

Diseño y simulación de un enlace terrestre punto a punto para un cliente privado ubicado en el centro zonal de Leticia.

José Alberto Bernal Botello

Cod. 68172534

Julián Camilo Bocanegra Luna

Cod. 72162516

Litsi Viviana Colorado Ramírez

Cod. 67152514

Corporación Universitaria Unitec

Escuela de Ingeniería

Programa Ingeniería Industrial / Ingeniería de Sistemas

/ Ingeniería de Telecomunicaciones

Bogotá D.C;

Noviembre 3, 2021

Tabla de Contenido

1.	Planteamiento del problema.....	9
1.1	Objetivos.....	10
1.2	Objetivo general.....	10
1.3	Objetivos específicos	11
2.	Alcance del proyecto.....	11
3.	Glosario.....	13
4.	Capitulo Estado del Arte.....	13
4.1	Onda electromagnética.....	14
4.2	Radio enlace Terrestre	14
4.3	Estructura de un Radioenlace.....	15
4.4	Tipos de enlaces Microondas.....	16
4.5	Microondas satelitales:.....	16
4.6	Clasificación de ondas Electromagnéticas.....	16
5.	Espectro Electromagnético	17
6.	Diseño de un Radioenlace Terrestre	18
6.1	Perdidas.....	18
6.2	Perdidas por desvanecimiento.....	18
6.3	Zona de Fresnel.....	20
6.4	Lado de transmisión.....	20
6.5	Perdidas en el cable.....	21
6.6	Perdidas en los conectores	22
7.	Ganancia de la Antena	23
7.1	Lado Receptor.....	24
7.2	Potencia de Recepción	24
7.3	Sensibilidad del receptor.....	25
7.4	Señal a Ruido (SNR).....	25
8.	Análisis de Interferencias en un enlace microondas	25

9. Disponibilidad del enlace.....	26
10. Tipos de antenas y funcionamiento.....	27
10.1 Parámetros de una antena:	27
10.2 Tipos de antenas:.....	29
10.3 Torres	30
10.4 Espectro Electromagnético	32
11. Plan de frecuencias	33
12. Bandas de frecuencias licenciadas	35
13. Capítulo Análisis de Fabricantes Radios (Torre) y CPE (Clientes) para la solución propuesta radio enlace terrestre.	36
14. Metodología	43
14.1 Característica del Sitio Cliente Privado centro Zonal Leticia.....	43
14.2 Estudio de Campo Centro Zonal de Leticia.....	46
14.3 Análisis en sitio del lado del cliente privado del centro zonal leticia.	46
14.4 Análisis del lado de la torre de leticia.....	48
15. Diseño de Ingeniería para el radio enlace Terrestre Cliente Privado centro zonal leticia.....	49
15.1 Antenas	50
15.2 Referencia N5-45x4 Sector Antena	50
15.3 Ancho del Haz de la Antena	51
15.4 Margen de Desvanecimiento.....	53
16. La Sensibilidad.....	54
17. Indisponibilidad del radio enlace terrestre punto a punto.....	54
18. Simulación del enlace Torre Leticia y Cliente privado del centro zonal leticia software pathloss.	54
18.1. Pasos de la simulación:	54
19. Resultados obtenidos con la simulación del radio enlace terrestre.....	61
19.1. Resultado del perfil del terreno.....	61
19.2. Cobertura de la Radio Base ubicada en la torre de leticia	63
20. Cálculo del presupuesto del proyecto	65
20.1. Costo del estudio de Campo	65

Tabla 23.	65
20.2. Listado de equipos	65
21. Conclusiones y recomendaciones	70
22. Referencias.....	70

Tabla de Figuras

Figura 1	9
Figura 2	20
Figura 3	22
Figura 4	26
Figura 5	30
Figura 6	31
Figura 7	31
Figura 8	32
Figura 9	32
Figura 10	35
Figura 11	44
Figura 12	44
Figura 13	45
Figura 14	46
Figura 15	47
Figura 16	48
Figura 17	49
Figura 18	50
Figura 19	51
Figura 20	52
Figura 21	55
Figura 22	55
Figura 23	56
Figura 24	57
Figura 25	57
Figura 26	58
Figura 27	58
Figura 28	59
Figura 29	60
Figura 30	60

Figura 31.....	61
Figura 32.....	62
Figura 33.....	62
Figura 34.....	63
Figura 35.....	64
Figura 36.....	64

Lista de Tablas

Tabla 1.	14
Tabla 2.	16
Tabla 3.	19
Tabla 4.	19
Tabla 5.	21
Tabla 6.	23
Tabla 7.	23
Tabla 8.	27
Tabla 9.	33
Tabla 10.	35
Tabla 11.	37
Tabla 12.	39
Tabla 13.	39
Tabla 14.	40
Tabla 15.	41
Tabla 16.	41
Tabla 17.	42
Tabla 18.	43
Tabla 19.	48
Tabla 20.	50
Tabla 21.	52
Tabla 22.	53
Tabla 23.	65
Tabla 24.	65
Tabla 25.	67

Lista de Anexos

Anexo A. Materiales del Nodo	73
Anexo B. Materiales en el sitio cliente privado del centro zonal leticia.....	75
Anexo C. Centro Zonal Leticia.....	78
Anexo D <i>Cesión de Derechos</i>	80

Resumen

Leticia es una de las principales zonas de Colombia el cual el acceso a internet es limitado por su ubicación geográfica, como consecuencia de esto la brecha digital es enorme afectando la población de leticia en acceder a un servicio de internet de calidad.

El presente proyecto investigativo nace de la necesidad de un cliente privado ubicado en el centro de zonal de leticia en mejorar su solución de conectividad actual basada en tecnología satelital, se propone un estudio en la zona donde se identificará la mejor solución del cliente aprovechando la infraestructura que se tiene actualmente.

En la primera parte del proyecto investigativo se definió planteamiento del problema, objetivos y alcance, en la historia del arte se realizó toda la investigación dando inicio con los conceptos básicos para dar un mejor entendimiento de los elementos que componen un radio enlace terrestre, se incluyó una parte de marco normativo del espectro en Colombia.

Para el diseño y simulación del radio enlace punto a punto se realizó por medio del software Pathloss versión 5.0, con el cual se puede garantizar un 80% la viabilidad del proyecto.

Para nuestro estudio se definió trabajar con un rango de frecuencia libre el cual hace una diferencia enorme en el presupuesto total del proyecto.

Abstract

Leticia is one of the main areas of Colombia where internet access is limited due to its geographical location, as a consequence of this the digital divide is huge, affecting the leticia population in accessing a quality internet service.

This research project arises from the need of a private client located in the center of the area of Leticia to improve its current connectivity solution based on satellite technology, a study is proposed in the area where the best solution for the client will be identified, taking advantage of the infrastructure that you currently have.

In the first part of the research project, the problem statement, objectives and scope were defined, in the history of art all the research was carried out starting with the basic concepts to give a better understanding of the elements that make up a terrestrial radio link, it was included a part of the regulatory framework of the spectrum in Colombia.

For the design and simulation of the point-to-point radio link, it was carried out using Pathloss version 5.0 software, with which 80% of the viability of the project can be guaranteed.

For our study, it was defined to work with a free frequency range which makes a huge difference in the total budget of the project.

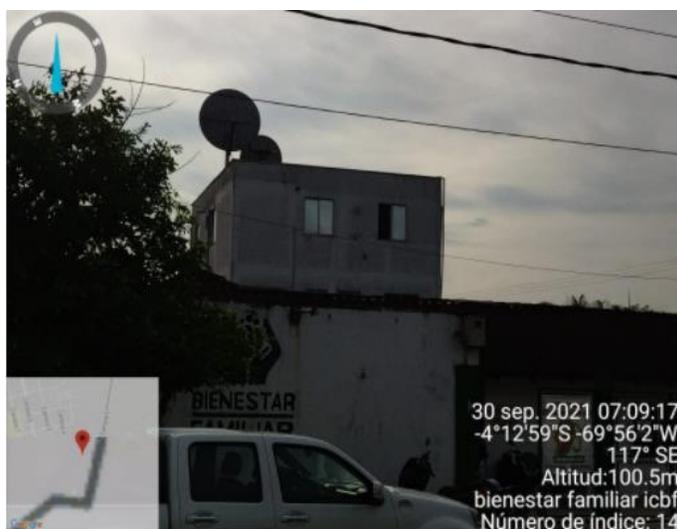
1. Planteamiento del problema

Conociendo la necesidad del cliente privado ubicado en el centro zonal leticia en aumentar su ancho de banda de 5 Mbps a 20 Mbps, se identifica que la solución implementada actualmente requiere un plan de mejora, para poder cumplir con el requerimiento solicitado.

La solución actual del cliente privado se encuentra implementada mediante un enlace satelital, de acuerdo a lo informado por el cliente privado confirma la necesidad de aumentar su ancho de banda para poder suplir las necesidades que se han presentado en la compañía a nivel de recursos sobre el servicio de internet y adicional a esto indica que ha presentado intermitencias y lentitud del servicio con la solución actual, estas son las razones principales por las cuales es necesario realizar una propuesta donde se pueda ejecutar un plan de mejora y poder brindar la mejor solución que cubran las necesidades que actualmente presentan.

Figura 1

Solución actual del cliente Privado centro zonal leticia



Nota. Foto tomada por Francisco Matellana Rodríguez 30-09-2021

Actualmente leticia es una de las zonas en Colombia que por su ubicación y lejanía con el centro del país la conectividad en su gran mayoría está dada por soluciones satelitales, según el artículo semana 27/5/2020 <https://www.semana.com/empresas/articulo/skynet-la-empresa-que-lleva-internet-al-amazonas/286861/> nos indica que el 50% de la población colombiana no cuenta con

conexión a internet a hogar y que en la gran mayoría son zonas rurales, en este punto cabe resaltar que una de las compañías que se ha dedicado a implementar soluciones de conectividad en su mayor porcentaje a hogares seguido de pymes es la empresa “skynet filial de ETB”, esta conocida en el medio de la telecomunicaciones por brindar soluciones satelitales.

De acuerdo con las cifras entregada por el ministerio de las TIC con fecha de actualización del 30-06-2021 para el proyecto PNCAV de conectividad de alta velocidad en el municipio de leticia se evidencia que la meta establecida de conectividad para puntos digitales, kioscos digitales zonas wifi y hogares conectados están en un rango del 0% a 22%. Información tomada de Colombia tic <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-36409.html>.

En la actualidad para la zona de leticia el porcentaje de conectividad esta dado en su mayoría por soluciones satelitales la cuales tienen como proveedor ISP la empresa Skynet, adicional a esto el proyecto PNCAV el cual está siendo implementado por el ministerio de las TIC para conectar las zonas rurales del país a la que está incluida amazonas y a su vez leticia, este proyecto no está contemplado para empresas del sector privado.

El fin de nuestro proyecto investigativo es analizar la viabilidad de una solución terrestre con el objetivo de satisfacer la necesidad del cliente y dar a conocer otro tipo de interconexión, para esto se generará un análisis de la infraestructura actual que se encuentra en la zona de leticia y poder determinar que recursos son viables para nuestro estudio.

1.1 Objetivos

1.2 Objetivo general

- ✓ Diseñar y simular un enlace de interconexión terrestre de última milla para el mejoramiento el acceso a internet en el centro de leticia donde se encuentra ubicada la solución satelital del cliente privado, en el cual se realizará un estudio de pre-viabilidad con el fin de garantizar que la solución presentada sea la adecuada y cumpla con los requerimientos propuestos en esta investigación.

1.3 Objetivos específicos

- ✓ Realizar un estudio de campo con herramientas tecnológicas “Google earth” para la recolección y análisis de la información del cliente privado que está ubicado en el centro de zonal de leticia.
- ✓ Realizar el estudio de pre-viabilidad de acuerdo a los datos recolectados para plantear la solución y confirmar que el sitio cumpla con los requerimientos de una solución terrestre.
- ✓ Diseñar una solución punto a punto para el cliente privado ubicado en el centro zonal de leticia.
- ✓ Realizar el cálculo de los costos que implica llevar a cabo la solución punto a punto propuesta al cliente quien será el encargado de su implementación.
- ✓ Simular el enlace por medio del software pathloss demostrando que la solución es la adecuada y cumple con los requerimientos del cliente.

2. Alcance del proyecto

De acuerdo con la necesidad del cliente privado del centro zonal leticia se define el alcance del proyecto en las siguientes tareas.

Levantamiento de información del cliente privado ubicado en el centro de leticia para este alcance se desarrollarán las siguientes tareas:

- ✓ Con el uso del Google Maps se determinará las coordenadas del sitio, posterior a esto se realizará un estudio de pre-viabilidad para confirmar que torres se encuentran en la zona cercanas al sitio.
- ✓ Verificación de la pre-viabilidad de la solución técnica y requerimientos que se van a tener en cuenta en el mejoramiento de la interconexión.
- ✓ Se enviará técnico a sitio el cual realizará un estudio de campo donde debe ejecutar las siguientes actividades:
 - ✓ confirmar las coordenadas exactas del sitio utilizando GPS.
 - ✓ verificar línea de vista identificando posibles obstrucciones.
 - ✓ Proponer posibles puntos donde se pueda instalar la antena indicando los requerimientos necesarios.

