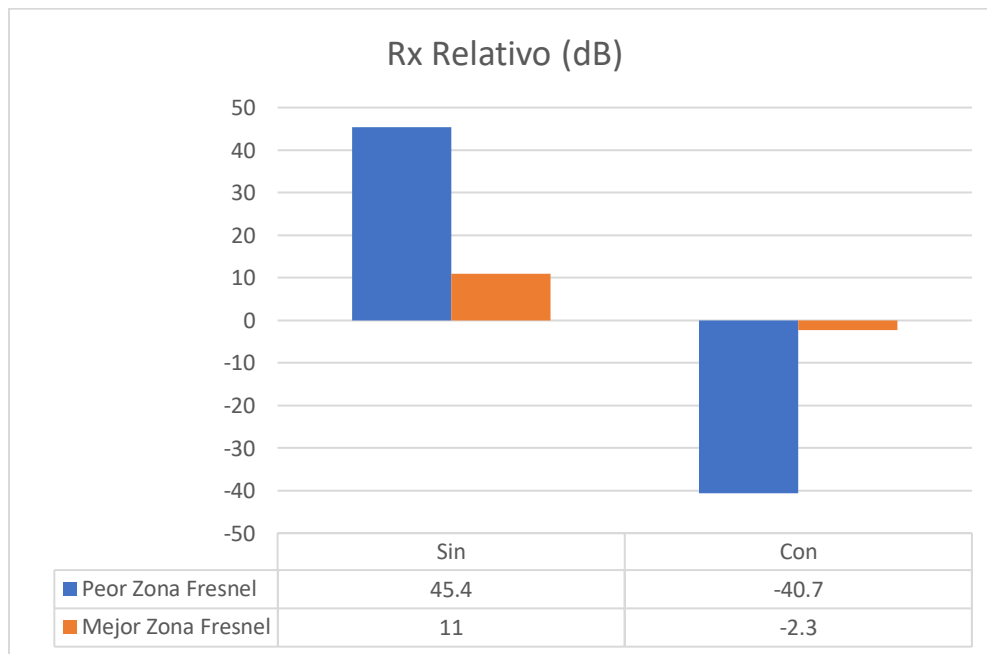
*Ilustración 6.12 Comparación de obstrucción (Autoría propia, 2021)*



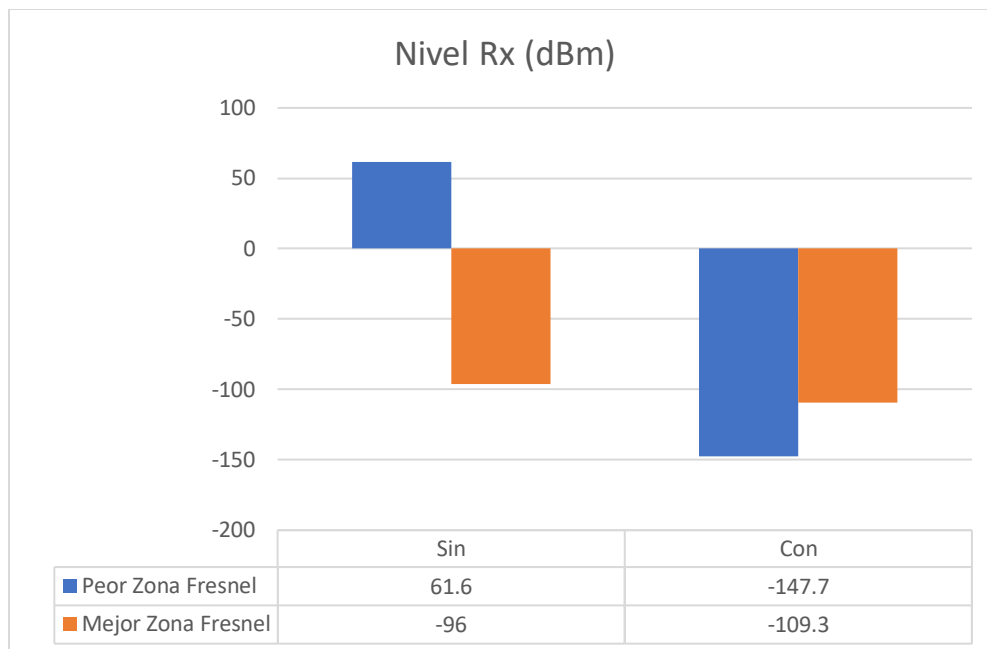
*Ilustración 6.13 Comparación de distancia (Autoría propia, 2021)*



*Ilustración 6.14 Comparación de pérdidas (Autoría propia, 2021)*



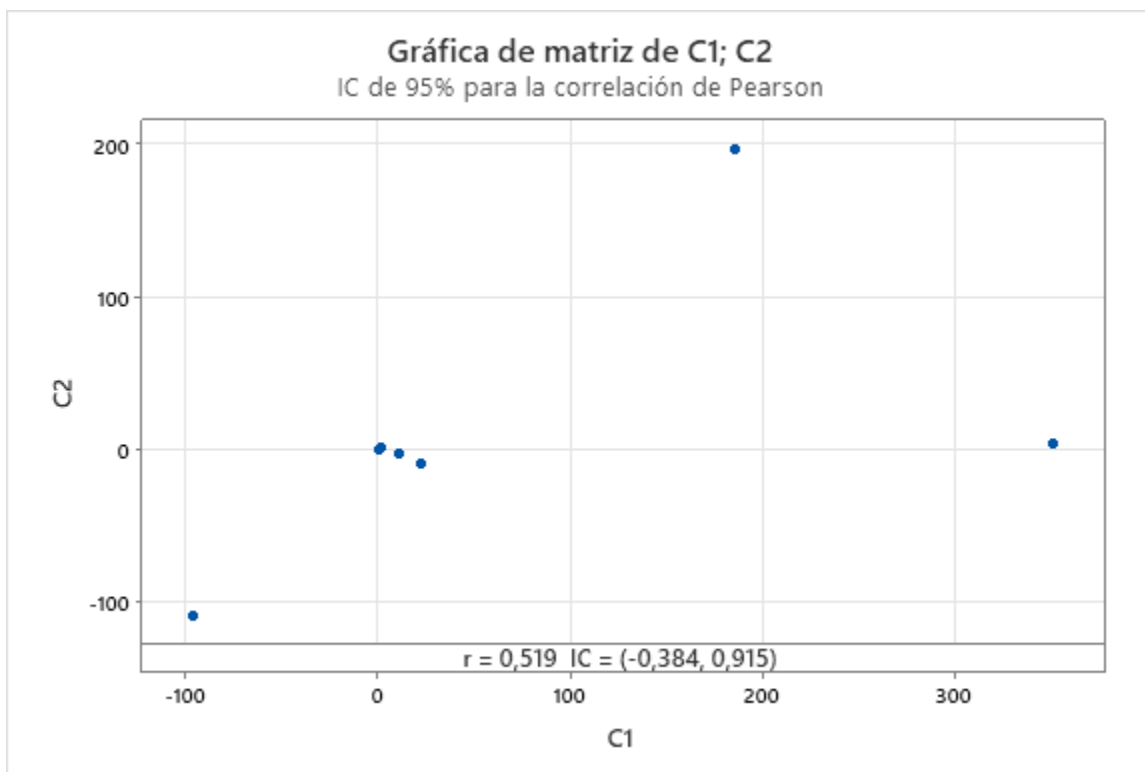
*Ilustración 6.15 Comparación de Rx Relativo (Autoría propia, 2021)*



*Ilustración 6.16 Comparación nivel de Rx (Autoría propia, 2021)*

## 6.4 Coeficiente de Pearson

### 6.4.1 Mejor zona Fresnel



*Ilustración 6.17 Gráfica de coeficiente de Pearson en la mejor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)*

### Método

Tipo de correlación            Pearson  
Número de filas utilizadas:    7

### Correlaciones

    C1  
C2 0,519

Parámetros	Sin obstáculos	Con obstáculos
Mejor Zona Fresnel	21,9	-9,9
Ang. De elevación (°)	350,45	3,75
Obstrucción (km)	0	0,07297
Distancia (km)	1,55	1,19
Pérdidas (dB)	185,5	197,3
Rx Relativo (dB)	11	-2,3
Nivel Rx (dBm)	-96	-109,3

Coefficiente Pearson (r)	0,519489867
Determinación (r <sup>2</sup> )	0,269869722

Tabla 6.3 Coeficiente y determinación de Pearson en la mejor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)