- ✓ Se realizará el análisis con los datos recolectados y se confirmará la viabilidad de la interconexión para proceder a ejecutar la siguiente fase corresponde a diseño.

Las siguientes tareas con el fin de determinar la arquitectura de solución para garantizar la interconexión del cliente privado ubicado en el centro zonal de leticia.

- ✓ Se realizará una investigación previa de los radios y sus fabricantes con el fin de escoger dos que cumplan con los requerimientos técnicos evaluados en la fase de planeación.
- ✓ Calculo y diseño del radio enlace terrestre con la utilización del software Pathloss; en este se determinará los siguientes parámetros:
- ✓ Ubicación geográfica del sitio se ingresará las coordenadas confirmadas en la fase de planeación, con el fin de garantizar que los resultados sean los más exactos posibles en el diseño del radio enlace terrestre.
- ✓ Altura de las antenas (Radios) y la torre.
- ✓ Ganancia de las antenas y factores de los equipos Tx/Rx “Perdidas de inserción, filtros y circuladores.
- ✓ Se definirá el método de cálculo del radio enlace.
- ✓ Los parámetros Threshold y potencia de transmisión son dadas por el fabricante de acuerdo con los datasheet de los equipos.
- ✓ Se analizará la frecuencia óptima para la solución del radio enlace terrestre, se determinará rango de frecuencia y con esto se determinará si hace referencia a banda libre o licenciada.

Según los resultados obtenidos se realizará el costo total de la solución la cual corresponde a la última fase que desarrollaremos en el proyecto de investigación.

Se tiene contemplado elaborar el presupuesto total del proyecto donde se definirá el costo para cada una de las actividades que se deberán desarrollar.

- ✓ Costos de Equipos Radio (punto cliente) Radio base (Torre)
- ✓ Costos de conectores cables, mástil tornillos y demás accesorios que se deban contemplar en el diseño.
- ✓ Costos de transporte de los equipos y materiales adicionales punto origen Bogotá (Colombia) destino (Amazonas-Leticia).
- ✓ Costos honorarios ingeniero en sitio.

3.Glosario

- ✓ **RSSI:** se define por sus siglas Received Signal Strength Indicator, este parámetro nos indica la intensidad de la señal recibida.
- ✓ **SNR:** “Signal to Noise Ratio” es la relación señal a ruido esta se mide en db.
- ✓ **Zona fresnel:** es el volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética y el receptor.
- ✓ **LOS:** “Line of Sigh” Es una característica del radio enlaces la cual consiste entre el punto a y punto b debe haber una línea recta.
- ✓ **Ancho de banda:** Es la capacidad de transmisión de datos entre el punto A y punto B, su medida es bits por segundo (bps).
- ✓ **Radio Enlace:** se define como la interconexión de dos puntos que se realiza a través de ondas electromagnéticas, sobre dos puntos fijos en la tierra estos trabajan en el rango de frecuencia 800 MHz y 42 GHz.
- ✓ **Frecuencia:** se define como el número de veces que se repite un ciclo, la unidad de medición son los Hertz.
- ✓ **LFS:** perdida del espacio libre.
- ✓ CALIDAD DE SERVICIO (QoS)
- ✓ MIMO
- ✓ SISO
- ✓ **(QoS):** Es la calidad del servicio abarcan aspectos, disponibilidad del servicio perdidas, interrupciones.
- ✓ MIMO: Múltiple entrada múltiple salida
- ✓ SISO: Única entrada/única salida.
- ✓ ANE: Agencia nacional del espectro.
- ✓ LOS: Line of Sigh, línea de vista.

4.Capitulo Estado del Arte

En esta parte del proyecto se realizará una investigación de los parámetros para un radio enlace terrestre, adicional se abarcará el tema de cobertura y la topografía de la zona donde se encuentra ubicado el cliente privado.

4.1 Onda electromagnética

Estas ondas se definen como el resultado de las oscilaciones entre un campo eléctrico y un campo magnético, estas ondas no requieren de un medio físico para su propagación lo cual se pueden desplazar en el vacío y se pueden utilizar para transmisión de datos, energía etc.

4.2 Radio enlace Terrestre

Es un sistema de comunicación fijo entre dos puntos o más terminales, este utiliza ondas electromagnéticas con el fin de transmitir datos “servicio de telefonía /internet “entre otras. Estos enlaces trabajan en frecuencia entre 800 MHz y 42GHz.

Estos enlaces se deben implementar teniendo en cuenta la línea de vista entre los puntos, para garantizar el funcionamiento del enlace, adicional debemos tener en cuenta la topografía de municipio de leticia donde se encuentran los dos puntos, el del cliente privado y la torre, se debe evaluar las alturas, ubicación y los posibles obstáculos que se puedan encontrar en el trayecto. En la siguiente tabla se realiza el análisis entre un enlace satelital y terrestre.

Tabla 1.

Ventajas y desventajas de un enlace terrestre VS satelital

Radioenlaces Terrestre	Satelital
Ventajas	
Mas económicos	Amplitud en la cobertura y es que ofrecen una mayor cobertura por muy lejana que este.
Instalación más sencilla y rápida	Gran ancho de banda y Este tipo de tecnología, ofrece anchos de banda mayores
Se pueden superar los ambientes del terreno.	Seguridad de la señal, Es el uso de sistemas de conexión vía satélite, es que estas tienen menos riesgo de sufrir algún tipo de corte.
Conservación generalmente más económica y de rápida actuación	

Radioenlaces Terrestre	Satelital
Desventajas	
Explotación restringida a tramos de visibilidad directa para los enlaces, el cual se necesita visibilidad directa.	Precio más elevado. La primera desventaja de la que podemos hablar es su precio. Este suele ser mayor que el de otras tecnologías
Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras	Velocidad variante, a velocidad que se puede llegar a alcanzar utilizando esta tecnología, puede variar considerablemente, dependiendo de la distancia que nos encontremos del satélite más cercano.
Condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimiento intensos y desviaciones, implicando utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar.	Retardo en la señal, esto debido a la distancia entre nosotros y los satélites, se produce un retardo entre el envío de la señal y la recepción de la respuesta

4.3 Estructura de un Radioenlace

El sistema básico de un radio enlace está compuesto por 4 elementos principales que son:

Transmisor: este elemento produce la señal de microondas con una frecuencia y potencia determinada, esta es inyectada a la línea de transmisión la antena la recibe y esta la emite en el espacio libre.

Receptor: La antena que actúa como receptor apunta a la del emisor, esta se encarga de recoger la señal y la pasa a la línea de transmisión que conecta al receptor, la demodula y la procesa para poder interpretar la información.

Línea de transmisión: es un sistema de conductores, semiconductores, o la composición de ambos, que puede emplearse para transmitir información, en la forma de energía eléctrica o electromagnética, entre dos puntos.

Antena: Es un dispositivo que funciona para recibir y transmitir ondas electromagnéticas en el espacio libre.

4.4 Tipos de enlaces Microondas

Este tipo de enlaces conectan dos sitios (estaciones terrestres) donde debe tener línea de vista, las frecuencias del dispositivo de la portadora deben tener un valor $<1\text{GHz}$.

4.5 Microondas satelitales: es un enlace el cual la conectividad está compuesta por una estación terrestre y el satélite, las señales que lleguen desde la estación terrestre hacia el satélite lo realizan por el haz ascendente y este a su vez se envían a la tierra por el haz descendente esto con el fin de evitar interferencias entre los dos haces.

Las frecuencias de los haces son diferentes, las frecuencias del haz ascendente son mayores esto estas producen una atenuación mayor en el recorrido de la señal, es preferible transmitir con más potencia desde la tierra, donde el recurso energético es mayor.

Los componentes de un enlace satelital son:

- ✓ Estación Receptora: esta se encarga de recibir la señal generada en la estación transmisora y retransmitida por el satelital.
- ✓ Antena: Dispositivo que es capaz de enviar y recibir la información del satélite, la antena debe apuntar directamente al satélite.
- ✓ Estación emisora: Se compone por el TX y la antena emisora, La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena.

4.6 Repetidoras de Microondas: Este tipo de enlace tienen el objetivo de amplificar y redireccionar la señal cuando existe algún tipo de obstáculo, estos repetidores pueden ser pasivos o activos.

4.6 Clasificación de ondas Electromagnéticas

Tabla 2.

Clasificación ondas electromagnéticas según la frecuencia.

Siglas	Significado	Longitud de Onda		Frecuencia
		Valores	Denominación	Valores
V.L.F	Frecuencias muy bajas	100km => 10km	ondas milimétricas	3 khz => 30 khz
L.F.	Frecuencias bajas	10 km => 1 km	ondas kilométricas	30 khz => 300 khz

Siglas	Significado	Longitud de Onda		Frecuencia
		Valores	Denominación	Valores
M.F	Frecuencias medias	1000 m => 100 m	ondas hectométricas	300 Khz => 3000 Khz
H.F.	Frecuencias altas	100 m => 10 m	ondas diamétricas	3 Mhz => 30 Mhz
V.H.F.	Frecuencias muy elevadas	10 m => 1 m	ondas métricas	30 Mhz => 300 Mhz
U.H.F	Frecuencias ultra-elevadas	100 cm => 10 cm	Ondas decimétricas	300 Mhz => 3000 Mhz
S.H.F	Frecuencias super-elevadas	10 cm => 1 cm	Ondas centimétricas	3000 Mhz => 30000Mhz

5. Espectro Electromagnético

Según la sentencia T-397 de 2014 Corte Constitucional define el concepto de espectro electromagnético es uno de los elementos constitutivos del territorio colombiano y en su condición de bien público, su propiedad es de la Nación y su administración corresponde al Estado. El espectro ha sido definido por la jurisprudencia como la franja de espacio alrededor de la tierra a través de la cual se desplazan las ondas radioeléctricas que portan diversos mensajes sonoros o visuales. Su importancia reside en ser un bien con aptitud para transportar información e imágenes a corta y larga distancia. Este espacio permite la expansión de las ondas hertzianas, mediante las cuales se desarrolla la televisión radiodifundida y se asegura la prestación de otros servicios de telecomunicaciones. Asimismo, debe tenerse en cuenta que, si bien la norma acusada hace referencia al espectro radioeléctrico, esta es una noción que hace parte del concepto de espectro electromagnético, referido particularmente al segmento de frecuencias ubicado en el rango de ondas electromagnéticas que van de 3KHz a 3000GHz. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016)

6. Diseño de un Radioenlace Terrestre

En este punto se identifica los principales parámetros que se deben tener en cuenta para el correcto diseño de un radio enlace terrestre.

6.1 Perdidas

Perdidas por espacio libre (FSL)

La Pérdida en el Espacio libre (FSL), calcula la potencia que se pierde en el mismo donde no se evidencia ningún obstáculo. La señal de radio se atenúa en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

Figura 2.

Autor propio



De acuerdo con la ecuación de (FSL) indica que es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

$$\mathbf{FSL(dB) = 32.45 + 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f)}$$

FSL: pérdidas básicas de transmisión en el espacio libre (dB)

f: frecuencia de radiación en (MHz)

d: distancia entre el transmisor y el receptor (Km)

Tomasi, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electronicas. Phoenix, Arizona: PEARSON EDUCACIÓN.

6.2 Perdidas por desvanecimiento

El margen de desvanecimiento hace referencia a las pérdidas que se pueden generar en el enlace por factores como el clima, tipo de suelo y el medio ambiente que rodea la trayectoria del enlace, adicional a esto también interviene el factor de confiabilidad del enlace.

La ecuación para calcular las pérdidas por desvanecimiento es la siguiente:

$$LD(dB) = 30\log D + 10\log(6ABf) - 70 - 10\log(1 - R)$$

En la siguiente tabla se relacionan los elementos de la ecuación de pérdidas por desvanecimiento.

Tabla 3

Elementos de pérdidas por desvanecimiento

Termino	Concepto	Factores
30 log D	La diversidad Modal	D = Distancia visual entre antenas en Km
10 log (6 A B f)	El entorno de propagación	A = Factor de rugosidad B = Factor Climático F = Frecuencia en GHz
10 log (1 - R)	El objetivo de confiabilidad	R = Confiabilidad esperada

La unión internacional de telecomunicaciones ITU se encarga en suministrar los valores para los factores A “Factor de rugosidad” y B “Factor Climático” los cuales se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 4.

Factor rigurosidad y factor climático.