### 6.4.2 Peor zona Fresnel

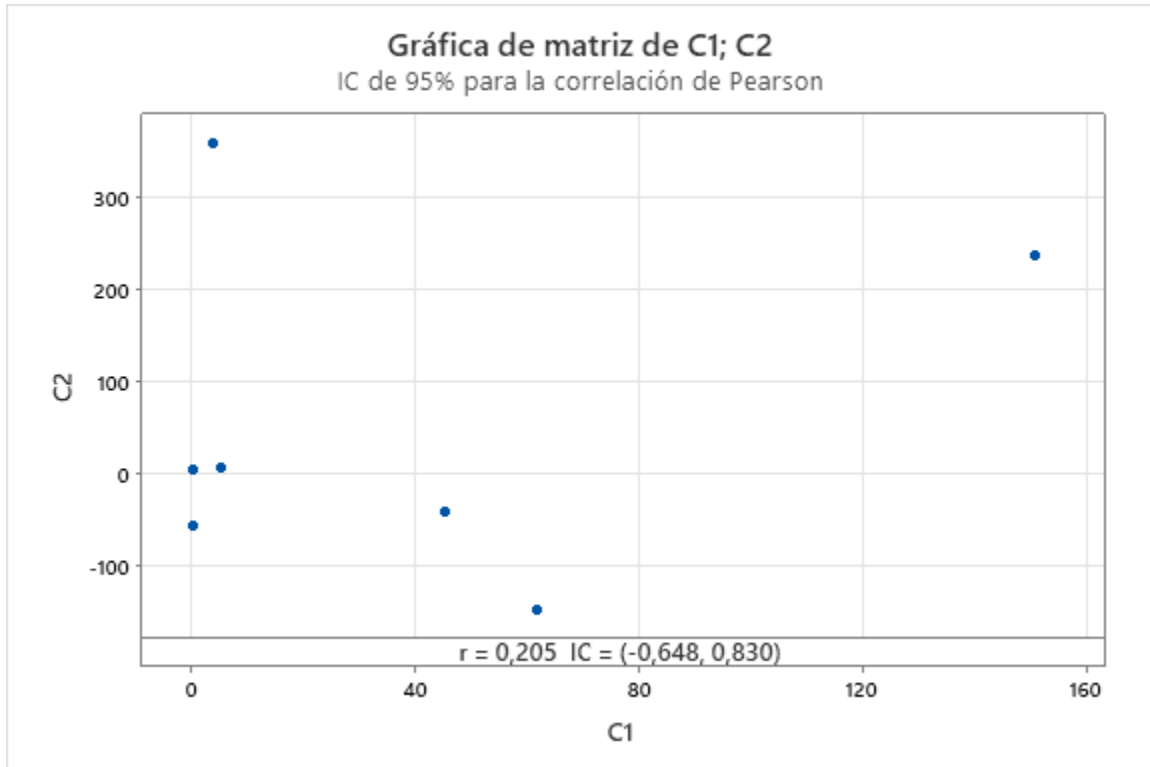


Ilustración 6.18 Gráfica de coeficiente de Pearson en la peor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)

#### Método

Tipo de correlación      Pearson  
Número de filas utilizadas: 7

#### Correlaciones

C1
C2 0,205

Parámetros	Sin obstáculos	Con obstáculos
Peor Zona Fresnel	0,3	-55,4
Ang. De elevación (°)	3,697	359,72
Obstrucción (km)	0,17	3,66
Distancia (km)	5,24	7,32
Pérdidas (dB)	150,7	236,8
Rx Relativo (dB)	45,4	-40,7
Nivel Rx (dBm)	61,6	-147,7

Coefficiente Pearson (r)	0,204775208
Determinación (r <sup>2</sup> )	0,041932886

Tabla 6.4 Coeficiente y determinación de Pearson en la peor zona Fresnel (Autoría propia, 2021)

## 6.5 Análisis de resultados

El diseño de diferentes casos de evaluación de radioenlaces punto a punto, lo apreciamos en el capítulo VI, la ilustración 6.1, están distribuidos dos sistemas los cuales están mencionados como:

- Sistema 1, conformado por Nodo base a Nodo 1.
- Sistema 2, conformado por Nodo base 2 a Nodo 2.

El sistema 1 presenta una mala transmisión de datos mediante la línea roja entre ambos puntos, su geolocalización es apreciada según la altitud, la cual observamos en el capítulo X, ilustración 10.2 la escala de altitud representada en el software Radio Mobile, entre la antena nodo base y nodo 1 la zona se encuentra en color amarillo, y ambas antenas se encuentran en zona color verde, según escala de altitud, en la zona amarilla se encuentra una mayor altitud que la zona color verde, haciendo así que la transmisión de la línea recta pase por una interferencia, un obstáculo como puede ser un pequeño cerro.

El sistema 2 está conformado por dos antenas, es decir un radio enlace punto a punto (PtP), la línea recta entre ambas antenas se encuentra en color verde, indicando que hay una excelente transmisión de datos, la geolocalización de las antenas con respecto a la escala de altitud nos indica que la zona entre las antenas y la zona en la ubicación de las antenas es de color azul claro, es decir, que su altitud es correlacional y no presenta obstáculos entre el radio enlace.

En el capítulo VI, tabla 6.1, observamos los parámetros en la mejor zona Fresnel, tomando en cuenta los dos radioenlaces diseñados, se obtiene la mejor zona Fresnel de ellos, un radioenlace (PtP) sin obstáculos y otro con obstáculo, mediante la comparación de ambos diseños, en la mejor zona Fresnel se aprecian parámetros como ángulo de elevación, obstrucción dada en kilómetros, la cual representa a qué punto se encuentra el obstáculo entre las antenas, apreciamos la distancia en que se encuentran las antenas en ambos diseños dada en kilómetros, las pérdidas dadas en

decibeles, Rx relativo potencia óptica de recepción en la entrada del transceptor óptico dada en decibeles, y el nivel Rx el nivel de potencia óptica de recepción para ambos diseños. En la tabla 6.2 ubicada en el capítulo VI, encontramos los parámetros en la peor zona Fresnel para ambos radioenlaces, con sus respectivos datos y parámetros mencionados anteriormente.

Los resultados eficaces de los distintos escenarios en la zona Fresnel, localizamos en el capítulo VI, ilustración 6.10, la comparación entre la mejor y peor zona Fresnel, en el gráfico la barra color naranja (mejor zona Fresnel) obtiene una mayor eficacia al estar sin obstáculos que con obstáculos, y podemos observar la peor zona Fresnel, la barra en color azul que obtiene datos ineficaces los cuales son negativos en la gráfica, lo que conllevaría una mala transmisión de datos para el dispositivo receptor, datos obtenidos mediante el software Radio Mobile, en caso comparativo de dos eventos de la geolocalización de dos radios enlaces punto a punto. Se observan los valores de correlación mediante el Coeficiente Pearson:

- Mejor zona Fresnel Coeficiente Pearson (r) 0,519 = Correlación positiva media.
- Peor zona Fresnel Coeficiente Pearson (r) 0,205 = Correlación positiva débil.

Se acepta la hipótesis número 1, ya que se obtiene una correlación positiva en ambos casos, al no tener obstáculos en la zona Fresnel tendrá una mayor eficiencia de datos tanto en la mejor y en la peor zona Fresnel a comparación de tener obstáculos en dicha zona.

Mediante los diseños de los radioenlaces en el software Radio Mobile y el software AirLink de Ubiquiti, apreciamos una correlación en sus zonas Fresnel, ambos demuestran la eficacia e ineficacia de los sistemas de radioenlace al encontrarse en eventos distintos, sin obstáculos y con obstáculos entre ellos, específicamente en la zona Fresnel. El software Radio Mobile demuestra ser más amplio, más diverso, por lo que es más útil para las simulaciones de radioenlaces, mostrando parámetros necesarios en la implementación de estos sistemas.

## **CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES**

Se demostró mediante el uso del software Radio Mobile las diferencias de pérdidas en la zona Fresnel en distintos eventos de los sistemas de radioenlaces punto a punto, se muestra la optimización obtenida mediante la simulación de los costes de transmisión de datos en los radioenlaces, la hipótesis número uno es aceptado en base al proceso y resultado logrado.

Se diseñaron los sistemas en las geolocalizaciones ideales para la evaluación de los distintos eventos de los radioenlaces, también se evaluaron las zonas Fresnel en ambos sistemas utilizando Radio Mobile y AirLink Ubiquiti. Se demostró la importancia de diseñar y planificar radioenlaces al comparar los diferentes casos y obtener parámetros deseados mediante la simulación del sistema.

Se examinaron las pérdidas de transmisión de datos en la zona Fresnel en los casos mostrados mediante los resultados obtenidos de Radio Mobile. Al analizar las simulaciones de los radioenlaces punto a punto entre los softwares, se obtuvieron datos más precisos y específicos en Radio Mobile, obteniendo una simulación más completa del sistema.

## **CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES**

En el caso de implementarse y conectarse con agencias o empresas telefónicas, es recomendable que se utilice una frecuencia de funcionamiento diferente a la de los dispositivos multipunto (PtM) para evitar interferencias entre los dos dispositivos en el radioenlace.

En el diseño y aplicación se debe utilizar la polarización vertical en la antena, esto para minimizar el impacto de pérdidas en el rendimiento de la red.

La verificación de la altura a la que se colocará el equipo (antenas), es recomendable visitar el sitio, usar un instrumento GPS para obtener coordenadas precisas de la geolocalización donde se colocará el equipo del radioenlace, también se verifica que no se encuentren equipos a la altura recomendada de la estación base de radio.

Para diseños y simulaciones de radioenlaces punto a punto y punto a multipunto se recomienda el uso del software Radio Mobile obteniendo parámetros concretos y específicos, un uso más amplio y visual de resultados en los sistemas de radioenlace.

## CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA

Albornoz, J. M. (2014). *Radioenlaces Digitales*.

Covarrubias, N. (2021). *SYSCOM*. Obtenido de <https://soporte.syscom.mx/es/articles/1455193-que-es-la-zona-de-fresnel>

ENACOM. (2021). *Haz radioeléctrico*. Obtenido de [https://www.enacom.gob.ar/-que-es-el-espectro-radioelectrico-\\_p117](https://www.enacom.gob.ar/-que-es-el-espectro-radioelectrico-_p117)

Flickenger, R. (2007). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. Limehouse Book Sprint Team .

Fuentes, J. J. (2012). *Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación* . Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería.

Gabriela Leija Hernández, J. L. (2013). Metodología para el cálculo adecuado de las alturas de antenas en un radioenlace de microondas en Línea de Vista. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 12.

Mario Rivera, J. d. (2021). Radio Mobile: Descripción y breves instrucciones para su empleo. *ResearchGate GmbH*, 2-16.

Menendez, G. G. (2021). *Diseño de un sistema de radioenlace para comunicaciones en el ámbito industrial*. Cataluña: Universitat Oberta de Catalunya.

Neri, R. (2003). COMUNICACIONES POR SATÉLITE. *International Thomson*.

Pascual, F. R. (2021). *Radioenlaces tecnologías inalámbricas y diseño de radioenlaces*. Universidad Politécnica de Valencia.

propia, A. (2021).

*Radio Mobile*. (30 de Octubre de 2020). Obtenido de <http://www.ve2dbe.com/english1.html>

Ramos, F. (2021). *Cálculo de interferencias*. Obtenido de <http://www.radioenlaces.es/articulos/calculo-de-interferencias/#more-400>

Remache, P. A. (2015). *Estudio y diseño de un radio enlace para transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena "Alfa y Omega" utilizando equipos AIRMAX de UBIQUITI*. Quito: INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA.