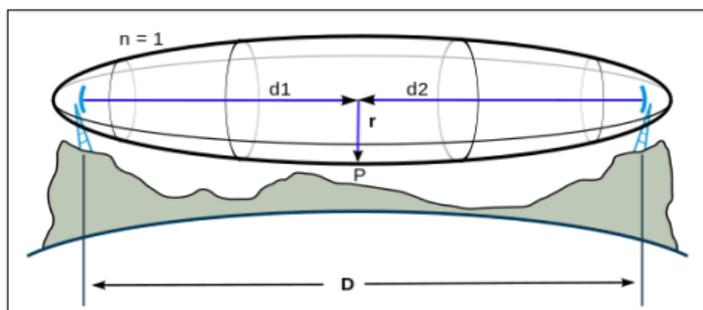
Factor de Rugosidad (A)	4= espejos de agua, ríos muy anchos, etc 3= sembrados, pastizales, arenales. 2= Bosques 1= Terreno Normal 0,25 = Terreno rocoso disperejo
Factor Climático (B)	1= Área marina o condiciones de peor mes 0,5=Áreas tropicales húmedas 0,25 =Áreas mediterráneas de clima normal 0, 125 = Áreas montañosas de clima seco y fresco

6.3 Zona de Fresnel

Se define como el volumen del espacio que existe entre el emisor de una onda electromagnética y receptor en un radio enlace, la onda electromagnética viaja en línea recta desde el emisor, pero esta onda se refleja sobre la superficie de la tierra formando un elipsoide sobre la antena receptora, en la siguiente imagen se explica la zona de Fresnel entre dos puntos.

Figura 2.

Zona fresnel entre dos antenas separadas por una distancia D (Alegsa, 2016)



6.4 Lado de transmisión

En el lado de transmisión se analizará los factores de potencia de transmisión, pérdidas en el cable y ganancia de la antena.

Potencia de transmisión

La potencia de transmisión es la radiación máxima de salida emitida por un radio, este parámetro se encuentra en las especificaciones técnicas de cada fabricante, se debe tener en cuenta que las especificaciones técnicas se dan en valores ideales, los valores reales pueden fluctuar de acuerdo a los parámetros de temperatura y la tensión de alimentación.

Según la resolución 711 DE 2016 ANE En ejercicio de las facultades establecidas en el artículo 36 de la Ley 1978 de 2019, artículo 26 de la Ley 1341 de 2009 y en el artículo 3 del Decreto Ley 4'169 de 2011, indica párrafo 1 “La potencia de transmisión de los radios o equipos de radiocomunicación no deberá exceder de los 1 vatios nominales para el rango de frecuencias 5725-5850 MHz. Los equipos y las antenas deben ajustarse en potencia y ganancia respectivamente, para que se permita el cubrimiento del municipio correspondiente y la

coordinación de frecuencias con los municipios adyacentes”. (Ministerio de tecnologías de la información y comunicaciones, 2019)

Tabla 5.

Conversión vatios a dBm.

Vatios (W)	dBm
1.6	32
2.0	33
2.5	34
3.2	35
4.0	36
5.0	37
6.3	38
8.0	39
10	40
13	41
16	42
20	43

6.5 Pérdidas en el cable

Las pérdidas de la señal del radio dependen de los cables utilizados que realizan la conexión entre el Tx y Rx a las antenas.

Estas pérdidas tienen las siguientes características:

- ✓ “Construcción del cable: Tomando en cuenta el tipo de blindaje, el material y diámetro del conductor central. (Rubio, 2017)
- ✓ Frecuencia a utilizar: A mayores frecuencias, mayor será la pérdida de señal en el cable.
- ✓ Longitud de cable a instalar: A mayor longitud, se recomienda utilizar cables de mayor calibre o diámetro.” (Rubio, 2017)
- ✓ (ver <https://www.syscomblog.com/2017/01/consideraciones-basicas-para-cables.html>, para más detalles)

La frecuencia es un factor importante para calcular la pérdida en los cables, en este punto se debe asegurar que se use los valores adecuados para el rango de frecuencia a utilizar, de acuerdo a la siguiente tabla se proporciona los valores de pérdidas para la frecuencia de 5.4 GHz y 2.4 GHz.

Figura 3.

Valores típicos de pérdida en los cables para 2.4 y 5.8 GHz

Tipo de Cable	144 MHz	220 MHz	450 MHz	915 MHz	1.2 GHz	2.4 GHz	5.8 GHz
RG-58	20.3	24.3	34.8	54.1	69.2	105.6	169.2
RG-8X	15.4	19.7	28.2	42.0	52.8	75.8	134.2
LMR-240	9.8	12.1	17.4	24.9	30.2	42.3	66.9
RG-213/214	9.2	11.5	17.1	26.2	33.1	49.9	93.8
9913	5.2	6.2	9.2	13.8	17.1	25.3	45.3
LMR-400	4.9	5.9	8.9	12.8	15.7	22.3	35.4
3/8" LDF	4.3	5.2	7.5	11.2	13.8	19.4	26.6
LMR-600	3.1	3.9	5.6	8.2	10.2	14.4	23.9
1/2" LDF	2.8	3.6	4.9	7.2	8.9	12.8	21.6
7/8" LDF	1.5	2.1	2.7	3.9	4.9	7.5	12.5
1 1/4" LDF	1.1	1.4	2.0	3.0	3.6	5.6	9.2
1 5/8" LDF	0.92	1.1	1.7	2.5	3.1	4.6	8.2

Nota. Figura tomada de (Tricalcar, 2007)

6.6 Pérdidas en los conectores

La pérdida de los conectores se define según el tipo de conector, el material dieléctrico, nivel de blindaje y la frecuencia.

Es importante utilizar los cables y conectores adecuados para interconectar los dispositivos "Radio/antena" la incompatibilidad en algunos de los componentes aumenta la pérdida debido a las conexiones adicionales.

Tabla 6.

Perdida dB por tipo de conector.

Tipo de conector	Perdida Máxima	Frecuencia
Conector BNC	0.2 dB	3 GHz
conector SMA y RP-SMA	0.06 dB	6GHz
Conectores tipo N	0.15 dB	10 GHz

7. Ganancia de la Antena

La ganancia de la antena hace referencia a la dirección máxima de radiación y potencia entregada a la antena, esta ganancia depende del tipo de antena que se utilice. Normalmente la ganancia puede variar entre 2dBi para una antena integrada sencilla, 8dbi para una antena omnidireccional estándar y un rango entre 21 a 30 dBi para antena parabólica.

Al momento de realizar la instalación de la antena esta debe ser optima con el fin que no se genere perdidas en el enlace.

Tabla 7.

Comparativa de las características de las antenas según su tipo.

Tipo de antena	Patrón de Radiación	Ganancia	Directividad	Polarización
Dipolo	Amplio	Baja	Baja	Lineal
Dipolo Multi-Elemento	Amplio	Baja/Media	Baja	Lineal
Panel Plano (Flat Panel)	Amplio	Media	Media/Alta	Lineal/Circular
Plato Parabólico	Amplio	Alta	Alta	Lineal/Circular
Yagi	Endfire	Media/Alta	Media/Alta	Lineal
Ranura	Amplio	Baja/Media	Baja/Media	Lineal
MicroStrip	Enfire	Media	Media	Lineal

Nota. Información tomada de (Wini Mexico, 2021)

7.1 Lado Receptor

Para los cálculos del lado del receptor se tienen en cuenta potencia de recepción, pérdidas en el cable, sensibilidad del receptor, margen y SNR.

7.2 Potencia de Recepción

La potencia de recepción es el resultado de la diferencia entre la potencia de transmisión y las atenuaciones (guías de onda, cable coaxial, espacio libre) sumadas a las ganancias de las antenas en directividad.

$$Prx = [dBm] + GA [dB] - LP [dB] - Lf [dB] - LS [dB] \quad [dBm] \quad (\text{Juan Esteban Tapias Baena, 2019})$$

Se definen los parámetros de la ecuación

- ✓ PRX = Potencia de recepción [dBm]
- ✓ GA = Ganancia de antenas Tx ,Rx
- ✓ LP = Pérdidas por espacio libre
- ✓ Lf = Pérdidas por cable coaxial
- ✓ LS = Pérdidas por atenuación de sombra.

7.3 Sensibilidad del receptor

Es el valor mínimo de potencia que se necesita para un correcto funcionamiento este parámetro es fundamental ya que determina el alcance del radio enlace, esta se puede definir en términos de potencia (dBm) y tensión (dBμV) en el puerto de RF, o bien campo eléctrico (dBμV/m) incidente en la antena.

Este parámetro se encuentra definido en el datasheet del equipo, según el fabricante.

7.4 Señal a Ruido (SNR)

Es la proporción existente entre la potencia de salida de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe, esta relación entre el ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N).

Relación señal a ruido [dB] = 10 * Log10 (Potencia de la señal [W] / Potencia del ruido [W]) (Pezo, 2010)

8. Análisis de Interferencias en un enlace microondas

Las interferencias son causadas por señales indeseadas en el receptor, si esta señal excede ciertos valores puede afectar la calidad de la señal deseada. Para garantizar la disponibilidad del servicio es necesario que la relación de la señal deseada a la señal que interfiere debe estar por encima de los umbrales del receptor.

La interferencia afectará el nivel umbral del receptor, lo cual resultará en un menor margen de desvanecimiento, lo cual va a ocasionar un BER excesivo.

La interferencia se puede dividir en dos tipos según el artículo Covarrubias, N. (2021) Causas de interferencia en un enlace, <https://soporte.syscom.mx/es/articles/2185309-causas-de-interferencia-en-un-enlace>

Auto interferencia: este tipo de interferencia se genera en los mismos radios, torre o en el mismo círculo cercano, esta interferencia se puede controlar y esta dada por los siguientes escenarios:

- ✓ Superposición de trayectorias de transmisión/recepción de los radios.
- ✓ Puntos de acceso (AP) no sincronizados
- ✓ Sin control de potencia de Tx.

Interferencia Externa: para este tipo de interferencia no se puede controlar el origen que la provoca esta dada por los siguientes factores:

Interferencias de otros operadores radio.

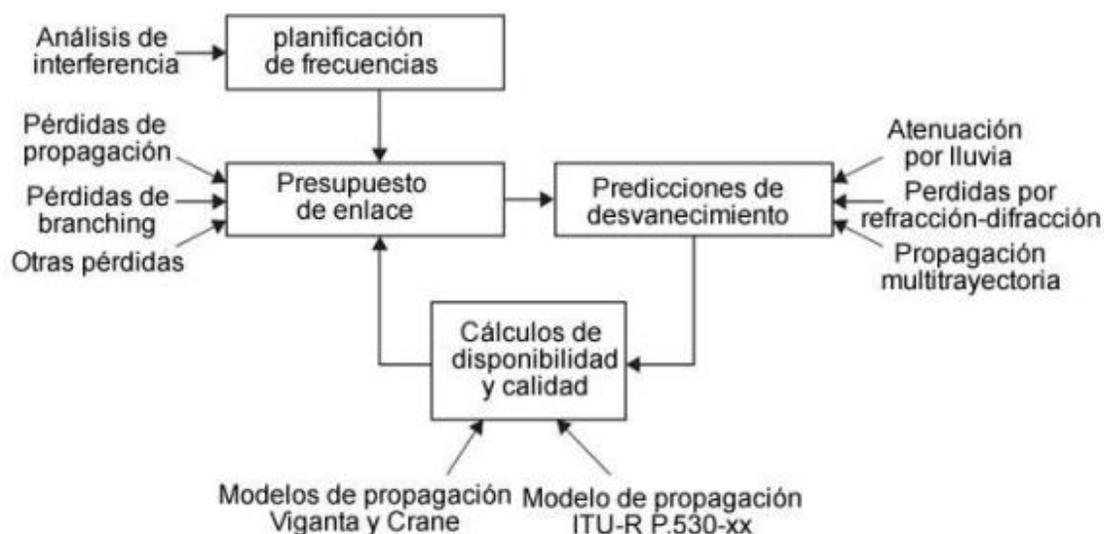
Radios instalados en la misma torre o en la zona de cobertura del enlace.
Operen en el mismo canal ya que el espectro es limitado.

9. Disponibilidad del enlace

Es el tiempo por en el cual el enlace se encuentra operativo sin presentar interrupciones. El procedimiento para la disponibilidad del enlace está definido en la siguiente gráfica:

Figura 4.

Etapas del proceso del diseño de radio enlaces de microondas



Nota. Fuente: (Teledrónica, 2018)

En la siguiente tabla se relaciona los porcentajes de disponibilidad de acuerdo a lo indicado por la ITU-T.

Tabla 8.

Disponibilidad de un enlace de acuerdo con el tipo

Disponibilidad Enlace (%)		DowTime (HH:MM:SS)		
Tipo de Enlace	Porcentaje	por día	por mes	por año
Satelital	99.99	0:00:08	0:04:22	0:52:35
Microondas	99.99-99.999	00:00:00.4	0:00:26	0:05:15

10. Tipos de antenas y funcionamiento

Para recibir o emitir señales radioeléctricas a través de un medio aéreo son necesarios unos dispositivos especiales, denominados antenas, de los cuales existen varios tipos y variedades, que dependiendo de sus características constructivas tendrán mayor o menor potencia (ganancia) y precisión (directividad), así como soportarán unas bandas u otras de frecuencia. (Anonimo, s.f.)

La antena es uno de los componentes esenciales de un sistema de radiocomunicaciones acoplando la energía de la salida de un transmisor hacia el espacio libre o del espacio libre hacia un receptor, razón por la cual se conoce como dispositivo recíproco, puesto que mantiene sus características tanto en transmisión como en recepción. Puede entenderse, como un dispositivo que transforma las señales eléctricas (voltaje y corriente de una línea de transmisión) en ondas electromagnéticas (campos eléctricos y magnéticos), o viceversa. (Anonimo, s.f.)

10.1 Parámetros de una antena:

Las antenas se comportan de igual manera en recepción que en emisión y se caracterizan por una serie de parámetros, entre los más habituales: respuesta en frecuencia, polarización, ganancia, longitud y área efectiva, peso, dimensiones, tipos de conectores, resistencia al viento, etc. (Huidobro, 2013)

Los más importantes, a nivel eléctrico, se describen a continuación:

Ancho de banda. Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características. Se puede definir un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia o de otros parámetros. (Huidobro, 2013)

Directividad. Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección de máxima radiación, a una cierta distancia R , y la potencia total radiada dividida por el área de la esfera de

radio R . La directividad se puede calcular a partir del diagrama de radiación. La ganancia de una antena es igual a la directividad multiplicada por la eficiencia. La relación entre la densidad de potencia radiada por la antena en la dirección útil y la que radia por el lóbulo trasero se conoce como relación delante/detrás (forward/backward) y es un importante parámetro de diseño de la antena en lo relativo a interferencias. (Huidobro, 2013)

El ángulo que hace referencia al diagrama de radiación del lóbulo principal en el plano horizontal de la antena se denomina “azimut”, que para el diagrama de radiación vertical se denomina “ángulo de elevación”, que se diseña para concentrar el máximo de radiación para aquellos ángulos por debajo de la horizontal, que es donde se agrupan los usuarios, ya que las antenas se colocan en cotas elevadas para alcanzar una mayor cobertura. (Huidobro, 2013)

Ganancia. Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección del máximo una distancia R y la potencia total entregada a la antena dividida por el área de una esfera de radio R . La eficiencia es la relación entre la ganancia y la directividad, que coincide con la relación entre la potencia total radiada y la potencia entregada a la antena. (Huidobro, 2013)

Rendimiento en la antena. El rendimiento de una antena transmisora es la relación entre la potencia de radiación y la potencia total aplicada a la antena, en la cual se toma en cuenta, además de la potencia de radiación, la potencia de pérdida. (Huidobro, 2013)

Impedancia. Una antena se tendrá que conectar a un transmisor (o a un receptor) y deberá radiar (recibir) el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas. Se deberá adaptar el transmisor o receptor a la antena para una máxima transferencia de potencia, que se suele hacer a través de una línea de transmisión. Esta línea también influirá en la adaptación, debiéndose considerar entre otros, su impedancia característica y atenuación. La impedancia característica (Z_0) es un parámetro que depende de parámetros primarios; de la relación longitud-diámetro del material del conductor y de la frecuencia de trabajo, mientras que la impedancia de entrada es el parámetro circuital de la antena (relación del voltaje de entrada a la corriente de entrada). (Huidobro, 2013)

Anchura de haz. Es un parámetro de radiación, ligado al diagrama de radiación. Se puede definir el ancho de haz a -3 dB, que es el intervalo angular en el que la densidad de potencia radiada es igual a la mitad de la máxima. También se puede definir el ancho de haz entre ceros, que es el intervalo angular del haz principal del diagrama de radiación, entre los dos ceros adyacentes al máximo. (Huidobro, 2013)

10.2 Tipos de antenas:

Antenas con Reflector:

Las antenas reflectoras parabólicas proporcionan una ganancia y una directividad extremadamente altas y son muy populares para las microondas y el enlace de comunicaciones por satélite. Una antena parabólica se compone de dos partes principales: un reflector parabólico y elemento activo llamado mecanismo de alimentación. En esencia, el mecanismo de alimentación aloja la antena principal (por lo general un dipolo), que irradia ondas electromagnéticas hacia el reflector. El reflector es un dispositivo pasivo que solo refleja la energía irradiada por el mecanismo de alimentación en una emisión concentrada altamente direccional donde las ondas individuales están todas en fase entre sí (frente de ondas en fase). (Huidobro, 2013)

Foco primario:

La superficie de la antena es un paraboloide de revolución, todas las ondas inciden paralelamente al eje principal, se reflejan, y van a parar al Foco. El Foco está centrado en el paraboloide. Tiene un rendimiento máximo del 60% aproximadamente, es decir, de toda la energía que llega a la superficie de la antena, el 60% llega al foco y se aprovecha; el resto no llega al foco y se pierde. Se suelen ver de tamaño grande, aproximadamente de 1,5 m de diámetro. (Huidobro, 2013)

Offset:

Una antena offset está formada por una sección de un reflector paraboloide de forma oval. La superficie de la antena ya no es redonda, sino oval y simétrica (elipse). El punto focal no está montado en el centro del plato, sino desplazado a un lado del mismo (offset), de tal forma que el foco queda fuera de la superficie de la antena. La ventaja de esta tecnología es que la superficie de la antena ya no estará sombreada por el LNB (Low Noise Block), desde el punto de vista del satélite, y así se recibe algo más de señal. (Huidobro, 2013)

Cassegrain:

Se caracteriza por llevar un segundo reflector cerca de su foco, el cual refleja la onda radiada desde el dispositivo radiante hacia el reflector en las antenas transmisoras, o refleja la

onda recibida desde el reflector hacia el dispositivo detector en las antenas receptoras.
(Huidobro, 2013)

Este tipo de antenas presentan una gran directividad, una elevada potencia en el transmisor y un receptor de bajo ruido. Utilizar una gran antena reflectora implica grandes distancias del transmisor al foco (y la imposibilidad de colocar equipos en él) por lo que una solución es emplear un segundo reflector o subreflector. (Huidobro, 2013)

10.3 Torres

Las torres de telecomunicaciones son estructuras diseñadas para soportar antenas, radios y equipos de comunicación, existen los siguientes tipos de torres:

Torre triangular soportada

Su estructura es delgada, el radio de cobertura está relacionado con la altura y los obstáculos en la zona. Este tipo de torre es instalada en zonas urbanas, suburbanas y rurales.

Figura 5

Torre auto soportada triangular



Nota: Fuente (Reycort Ingenieria SAS, 2021)

Torre Arriostrada

Se estructura es liviana lo cual hace fácil su instalación, por su diseño puede soportar un peso elevado a grandes alturas. Al momento de realizar la instalación es necesario hacer una correcta contención de los tirantes.

Figura 6*Torre Arriostrada*

Nota: Fuente (Syscom, 2017)

Torre Monopolo

Su estructura esta compuesta por tubos circulares o poligonal, su elevación puede ser puntiaguda, estas torres pueden ser usadas para equipos de comunicación o de energía, una de las ventajas es no tiene tanto impacto visual.

Figura 7*Torre monopolo*

Nota: Fuente (El paraíso de las materias, 2017)

Torre Fast Side

La característica principal de este tipo de torre es de rápido ensamble los cuales se representa en ventajas en construcción y costos, puede tener una altura máxima de 45 metros, con un peso ≥ 18 toneladas.0020

Figura 8

Torre Fast Site



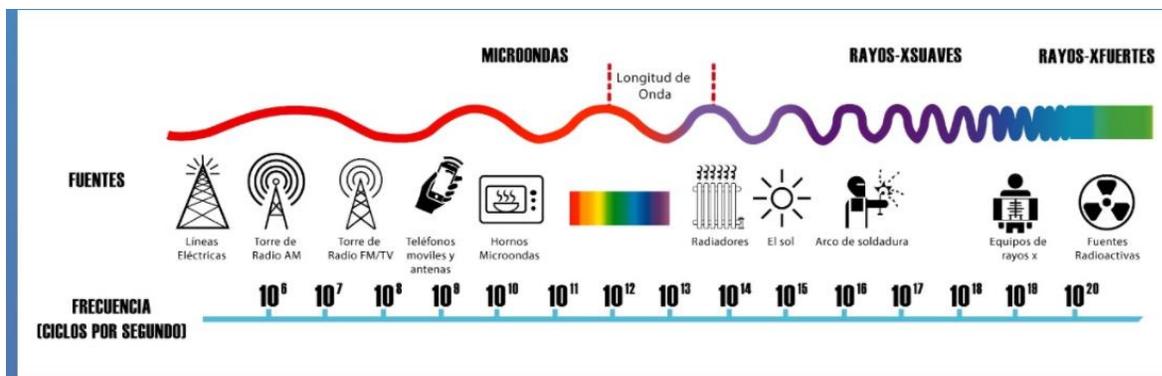
Nota: Fuente (Teloram, 2020)

10.4 Espectro Electromagnético

La definición del espectro electromagnético dada por mintic indica que: “Es el conjunto de todas las frecuencias de emisión de los cuerpos de la naturaleza. Comprende un amplio rango que va desde ondas cortas (rayos gamma, rayos X), ondas medias o intermedias (luz visible), hasta ondas largas (las radiocomunicaciones actuales)” (Espectro Electromagnético (R. 087-97), (.s.f). Fuente.)

Figura 9.

Composición del espectro electromagnético



Nota: Fuente (Agencia nacional del espectro, 2021)

11. Plan de frecuencias

La planificación del espectro radioeléctrico es el proceso mediante el cual se determina políticas, estrategias, objetivos y metas con el objetivo que el uso del recurso sea eficiente a un corto, mediano y largo plazo.

De acuerdo a la resolución 711 DE 2016 indicada Diario Oficial No. 50.061 de 18 de noviembre de 2016 de la ANE indica que: (ANE, (2016))

Bandas de operación restringidas

“Con el fin de evitar posibles interferencias a comunicaciones radioeléctricas sensibles tales como radionavegación aeronáutica, radioastronomía, operaciones de búsqueda y rescate y comunicaciones móviles, entre otras, los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y baja potencia (RCA) no podrán funcionar en las bandas descritas en la siguiente tabla, a excepción de emisiones no esenciales.” (ANE, (2016))

Tabla 9.

Bandas restringidas

Bandas Restringidas (MHz)			
0.09 - 0.11	0.495 - 0.505	2.1735 - 2.1905	4.125 - 4.128
4.17725 - 4.17775	4.20725 - 4.20775	6.215 - 6.218	6.26775 - 6.26825

Bandas Restringidas (MHz)			
6.31175 - 6.31225	8.291 - 8.294	8.362 - 8.366	8.37625 - 8.38675
8.41425 - 8.41475	12.29 - 12.293	12.51975 - 12.52025	12.57675 - 12.57725
13.36 - 13.41	16.42 - 16.423	16.69475 - 16.69525	16.80425 - 16.80475
25.5 - 25.67	37.5 - 38.25	54 - 72	73 - 74.6
74.8 - 75.2	76 - 88	108 - 121.94	123 - 138
149.9 - 150.05	156.52475 - 156.52525	156.7 - 156.9	162.0125 - 167.17
167.72 - 173.2	174 - 216	240 - 285	322 - 335.4
399.9 – 410	450 - 849	851 - 915	935 - 936.125
939 – 1240	1300 - 1626.5	1645.5 - 1646.5	1660 - 1780
1850 – 1990	2050 - 2180	2200 - 2400	2483.5 - 2900
3260 - 3267	3300 - 4400	4500 - 5150	5350 - 5460
7250 – 7750	8025 - 8500	9000 - 9200	9300 - 9500
10600 – 12700	13250 - 13400	14470 - 14500	15350 - 16200
17700 – 21400	22010 - 23120	23600 - 24000	31200 - 31800
36430 – 36500	Por encima de 38600		

Nota: Fuente (ANE, (2016))

12. Bandas de frecuencias licenciadas

Las frecuencias licenciadas son aquellas que requieren permiso de la ANE y generan un costo para su utilización, en la siguiente tabla se encuentra las frecuencias licenciadas para las telecomunicaciones.

Figura 10

Frecuencias licenciadas

Atribución a servicios de radiocomunicaciones		
Región 1	Región 2	Región 3
5 925 – 6 700 MHz	FIJO 5.457 FIJO POR SATELITE (Tierra espacio) 5.457A 5.457B MÓVIL 5.457C 5.149 5.440 5.458	
6 700 – 7 075 MHz	FIJO FIJO POR SATELITE (Tierra Espacio) (Espacio – Tierra) 5.441 MÓVIL 5.458 5.458A 5.458B	
7 075 – 7 145 MHz	FIJO MÓVIL 5.458 5.459	

Nota: fuente (Agencia Nacional del Espectro, 2020)

Bandas de frecuencia de libre utilización

Son denominadas aquellas frecuencias que pueden ser utilizadas libremente en todo el territorio de colombiano, según lo otorgado por el artículo 1 de la Resolución 963 de 2019, estas no requieren algún permiso en su uso.

Tabla 10.