Segura, O. S. (2009). *Diseño de una red inalámbrica para las radiobases celulares del Instituto Costarricense De Electricidad*. Cartago: INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA.

SIA Mikrotīkls. (2018). *Mikrotik*. Obtenido de <https://mikrotik.com/>

Telectrónica. (2 de Diciembre de 2018). *Diseño de radioenlaces*. Obtenido de <https://www.telectronika.com/articulos/radio-enlaces/diseno-de-radioenlaces-de-microondas/>

Ubiquiti. (2021). Obtenido de [https://dl.ubnt.com/qsg/RD-5G30-LW/RD-5G30-LW\\_ES.html](https://dl.ubnt.com/qsg/RD-5G30-LW/RD-5G30-LW_ES.html)

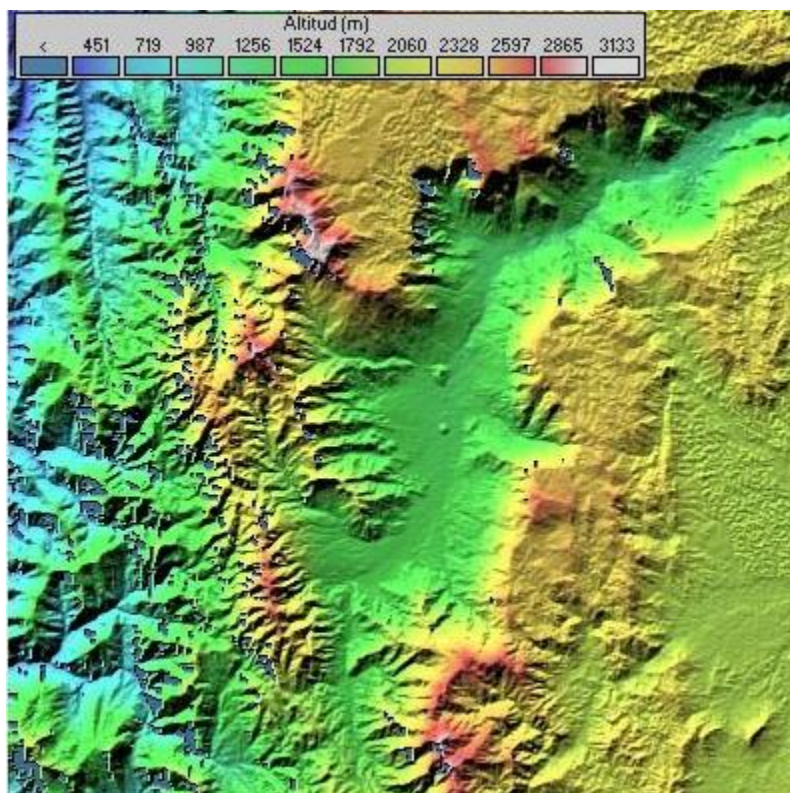
## CAPÍTULO X. ANEXOS

### 10.1 Método del mapeo (mapa conceptual)



Ilustración 10.1 Método de mapeo (Autoría propia, 2021)

## 10.2 Escala de altitud



*Ilustración 10.2 Escala de altitud en software Radio Mobile (Daza, 2009)*

## 10.3 Manual de uso y especificaciones del software Radio Mobile

### MENÚ DEL SOFTWARE:

#### FILE:

El menú FILE está dividido en seis grupos. El 1<sup>er</sup> grupo de opciones permite trabajar con redes y unidades.

**NEW NETWORKS:** carga una nueva red, borrando todos los datos anteriores. Permite configuración inicial de la red o configuración por defecto.

**OPEN NETWORKS:** carga una red anterior seleccionada con el navegador de directorios. En el 5<sup>o</sup> grupo de opciones de este menú, existen accesos rápidos para 8 redes memorizadas por el programa.

**SAVE NETWORKS:** salva la configuración para la red actual con la que se está trabajando, permitiendo la asociación del nombre de la red, a los mapas o imágenes asociadas a ésta.

**SAVE NETWORKS AS:** permite nombrar la red diseñada, salvando sus propiedades o los cambios asociados a ésta.

**NETWORKS PROPERTIES:** lanza la ventana de configuración de redes.

**UNIT PROPERTIES:** lanza la ventana de configuración de las unidades.

El 2<sup>o</sup> grupo de opciones del menú FILE sirve para la gestión de mapas.

**OPEN MAP:** carga un mapa de altitudes.

**SAVE MAPA AS:** guarda el mapa de altitudes actualmente cargado con el nombre que se le quiera dar.

**MAP PROPERTIES:** lanza la ventana de configuración de mapas.

**PREVIOUS MAP:** carga el mapa anterior al actual, en la secuencia de trabajo de la sesión en la que se está trabajando, si existiera.

**NEXT MAP:** carga el mapa posterior al actual, en la secuencia de trabajo de la sesión en la que se está trabajando, si existiera.

El 3<sup>er</sup> grupo de opciones del menú FILE sirve para la gestión de imágenes.