Bandas restringidas

Bandas Libre (MHz)	
Límite inferior (MHz)	Límite superior (MHz)
6.765	6.795
13.553	13.567

Bandas Libre (MHz)	
Límite inferior (MHz)	Límite superior (MHz)
26.957	27.283
40.66	40.7
902	928
2400	2483.5
5725	5875
24000	24250
61000	61500
122000	123000
244000	246000

Nota: fuente (ANE, (2016))

13. Capítulo Análisis de Fabricantes Radios (Torre) y CPE (Clientes) para la solución propuesta radio enlace terrestre.

De acuerdo con la información recopilada en el anexo 2 de Datasheet para los fabricantes “Rocket M2 Ubiquiti Networks, Albentia System, Cambium Networks y Mimosa”, escogidos para nuestro análisis.

Para ver la información detallada de cada equipo ver anexo 2 donde se encontrarán los datasheet.

Se tuvo en cuenta los siguientes parámetros para los Radios que serían propuesto para la solución:

Frecuencia: Se debe garantizar que tanto la RB y el CPE trabajen en el rango de frecuencias de 5725-5850.

Throughput: se debe certificar que la capacidad de la RB sea por lo menos 100 Mbps, para que a futuro se pueden conectar mas clientes.

PtMP(Punto a Multipunto) La radio base debe tener la posibilidad de conexión multipunto con el fin de garantizar a futuro conexiones a más clientes de la zona.

Canal RB: Este parámetro está relacionado directamente con el throughput, pero es inversamente proporcional por la afectación de interferencias de otros equipos.

Modulación: se debe tener en cuenta la máxima modulación que puede tener el equipo, teniendo en cuenta que la modulación es proporcional al throughput.

Max. Potencia TX: Se analizará que equipo tiene la mayor potencia tomando en cuenta parámetro máximo dispuesto por la ANE, cuyo valor $1W=30$ dBm.

Características Fiskas: Se debe tener en cuenta el peso y la dimensión del equipo de acuerdo al espacio que se tiene en la torre para su instalación.

Sensibilidad: se analizará que equipo tiene una mayor sensibilidad.

Tabla 11.

Características generales de la RB

Características generales RB						
Fabricante	Modelo	throughput (Mbps)	PTP(punto a punto)	PtMP(Punto a Multipunto)	Frecuencia	Canales MHz
Rocket M2 Ubiquiti Networks	M5, M3, M365, M2, M900	150	si	si	900 MHz, 2.4 GHz, 3/3.65 GHz, and 5 GHz,	5,8,10,20, 30, 40
Albentia System	AXS-BS-150-N	35	si	si	4900-5875MHz	10, 7, 5, 3.5
Cambium Networks	Empm TM 2000	550 Mbps in a 20 MHz channel; More than 1.2 Gbps in a 40 MHz channel	si	si	5150 - 5970 MHz (exact frequencies as allowed by local regulations)	5, 10, 20, 40
Mimosa	A5c	Gbps IP (1.7 Gbps PHY)	si	si	4900 - 6200 MHz 5170 - 5835 MHz 5600-5650 MHz	20, 40, 80

Características generales RB					
Fabricante	Modelo	Estandares	QoS	Maxima Modulacion	Security
Rocket M2 Ubiquiti Networks	M5, M3, M365, M2, M900	802.11a, 802.11n/airMAX	Se da prioridad a voz / video para una transmisión perfecta.	64 QAM 3/4	WPA2 AES Only
Albentia System	AXS-BS-150-N	IEEE 802.16-2012	Colas independientes por servicio. 5 niveles de QoS (BE, nRTPS, eRTPS, RTPS, UGS)	64 QAM 2/3	AES128/256
Cambium Networks	Empm TM 2000	standard 802.3at standard 802.11n	Prioridad de tres niveles (voz, alta, baja) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión.	MCSO (BPSK) to MCS15 (64QAM 5/6)	128 bit AES (CCMP mode)
Mimosa	A5c	802.11b/g/n radio	Admite 4 niveles de QoS preconfigurados	4x4:4 MIMO OFDM up to 256-QAM	WPA2 + Mimosa 802.1x RADIUS Management VLAN support
Fabricante	Modelo	Services	Sensibilidad	Conocimiento Equipo %100	Precio
Rocket M2 Ubiquiti Networks	M5, M3, M365, M2, M900	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet , Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing	-94 dBm Min.		
				0%	\$ 2.455.000
Albentia System	AXS-BS-150-N	Web, SSH, XML-RPL, SNMP v1, 2 y 3, Radius	-92dBm-->10MHz -99dBm-->1.75MHz -74dBm-->10MHz -82dBm-->1.75MHz		
				100%	\$ 2.585.000
Cambium Networks	Empm TM 2000	UDP, TCP, ICMP, SNMPv2c, NTP, STP, IGMP, SSH	@20MHz Channel MCSO = -93 dBm to MCS15 = -69 dBm (per branch) @40MHz Channel MCSO = -90 dBm to MCS15 = -66 dBm (per branch)		
				30%	\$ 2.499.000
Mimosa	A5c	SNMPv2** & Syslog legacy monitoring HTTPS, HTML 5-based Web UI, 2.4 GHz 802.11b/g/n radio for local management access	-87 dBm @ 80 MHz -90 dBm @ 40 MHz -93 dBm @ 20 MHz		
				100%	\$ 2.789.000

Tabla 12.*Características Físicas de las Radio Base*

Características Físicas de la RB						
Fabricante	Modelo	Dimensiones	Peso	Fuente de alimentación	Networking/Interface	Operating Temperature
Mimosa	A5c	Height: 300 mm (11.81") Width: 151 mm (12.40") Depth: 85 mm (3.35")	1.75 kg (3.86 lbs)	Passive POE compliant, 48-56 V Power over Ethernet supply with	Gigabit Ethernet: 10/100/1000-BASE-T	(-40°C to +55°C)(-40°F to 131°F)

Tabla 13.*Características físicas CPE Antena Integrada*

Características físicas CPE Antena Integrada				
Fabricante	Modelo	Dimensiones	Peso	Fuente de alimentación
Rocket M2 Ubiquiti Networks	LBE-M5-23, LBE-5AC-23	362 x 267 x 184 mm	750 gr	24V, 0.2A PoE Adapter (Included)
Albentia System	AXS-CPE150-15	275 x 137 x 650 mm	680 gr	Entrada 110-240 VAC 50/60Hz Salida 24VDC (Opción entrada DC 18-72 VDC)
Cambium Networks	ePMP™ Force 200	47 cm x 28 cm	2300 gr	10 to 30 V
Mimosa	C5x radio	Height: 175 mm (6.89") Width: 70 mm (2.75") Depth: 61 mm (2.40")	370 gr	Passive POE compliant, 24-56 V
Fabricante	Modelo	Networking/Interface	Precio	
Rocket M2 Ubiquiti Networks	LBE-M5-23, LBE-5AC-23	(1) 10/100 Ethernet Port	\$ 446.000	
Albentia System	AXS-CPE150-15	Ethernet 10/100 Base T	\$ 384.000	
Cambium Networks	ePMP™ Force 200	10/100/1000 BaseT	\$ 593.000	
Mimosa	C5x radio	10/100/1000-Base-T	\$ 395.900	

Tabla 14.*Características Generales CPE Antena Integrada*

Características Generales CPE Antena Integrada					
Fabricante	Modelo	Throughput	Frecuencia	Ganancia	Máx. potencia de
Rocket M2 Ubiquiti Networks	LBE-M5-23, LBE-5AC-23	150 Mbps	5150 - 5875 MHz	23 dBi	24 dBm
Albentia System	AXS-CPE150-	35 Mbps	4900- 5875MHz	15 dBi	23dBm
Cambium Networks	ePMP™ Forc	200 Mbps	4910 - 5970 MHz	17 dBi	30 dBm
Mimosa	C5x radio	700 Mbps	4.9–6.4 GHz	20 dBi	27 dBm
Fabricante	polarizacion		Sensibilidad	Operating Temperature	
	Vertical	Horizontal			
Rocket M2 Ubiquiti Networks	si	si	-91 dBm	-40 to 70° C (-40 to 158° F)	
Albentia System	si	si	-92dBm @ 10MHz -99dBm @ 1.75MHz	-30°C a +55°C (ambiente, en operación)	
Cambium Networks	si	si	MCS0 = -92 dBm to MCS15 = -68 dBm (per branch)	-30°C to +60°C (-22°F to +140°F) –	
Mimosa	si	si	-87 dBm @ 80 MHz -90 dBm @ 40 MHz -93 dBm @ 20 MHz	-40°C to +55°C (-40°F to 131°F)	

De acuerdo con el análisis previo a la información recolectadas en las tablas 11, 12, 13 y 14 se escoge la fabricante mimosa en los parámetros de Throughput, potencia de TX, y sensibilidad están en los rangos requeridos para la presente investigación, también se tuvo en cuenta el conocimiento que se tiene sobre el equipo. Metodología

De acuerdo con la metodología del proyecto investigativo se realizó el análisis haciendo uso de la matriz dofa, en la cual identificamos fortalezas y amenazas del presente proyecto se define a continuación.

Tabla 15

Matriz Dofa

Oportunidades	Amenazas
Nace de la necesidad de un cliente	Mal estudio de campo
Se puede dar a conocer una forma distinta de conexión en la zona.	Costos de la solución
Definición de estrategias que se puedan ejecutar a otros estudios de campo	Problemas eléctricos
	Resistencia al cambio de conexión
Fortalezas	Debilidades
Actualmente se cuenta con la infraestructura necesaria para el desarrollo proyecto	Ubicación Geográfica/desplazamiento
Se cuenta con amplia experiencia en la instalación de radio enlaces terrestres	Inventario de insumos necesarios para llevar a cabo la instalación

Nota. Esta tabla hace referencia a la matriz dofa de acuerdo con las condiciones encontradas en el proyecto.

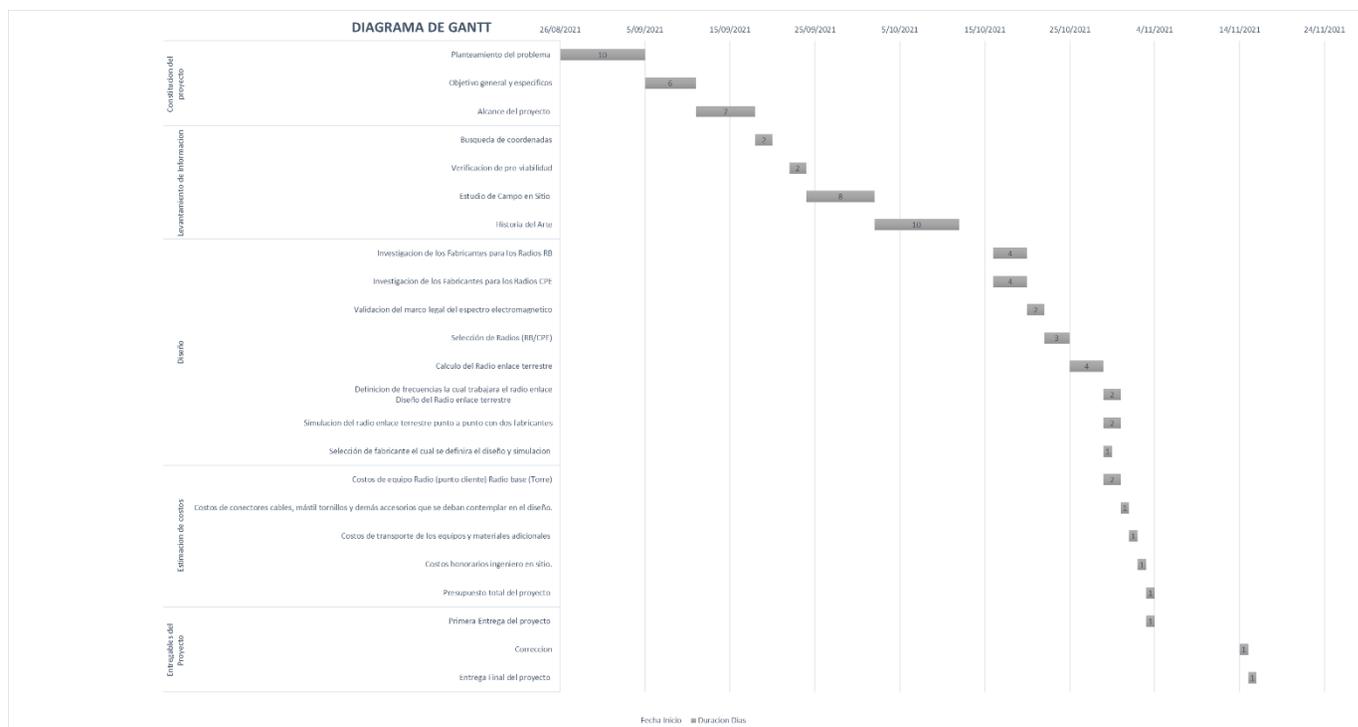
De acuerdo con el alcance del proyecto para tener claro las actividades y tiempos de ejecución para dar la continuidad y cumplir con el objetivo del proyecto se diseñó un diagrama de Gantt el cual contiene todas las actividades programadas se pueden identificar las etapas del proyecto son: constitución del proyecto, Levantamiento de Información, diseño, estimación de costos, entregables del proyecto.

Tabla 16

Etapas y cronograma del proyecto.

Etapas	Actividad	Fecha Inicio	Duracion Dias	Fecha Fin
Constitucion del proyecto	Planteamiento del problema	26/08/2021	10	5/09/2021
	Objetivo general y especificos	5/09/2021	6	11/09/2021
	Alcance del proyecto	11/09/2021	7	18/09/2021
Levantamiento de Informacion	Busqueda de coordenadas	18/09/2021	2	20/09/2021
	Verificacion de pre-viabilidad	22/09/2021	2	24/09/2021
	Estudio de Campo en Sitio	24/09/2021	8	2/10/2021
	Historia del Arte	2/10/2021	10	16/10/2021
Diseño	Investigacion de los Fabricantes para los Radios RB	16/10/2021	4	20/10/2021
	Investigacion de los Fabricantes para los Radios CPE	16/10/2021	4	20/10/2021
	Validacion del marco legal del espectro electromagnetico	20/10/2021	2	22/10/2021
	Selección de Radios (RB/CPE)	22/10/2021	3	25/10/2021
	Calculo del Radio enlace terrestre	25/10/2021	4	29/10/2021
	Definicion de frecuencias la cual trabajara el radio enlace			
	Diseño del Radio enlace terrestre	29/10/2021	2	31/10/2021
	Simulacion del radio enlace terrestre punto a punto con dos fabricantes	29/10/2021	2	31/10/2021
	Selección de fabricante el cual se definira el diseño y simulacion	29/10/2021	1	30/10/2021
Estimacion de costos	Costos de equipo Radio (punto cliente) Radio base (Torre)	29/10/2021	2	31/10/2021
	Costos de conectores cables, mástil tornillos y demás accesorios que se deban contemplar en el diseño.	31/10/2021	1	1/11/2021
	Costos de transporte de los equipos y materiales adicionales	1/11/2021	1	2/11/2021
	Costos honorarios ingeniero en sitio.	2/11/2021	1	3/11/2021
	Presupuesto total del proyecto	3/11/2021	1	4/11/2021
Entregables del Proyecto	Primera Entrega del proyecto	3/11/2021	1	4/11/2021
	Correccion	14/11/2021	1	15/11/2021
	Entrega Final del proyecto	15/11/2021	1	16/11/2021

Tabla 17*Diagrama de Grant*



14. Metodología

CAPITULO INGENERIA DE DETALLE PARA EL CLIENTE PRIVADO CENTRO ZONAL LETICIA

14.1 Característica del Sitio Cliente Privado centro Zonal Leticia

Perfil topográfico Sitio Cliente Privado centro Zonal Leticia a la torre de leticia.

Se realiza la búsqueda de las coordenadas geográficas del sitio privado en el centro zonal leticia con la dirección confirmada por parte del cliente privado Cra. 4 #4-57 Leticia Amazonas y el uso de la herramienta de Google maps.

La cual se obtuvo la siguiente información:

Tabla 18.

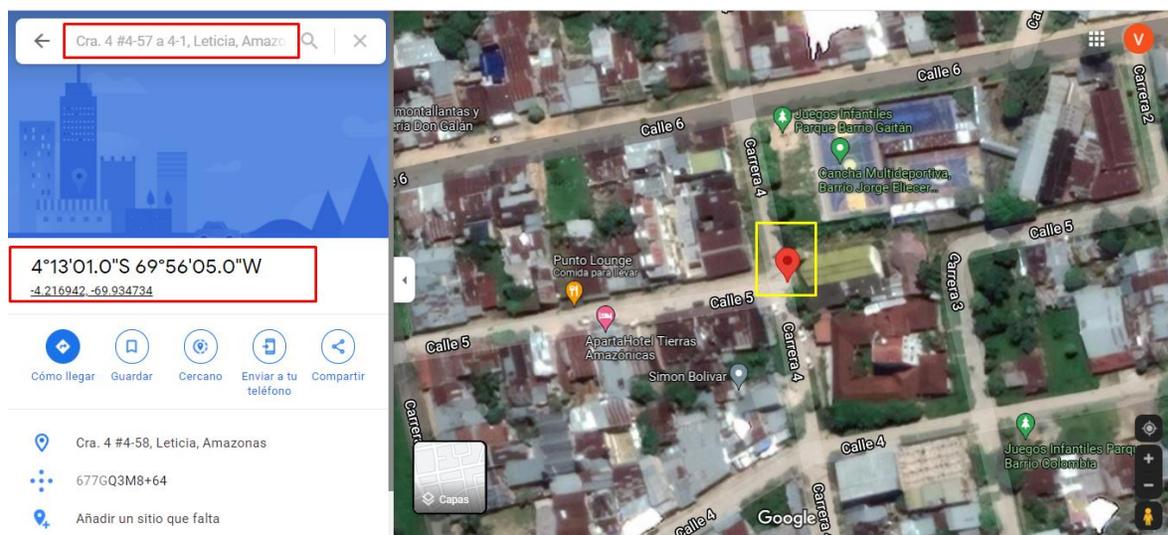
Coordenadas y distancia del enlace con Google maps.

Ubicación	Coordenadas		Distancia
	Latitud	Longitud	

Cliente privado Centro Zonal Leticia	04 13 01.00 S	069 56 05.00 W	113 m =1.01 Km
Torre Leticia	04 13 16.10 S	069 56 34.10 W	

Figura 11

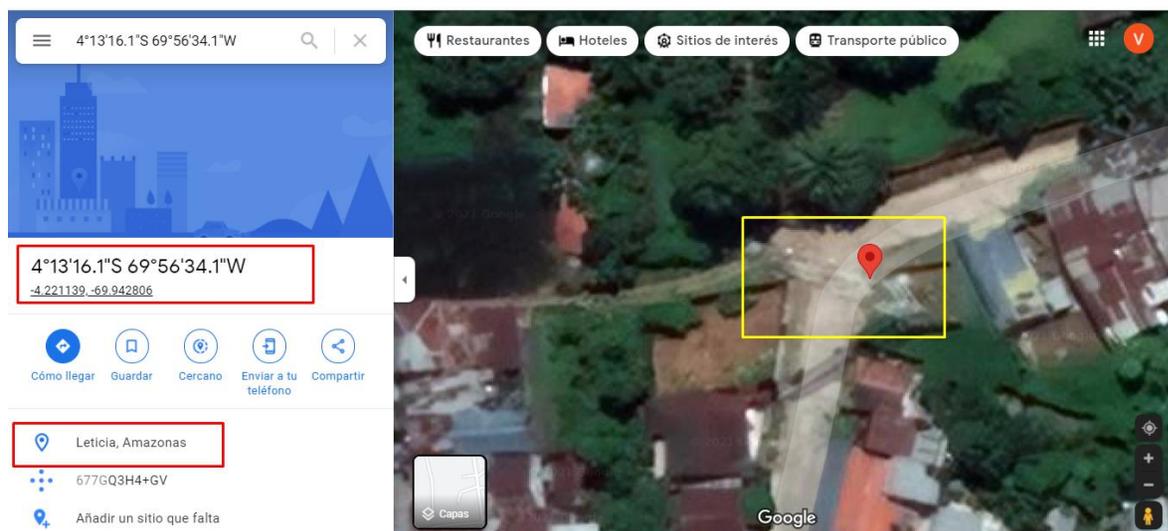
Coordenadas geográficas del centro Zonal Leticia



Nota: Fuente (Google, 2021)

Figura 12.

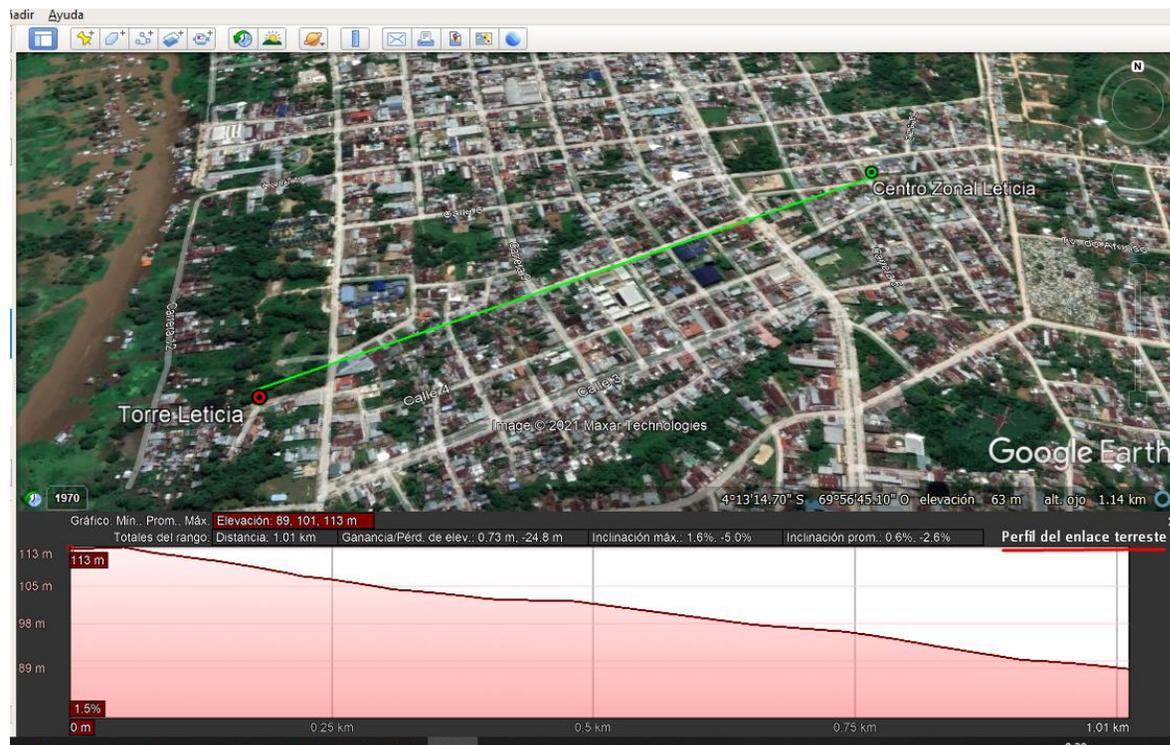
Coordenadas del cliente privado ubicado en el centro zonal de leticia y la torre ubicada en el sur oriente de leticia.



Nota: Fuente (Google, 2021)

Figura 13.

Coordenadas ingresadas en el aplicativo Google Earth



Nota: Fuente (Google, 2021)

De acuerdo a las coordenadas ingresadas en el aplicativo Google Earth, se obtiene el perfil del enlace terrestre solicitado el cual indica la siguiente información:

- ✓ Distancia 1.01 Km entre el cliente privado ubicado en el centro zonal de leticia y la torre ubicada en el sur oriente de leticia.
- ✓ De acuerdo al perfil obtenido se confirma que entre los dos puntos hay línea de vista ya que no se encuentran obstáculos geográficos visibles como lomas o colinas.

Según los resultados obtenidos en la pre-viabilidad y en el análisis de los datos se concluye que este proyecto es viable, por lo cual se procederá a realizar el estudio de campo con el ingeniero en sitio en cual se confirmara; coordenadas geográficas, se descartaran obstáculos que no se identificaron con la aplicación de Google Earth, como árboles, edificios entre otros.

Este primera prea-vialidad es de suma importancia es el punto inicial con el cual el ingeniero en sitio se logrará ubicar eficazmente en la zona y podrá realizar un análisis más completo y un diseño más real.

14.2 Estudio de Campo Centro Zonal de Leticia

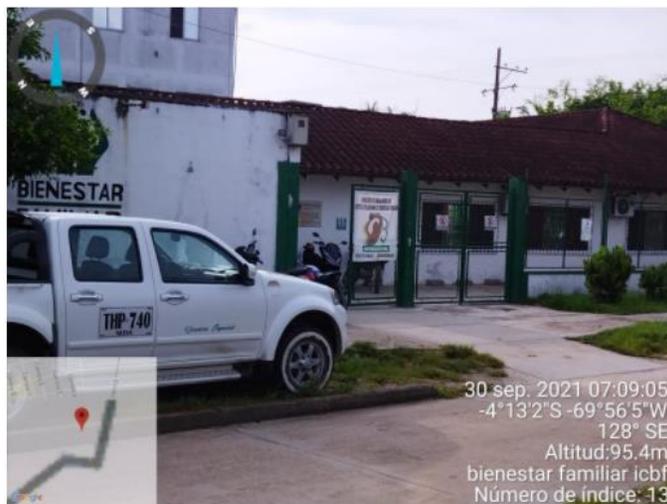
De acuerdo a los resultados obtenidos en el perfil topográfico se realizo el estudio de campo con la ayuda del ingeniero en sitio el cual realizo el estudio de viabilidad, se obtuvieron los siguientes resultados.