**NEW PICTURE:** lanza la ventana de configuración de imágenes, para seleccionar las propiedades de una nueva imagen.

**OPEN PICTURE:** carga una imagen, ya existente, en la ventana en la que estamos trabajando.

**SAVE PICTURE AS:** guarda la imagen actualmente cargada con el nombre que se le quiera dar.

*Ilustración 10.3 Menú del software Radio Mobile FILE (Garnacho, 2006)*

**PICTURE PROPERTIES:** lanza la ventana de configuración de imágenes, para realizar modificaciones.

El 4º grupo consta únicamente de la opción de impresión:

**PRINT:** imprime el contenido de la imagen de la ventana actual.

En el 5º grupo de opciones de este menú, existen accesos rápidos para las últimas 8 redes con que se trabajó, memorizadas por el programa.

El 6º grupo consta únicamente de la opción de salida:

**EXIT:** permite salir del programa, consultando confirmación y ofreciendo guardar la sesión de trabajo.

Además el programa permite usar las teclas rápidas típicas en Windows. Copy, paste, undo...

## **EDIT:**

Los 5 primeros grupos de opciones del menú Edit reúnen utilidades para el manejo de imágenes. El 6º grupo sirve para el manejo de mapas de elevación.

El 1º grupo de opciones permite copiar y pegar imágenes.

**COPY:** memoriza para la copia posterior, la imagen de la ventana actual de trabajo.

**PASTE:** pega la imagen memorizada para copia, en la ventana actual de trabajo.

**PASTE AS A NEW PICTURE:** pega la imagen memorizada para copia en una nueva ventana de trabajo lanzada automáticamente.

El 2º grupo de opciones permite trabajar con varias imágenes de mapas a la vez.

**MERGE PICTURES:** lanza la ventana de configuración para la superposición de imágenes de diferentes mapas.

El 3º grupo de opciones contiene algunas utilidades para la caracterización de los mapas a través de diferentes representaciones gráficas.

**DRAW GRID:** dibuja una rejilla con las coordenadas del mapa con que se trabaja, con ejes espaciados según la precisión seleccionada.

**DRAW RINGS:** dibuja círculos concéntricos a un punto seleccionado del mapa, con las distancias a éste, para diferentes posibilidades de unidades.

**DRAW OBJECTS:** representa otro tipo de información relativa a la imagen observada, por ejemplo, las ciudades más relevantes.

El 4º grupo de opciones permite modificar las características de presentación de la imagen actual:

**FIT TO A WINDOW:** ajusta la imagen actual a la ventana de trabajo para que pueda verse completa.

**ROTATE/STRETCH:** permite rotar, ampliar o reducir la imagen del mapa con que se trabaja en un factor determinado.

**FLOOD:** rellena del color seleccionado en la imagen, aquellas zonas que se encuentren por debajo de una determinada altitud.

**STRATIFICATION:** similar al caso anterior, pero marcando un máximo y un mínimo, en lugar de una cota inferior.

**ELEVATION CONTOUR:** dibuja las curvas de nivel espaciadas según selección para el mapa cargado.

**FORCE GRAY SCALE:** muestra la imagen en escala de grises.

**SHADOW:** aumenta el factor de sombreado para la imagen seleccionada en función del ángulo de elevación.

El 5º grupo de opciones permite añadir al dibujo leyendas con las características del mapa con que se trabaja.

*Ilustración 10.4 Menú del software Radio Mobile EDIT (Garnacho, 2006)*

**REDRAW LAST LEGEND:** vuelve a dibujar la última leyenda cargada.  
**DISTANCE \$SCALE:** añade a la imagen en la esquina seleccionada (superior, inferior / derecha, izquierda) una regla con la escala trabajada.  
**CORNER\$ COORDINATE\$:** muestra la leyenda con las coordenadas de las esquinas de la imagen mostrada en esa ventana, independientemente del mapa de altitudes cargado.

El sexto grupo sirve para el manejo de mapas de elevación:

**FIT MAP TO PICTURE/SELECTION:** lanza la ventana de configuración de mapas de elevación, cargado con las características (punto central, distancia, etc.) de la zona seleccionada por el usuario. En caso de no haber selección previa, ajusta el mapa a la imagen actual de la ventana de trabajo. La Imagen asociada una vez cargado el mapa (pulsando Apply), también corresponderá a la de esta zona.  
**FIT MAP TO UNIT\$:** similar a la función anterior, solo que ajusta el centrado y distancia necesaria para el mapa, en función de las unidades que estén habilitadas en ese momento.

## VIEW:

El 1<sup>er</sup> grupo de opciones permite diferentes visualizaciones para los mapas y elevaciones:

**ELEVATION GRID:** muestra la rejilla numérica para las elevaciones, y opcionalmente el zoom de la imagen asociada a esa rejilla numérica. La rejilla estará centrada en la posición del cursor en ese momento.  
**FIND PEAK ELEVATION:** sitúa el cursor en la localización con mayor altitud para la zona seleccionada, o en su defecto para el mapa completo cargado en ese momento.  
**WORLD MAP:** muestra la imagen del mapa del mundo en una nueva ventana que se abre automáticamente.