14.3 Análisis en sitio del lado del cliente privado del centro zonal leticia.

Ubicación del cliente privado en el centro zonal Leticia coordenadas reales.

Figura 14.

Coordenadas reales del sitio cliente Privado centro zonal leticia.



Nota: Foto tomada por Francisco Matellana Rodriguez C.C 8017859 30-09-2021

Punto propuesto de instalación de la antena del lado del cliente privado en el centro zonal de leticia.

Figura 15.

Punto propuesto para la instalación de la antena cliente Privado centro zonal leticia



Nota. Foto tomada por Francisco Matellana Rodriguez C.C 8017859 30-09-2021

Línea de vista desde el cliente privado en el centro de leticia hacia la torre de leticia.

En esta foto se puede confirmar línea de vista desde el cliente hacia la torre no se evidencia obstáculos geográficos, montañas, arboles, adicional no se evidencia edificaciones o postes que genere algún tipo de obstáculo.

Se confirma la altura del cliente privado del centro zonal leticia es de 8 metros aproximadamente.

Figura 16.

Línea de vista



Nota. Foto tomada por Francisco Matellana Rodriguez C.C 8017859 30-09-2021

14.4 Análisis del lado de la torre de leticia

Punto de instalación del RB

La torre de leticia cuenta con 45 metros de altura, en la siguiente imagen se confirma el punto de instalación de la RB mimosa de acuerdo a las dimensiones confirmadas por la fabricante relacionada en la siguiente tabla:

Tabla 19.

Características Físicas de la RB

Fabricante	Modelo	Dimensiones	Peso

Mimosa	A5c	Height: 300 mm (11.81") Width: 151 mm (12.40") Depth: 85 mm (3.35")	1.75 kg (3.86 lbs)
--------	-----	---	--------------------

Figura 17.

Punto de instalación RB mimosa torre de leticia



Nota: Foto tomada por Francisco Matellana Rodriguez C.C 8017859 30-09-2021

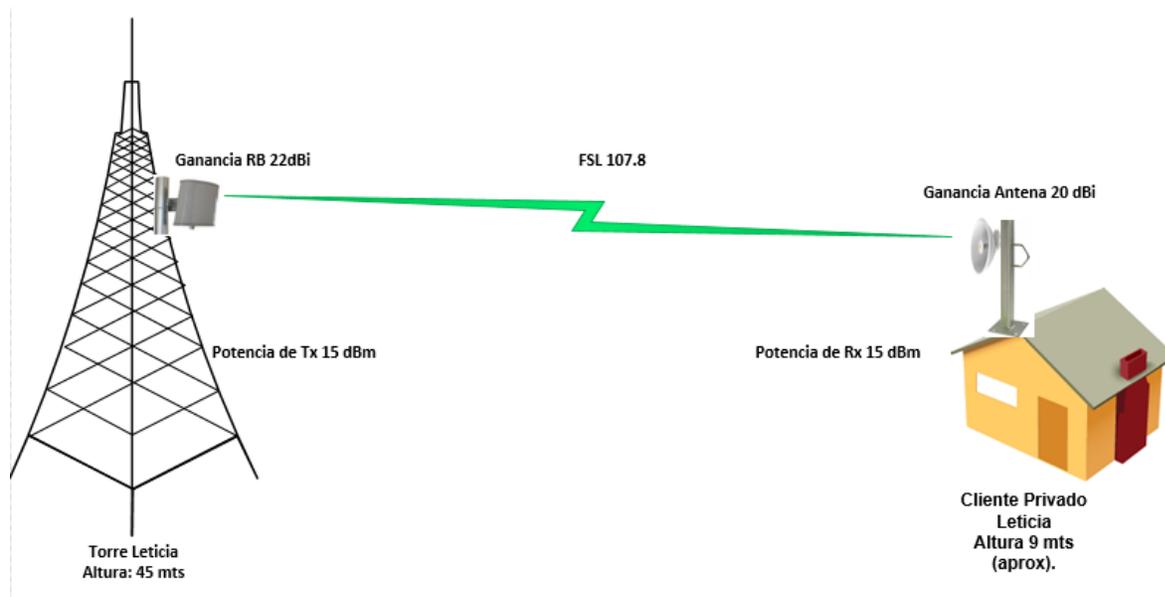
15. Diseño de Ingeniería para el radio enlace Terrestre Cliente Privado centro zonal leticia

Se da inicio a realizar el diseño del radio enlace terrestre con el fin de definir los parámetros que nos ayudará a la mejor solución que se presentará como propuesta al cliente privado de leticia. Se utilizará el software Pathloss versión 5, donde se ingresará los datos y configuraciones que de a lugar para realizar el diseño.

En la siguiente figura se observa la trayectoria completa del radio enlace entre los dos puntos, origen punto A (Torre de leticia) y destino punto B (cliente privado centro Zonal leticia), en el cual se puede apreciar las ganancias y perdida de la señal.

Figura 18.

Trayectoria de transmisión completa entre el TX y RX.



Nota: Fuente propia

De acuerdo al estudio realizado se escogió el fabricante mimosa para la solución por sus especificaciones en el throughput, precio y conocimiento sobre el equipo.

15.1 Antenas

Las antenas seleccionadas de acuerdo la fabricante mimosa son las siguientes:

15.2 Referencia N5-45x4 Sector Antena

Las especificaciones técnicas para la referencia de la antena:

Tabla 20.

Especificaciones técnicas de la antena N5-45x4

Parámetro	Valor
Gain: 22	dBi (+3 dBi from beamforming)
Polarization	Dual-slant 45°

Parámetro	Valor
Azimuth Beamwidth	(4 dB): 45°
Azimuth Beamwidth	(3 dB): 42°
Elevation Beamwidth	(3 db): 9°
Electrical Downtilt	2°
Front-to-Back Ratio (min)	43 dB
Cross-Polar Isolation	>30 dB
Port-to-Port Isolation	>10 dB
Impedance	50 Ω
Max Input Power	30 dBm

Nota: Valores tomados de (Mimosa Networks, 2021)

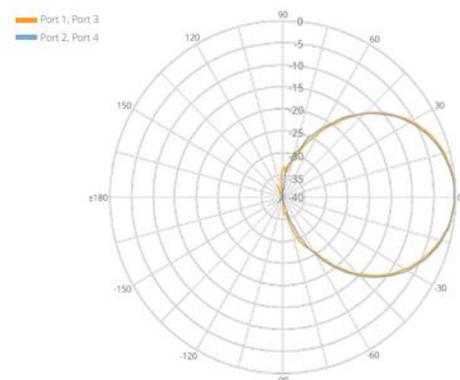
15.3 Ancho del Haz de la Antena

Horizontal Azimut

El azimut es un ángulo que nos indica a donde apuntar la antena en sentido horizontal.

Figura 19

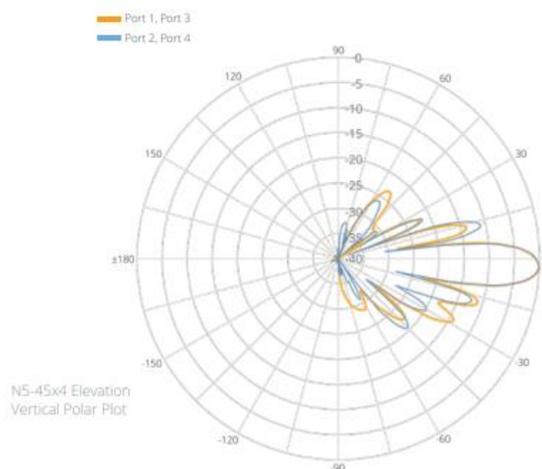
N5-45x4 Azimuth Horizontal Polar Plot



Nota: Fuente (Mimosa Networks, 2021)

Elevación

El ángulo de elevación nos indica donde apuntar la antena en sentido vertical.

Figura 20.*N5-45x4 Elevation Vertical Polar Plot*

Nota: Fuente (Mimosa Networks, 2021)

Perdidas por la lluvia

De acuerdo a lo indicado por la UIT-R 838 indica que las perdidas por lluvia para frecuencias >5Ghz se pueden despreciar.

Perdidas por el Espacio Libre

De acuerdo a los datos obtenidos en la pre-viabilidad donde se confirmo la distancia entre los dos puntos y se definió la frecuencia a la cual se va trabajar el radio enlace terrestre se obtiene la siguiente información para hallar las perdidas FSL.

Tabla 21.

Perdidas FSL

Datos	Valor
Distancia (d)	1.03 Km
Frecuencia (f)	5800 MHz

$$\mathbf{FSL(dB) = 32.4 + 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f)}$$

$$\mathbf{FSL(dB) = 32.4 + 20\log_{10}(1.03) + 20\log_{10}(5800)}$$

$$\text{FSL(dB)} = 32.4 + 20\log_{10}(1.03) + 20\log_{10}(5800)$$

$$\text{FSL(dB)} = 32.4 + 0.25 + 75.26$$

$$\text{FSL(dB)} = 107.91 \text{ Db}$$

15.4 Margen de Desvanecimiento

Este margen se tiene en cuenta de acuerdo a las siguientes pérdidas intermitentes en la señal causadas por el clima, trayectos múltiples y la superficie de la tierra.

$$LD(dB) = 30\log D + 10\log(6ABf) - 70 - 10\log(1 - R)$$

De acuerdo a la Tabla del factor de rigurosidad y factor climático se definió los parámetros teniendo en cuenta la zona de leticia

Factor A = rigurosidad = 1 para un terreno promedio

Factor B=factor climático = 0,5 Zonas calientes y húmedas.

1-R=0.00001 (Confiabilidad del enlace)

D= distancia entre los dos puntos esta debe ser en Km

F= Frecuencia en la que va trabajar el enlace (GHz)

En la siguiente tabla están los valores de acuerdo a la zona de leticia.

Tabla 22.

Valores para la zona de leticia

Factor	Valor
Rigurosidad	1
Climático	0,5
Distancia	113 Km
Confiabilidad del enlace	0.00001
Frecuencia	5.8 GHz

$$LD(dB) = 30\log(113) + 10\log(6(1)(0,5)(5,8)) - 70 - 10\log(1 - 0,00001)$$

$$LD(dB) = 14,15 \text{ dB}$$

16. La Sensibilidad

Este parámetro esta dado por el fabricante de acuerdo con el datasheet para los equipos mimosos están definidos de la siguiente manera:

-87 dBm@ 80MHz

-90 dBm@ 40MHz

-93 dBm@ 20MHz

17. Disponibilidad del radio enlace terrestre punto a punto

De acuerdo a las recomendaciones de la UIT-R F.557-4 confirma que los enlaces microondas menor a una distancia de 2500 Km tienen un porcentaje de indisponibilidad del 0.3%.

Teniendo conocimiento del valor de la indisponibilidad se procede a calcular el objetivo de confiabilidad del enlace con la siguiente ecuación:

RT → Confiabilidad del enlace

PT → Indisponibilidad del enlace

$$RT = (100 - 0.3)\%$$

$$RT = 99,97\%$$

Ecuación de confiabilidad del enlace

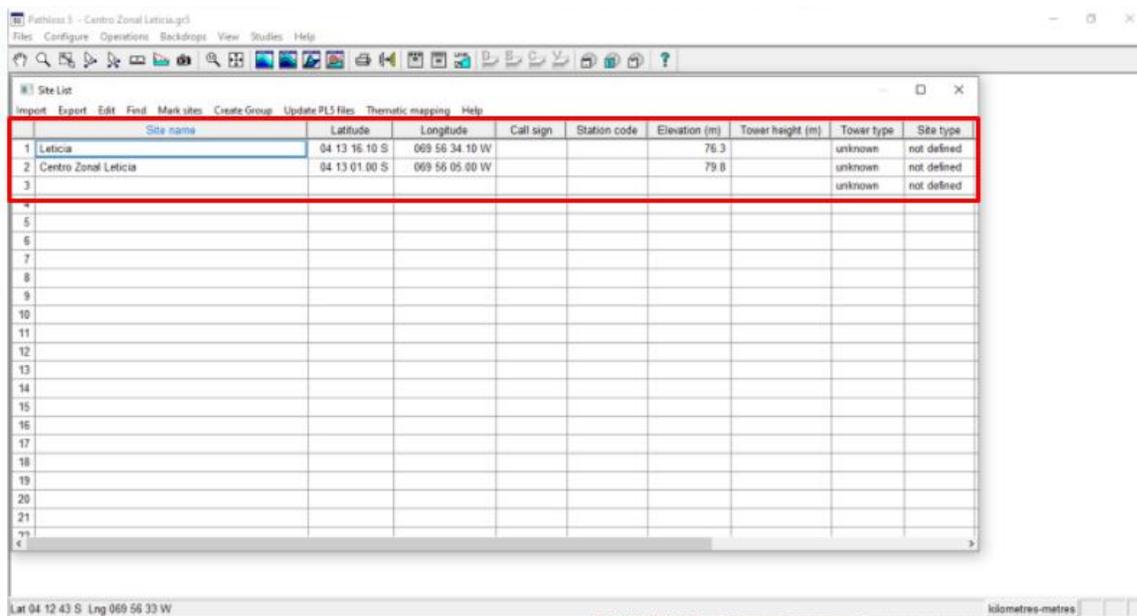
18. Simulación del enlace Torre Leticia y Cliente privado del centro zonal leticia software pathloss.