El 2<sup>o</sup> grupo de opciones diferentes visualizaciones para las redes y unidades:

**\$SHOW NETWORK\$:** permite diferentes formas de representación de las redes. Existen tres opciones All muestra toda la red, unidades y enlaces configurados entre ellas, Units muestra solamente las unidades habilitadas para la red y Needlines muestra solo las líneas necesarias asociadas a cada enlace sin las unidades.  
**HIDE NETWORK\$:** oculta las redes, unidades y enlaces de la imagen mostrada.  
**NETWORK\$ AUTOREDRAW:** dibuja automáticamente las modificaciones de la red.

El 3<sup>o</sup> grupo contiene únicamente el comando para la visualización de la animación creada con el Radio Link.

**FLIGHT:** aparece una nueva ventana, la última animación generada con "Radio Link".

Marcando las opciones del 4<sup>o</sup> grupo, se seleccionan las siguientes posibilidades:

**TOOLBAR:** muestra la barra de herramientas.  
**STATUS BAR:** muestra en la parte inferior izquierda del programa, fuera de la imagen, las coordenadas y altitud para la posición del cursor en ese momento.  
**MOUSE COORDINATES:** muestra en la parte inferior derecha, fuera de imagen, contigua a la información anterior, las coordenadas sobre las que nos mose va con el ratón, no coincidiendo con el cursor que se mantiene fijo en la última posición seleccionada presionada.

El último grupo contiene únicamente:

**FULL \$CREEN:** modo pantalla completa para la imagen de la ventana con que estemos trabajando.

## TOOLS:

Dentro de las utilidades que facilita el RadioMobile para el estudio de las redes hay tres grupos de opciones.

*Ilustración 10.5 Menú del software Radio Mobile VIEW, TOOLS (Garnacho, 2006)*

El 1º grupo contiene facilidades para el estudio de enlaces y coberturas:

**RADIO LINK:** herramienta para el análisis del enlace establecido entre dos emplazamientos.  
**RADIO COVERAGE:** herramienta que representa la cobertura radioeléctrica para el emplazamiento seleccionado. Existen varias opciones (**SINGLE POLAR**, muestra las coberturas en coordenadas polares, coloreando la zona en que la señal superará un umbral determinado; **COMBINED CARTESIANS**, similar en coordenadas cartesianas)  
**VISUAL COVERAGE:** herramienta que representa la cobertura visual para el emplazamiento seleccionado.

El 2º grupo permite la presentación de resultados en varios formatos.

**NETWORK MANAGER:** lanza la ventana gestora de las redes, unidades y sistemas.  
**OBJECTS EDITOR:** generador de objetos.  
**ANTENNA PATTERN VIEWER:** visor de patrones de antenas.  
**NETWORK REPORT:** genera, con posibilidad de guardar en un fichero, todas las características y resultados para la red con la que se trabaja.  
**MULTICAST MONITOR:** display con los últimos mensajes para el canal "multicast" definido en las opciones de GPS.

El 3º únicamente contiene la utilidad de conversión métrica.

**METRIC CONVERSION:** esta opción ofrece dos casillas, donde se puede introducir una cantidad en millas para que la transforme a kilómetros o viceversa. (1 milla = 1,6093 Km).

#### OPTIONS:

**GPS:** lanza la ventana de configuración para la adquisición de información geográfica con GPS.  
**APRS:** lanza la ventana de configuración para la adquisición de información del "Automatic Position Reporting System".  
**INTERNET:** configuración de las opciones para descarga de mapas desde Internet. Existen diferentes pestañas dentro de esta configuración, para las diferentes fuentes posibles. (SRTM, Toporama, Terraserver, LANDSAT, etc.)  
**ELEVATION DATA:** gestión del método utilizado para la obtención de los datos para construir los mapas de altitud.

#### WINDOW:

El primer grupo muestra las posibilidades para la distribución en pantalla para las diferentes ventanas de una sesión de trabajo.

**CASCADE:** presentación de las ventanas en cascada.  
**TILE HORIZONTAL:** presentación de las ventanas distribuidas en columnas y filas con expansión horizontal.  
**TILE VERTICAL:** presentación de las ventanas distribuidas en columnas y filas con expansión vertical.

El siguiente grupo contiene el listado de las 9 o "Más ventanas..." de trabajo. Pinchando sobre el nombre de la imagen guardada se accede a ella.

#### HELP:

**CONTENTS:** accede al contenido de la ayuda.  
**SEARCH:** permite búsquedas en la ayuda.  
**CHECK FOR WE UPDATE:** conecta con Internet para comprobar si existe alguna actualización posible y la instala.  
**ABOUT:** Radio Mobile. Versión 7.1.5. Radio Propagation and Virtual Mapping Freeware VE2DBE:

Ilustración 10.6 Menú del software Radio Mobile OPTIONS, WINDOW, HELP (Garnacho, 2006)

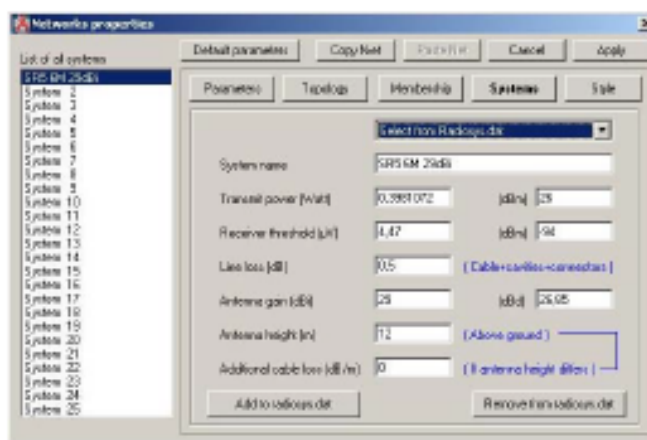
### 10.3.1 Cómo trabajar con sistemas:

Systems o sistemas es la denominación de Radio Mobile para el conjunto de equipos de radio, antenas, etc. con los que se desarrollará el trabajo.

Los sistemas se definen dentro de la ventana de configuración de las redes (Network properties). Pero pueden entenderse como un ente separado, y es recomendable entenderlos así, pues se puede tener una base de datos de sistemas independientemente de las redes donde se utilicen.

#### VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE SISTEMAS:

En el menú File seleccionando la opción Network Properties el programa lanza la siguiente ventana de configuración:



Pinchando en la pestaña **Systems** se abre la ventana de configuración de sistemas.

La columna de la izquierda contiene los sistemas de la red con que se trabaja. En este caso se había reservado cantidad para almacenar 25 sistemas (System 1 - System 25).

La ventana principal contiene:

**SYSTEM NAME:** permite nombrar al sistema. Por ejemplo: GRS 6M 29 dBi.

**TRANSMIT POWER:** representa la potencia emitida por el equipo, por ejemplo la tarjeta utilizada en este sistema es WiFi Ubiquity GRS (super range 5) de 400 mW (26dBm). (aparece de las dos formas en W y en dBm).

**RECEIVER THRESHOLD:** sensibilidad del equipo receptor. Por ejemplo para esta tarjeta tenemos -94 dBm, para la velocidad de 6Mbps. Las unidades vienen dadas en µV o dBm.

**LINE LOSS:** pérdidas asociadas, por ej. del cable coaxial que conecta la tarjeta con la antena, los conectores, pigtails, etc. Sus unidades son dB. El equipo del ejemplo tenía unas pérdidas de 0.5dB.

**ANTENNA GAIN:** ganancia de la antena del equipo transmisor-receptor. Sus unidades son dBi. Por ejemplo: 29 dBi.

**ANTENNA HEIGHT:** altura a la que se ubicará la antena del equipo transmisor-receptor. Sus unidades son m. Por ejemplo: 12 dBi.

**ADDITIONAL CABLE LOSS:** pérdidas extra asociadas a la altura de la antena. La altura puede modificarse en el estudio posterior de la red. Es decir, cuando se está analizando los radio enlaces, puede variar la altura de la antena. Estas pérdidas tienen en cuenta las que introduciría la nueva sección de cable coaxial que conecta la tarjeta con la antena. Sus unidades son Db/m.

Estos parámetros caracterizan por completo el sistema con el que se quiere trabajar.

Ilustración 10.7 Ventana de configuración de sistemas en software Radio Mobile (Garnacho, 2006)

### BASE DE DATOS DE SISTEMAS:

El programa ofrece la posibilidad de generar una base de datos de los sistemas definidos por el usuario. De esta forma si se está trabajando con cualquier red que no sea en la que se creó el sistema, se puede cargar alguno de los sistemas definidos en sesiones anteriores.

Las dos pestañas destinadas a este fin son las de la zona de abajo: **Add to radiosys.dat** y **Remove from radiosys.dat**. El fichero **radiosys.dat** contendrá esta base de datos.

Si por ejemplo, se quiere guardar en la base de datos el sistema definido en el ejemplo anterior. Simplemente se procede así:

- 1.- Se rellenan todos los campos necesarios para generar el sistema.
- 2.- Se pulsa la pestaña **Add to radiosys.dat**.
- 3.- Se pulsa **Apply**. El cambio en la base de datos no será efectivo hasta que no se haya pulsado **Apply**. Si se tiene alguna ventana adicional de sistemas deberá cerrarse y volver a abrirse para que el cambio queda apareciarse.

Para eliminar sistemas de la base de datos, basta con seleccionarlo y borrarlo con **Remove from radiosys.dat**.

### CARGAR SISTEMAS:

Si se está trabajando con una nueva red, y quiere cargarse un sistema que existía en la base de datos:

- 1.- Se sitúa el cursor en la lista de sistemas en el hueco donde se quiera agregar el sistema existente.
- 2.- En la pestaña de la zona superior **Select from radiosys.dat** se pincha en la fecha.
- 3.- Aparece el listado de los sistemas existentes. Se pulsa en el sistema deseado y se carga de forma automática.

*Ilustración 10.8 Base de datos y cargas de sistemas en software Radio Mobile (Garnacho, 2006)*