Se realizará la simulación con los datos recopilados en el estudio de pre-viabilidad, estudio de campo y el software pathloss versión 5.0, nos permite realizar el diseño del sistema de comunicación de un radio enlace por microondas que opera con frecuencias de 30MHz-100GHz, donde se determinó las características técnicas del radioenlace punto a punto.

18.1. Pasos de la simulación:

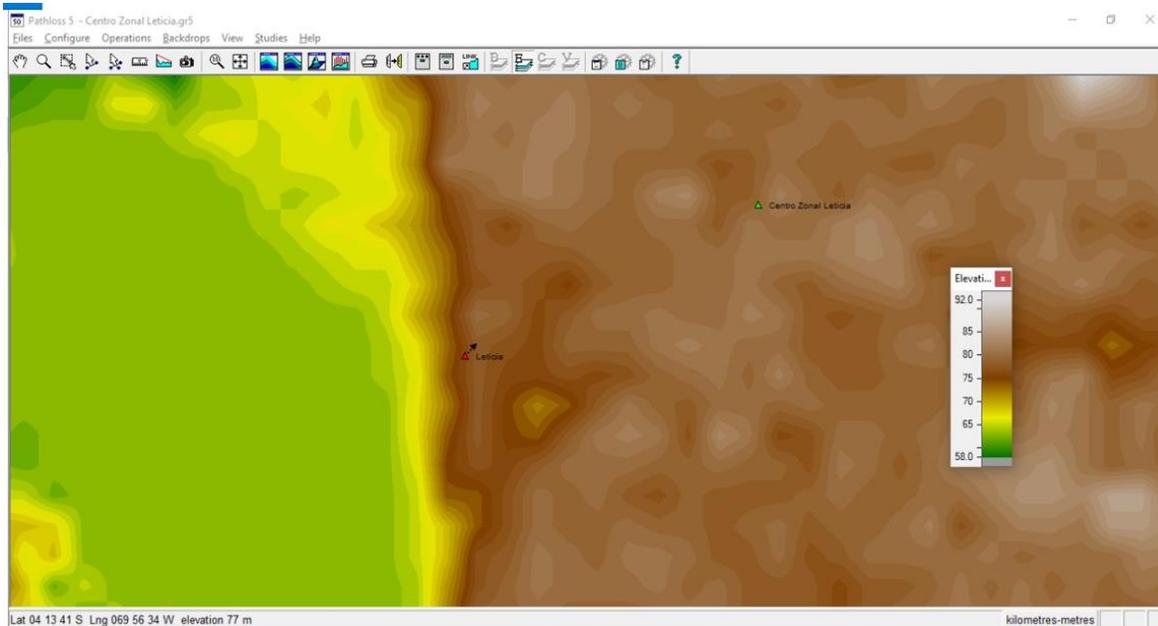
Ingresar las coordenadas de cada uno de los puntos del radio enlace.

Este es el punto inicial del diseño del radio enlace, el software cuenta con una cartografía el cual permite ubicación de los puntos, perfil del terreno, zona de fresnel, reflexiones y multirayectoria.

Figura 21.*Pathloss 5.0 Coordenadas del enlace*


	Site name	Latitude	Longitude	Call sign	Station code	Elevation (m)	Tower height (m)	Tower type	Site type
1	Leticia	04 13 16 10 S	069 56 34 10 W			76.3		unknown	not defined
2	Centro Zonal Leticia	04 13 01 00 S	069 56 05 00 W			79.8		unknown	not defined
3								unknown	not defined
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									

De acuerdo a las coordenadas se obtiene el perfil topográfico donde se generará el diseño del enlace, Pathloss utiliza la base de datos SMRT.

Figura 22.*Perfil topografico BD SMRT Pathloss 5.0*

Ingresar los parámetros “ganancia de antenas, potencia TX, sensibilidad y frecuencia” para los equipos de la torre y el cliente privado del centro zonal leticia de acuerdo al fabricante.

Figura 23.

Parámetros de los equipos Pathloss 5.0

Se debe definir la altura de la torre en el estudio realizado contamos con una torre tipo auto soportada triangular con una altura de 45 mts y la altura mínima que se espera tener en el sitio realizando la instalación de un mástil tipo L.

Figura 24.

Antenna Heights and Transmission Line Lengths Pathloss 5.0

Antenna Heights and Transmission Line Lengths

Leticia

Base station tower height (m)

Base station antenna height (m) Above ground level

Remote antenna height (m) Remote antenna height

Above ground level

Above mean sea level

Base station tx line length (m)

Remote tx line length (m)

Se configura la frecuencia la cual en nuestro caso es de 5800 MHz y se escoja el tipo de enlace el cual es de microondas.

Figura 25.

Datos de frecuencia y tipo de enlace pathloss version 5.0

Create - Edit Base Station

Leticia

Frequency (MHz)

Uplink - Downlink		System gain
Receive at base station	141.00 dB	141.00 dB
Receive at mobile	141.00 dB	

Station data

Antenna heights - transmission lines

Antenna coupling unit

Base - mobile specifications

Most likely server color

En esta ventana ingresamos los datos por parte del CPE y la RB, potencia de TX y la sensibilidad del enlace.

Figura 26.

Datos por parte del CPE y la RB pathloss version 5.0

	Leticia	Centro Zonal Leticia
Radio model	A5C	C5X
Emission designator		
Radio file name		
TX power (watts)	0.03	0.03
TX power (dBm)	15.00	15.00
RX threshold criteria		
RX threshold level (dBm)	-85.00	-85.00
Maximum receive signal (dBm)		
Dispersive fade margin (dB)		

Se debe tener en cuenta que el parámetro de sensibilidad esta relacionado con la modulacion del equipo mimoso de acuerdo a las siguientes tablas que da el fabricante:

Figura 27.

Modulacion vs throughput

Modulation and Coding Scheme (MCS)				PHY Data Rate (Mbps/stream)		
Index	Modulation	Coding	Required SNR (dB)	20 MHz	40 MHz	80 MHz
0	BPSK	1/2	5	7.2	15	32.5
1	QPSK	1/2	7.5	14.4	30	65
2	QPSK	3/4	10	21.7	45	97.5
3	16-QAM	1/2	12.5	28.9	60	130
4	16-QAM	3/4	15	43.3	90	195
5	64-QAM	2/3	17.5	57.8	120	260
6	64-QAM	3/4	20	65	135	292.5
7	64-QAM	5/6	22.5	72.2	150	325
8	256-QAM	3/4	25	86.7	180	390
9	256-QAM	5/6	27.5	n/a	200	433

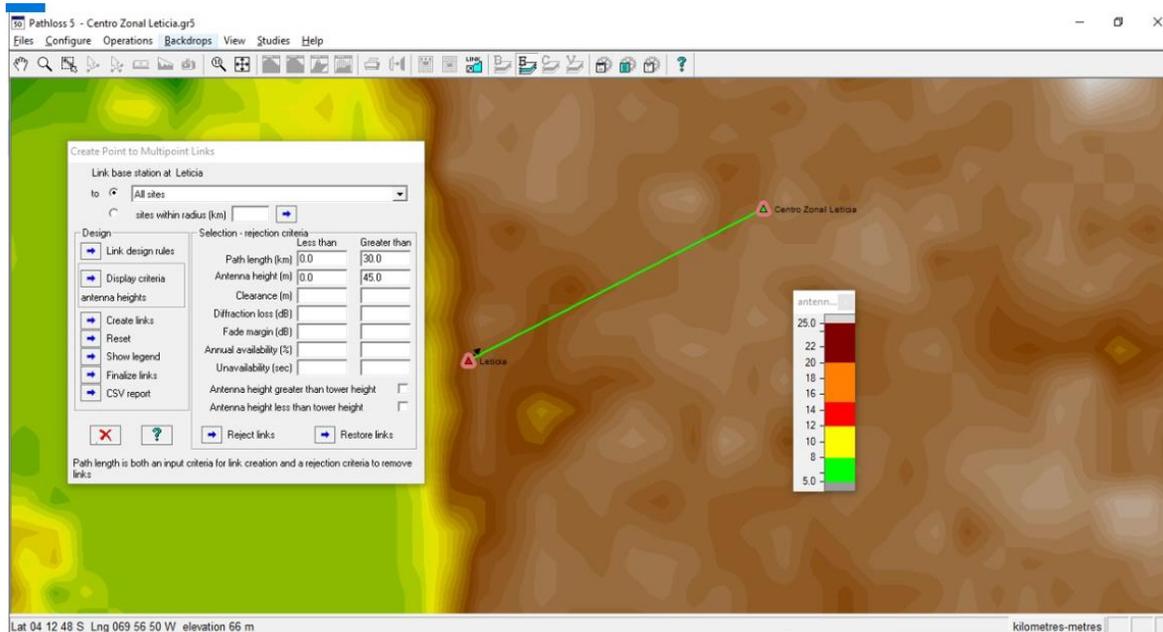
Nota: fuente (Syscom, 2021)

Figura 28.*Modulación vs sensibilidad*

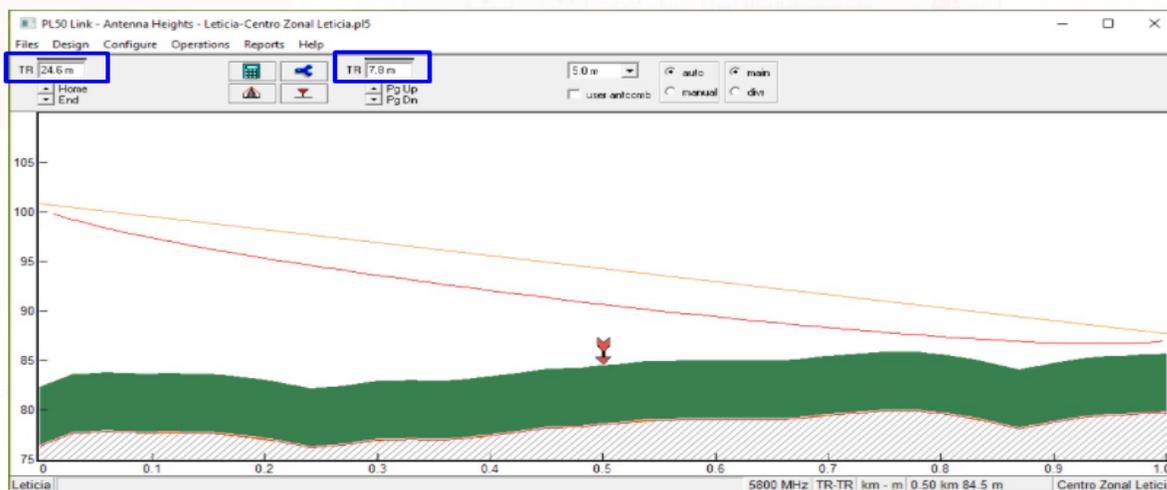
MCS Index	Channel Width		
	20 MHz	40 MHz	80 MHz
9	-70.5	-67.5	-64.5
8	-73.0	-70.0	-67.0
7	-75.5	-72.5	-69.5
6	-78.0	-75.0	-72.0
5	-80.5	-77.5	-74.5
4	-83.0	-80.0	-77.0
3	-85.5	-82.5	-79.5
2	-88.0	-85.0	-82.0
1	-90.5	-87.5	-84.5
0	-93.0	-90.0	-87.0

Nota: fuente (Syscom, 2021)

Creación del enlace desde la torre de leticia al cliente privado en el centro zonal de leticia, el programa Pathloss ejecuta todas las conexiones posibles en este caso como es un enlace PTP nos muestra la conexión entre los dos puntos. En el lado del cliente el software calcula una altura de 8 mts, como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 29.*Creación del enlace PTP Pathloss version 5.0*

Se realiza el calculo de las alturas mínimas para los dos puntos. De acuerdo al estudio de pre-viabilidad y lo confirmado por el técnico en sitio informa que en la zona hay arboles aproximadamente de 7 mts de altura. Se puede obtener los datos altura de la torre 24,6 mts y del lado del cliente privado ubicado en el centro zonal leticia de 7.8 mts. Adicional se obtiene la información de la zona de fresnel.

Figura 30.*Zona de Fresnel Pathloss*

Factor climático, se calcula las pérdidas por factor climático.

Figura 31.

Calculo de perdidas por factor climático Pathloss

Rain - ITU-R P530	
Rain calculation	On
Path center latitude	04 13 08.55 S
Path center longitude	069 56 19.55 W
Frequency (MHz)	5800.00
Polarization	Vertical
ITU algorithm	Rec. ITU-R P.530-8/13
Rain rate data source	ITU-R P.837-5 database
Rp 0.01% (mm/hr) - ITU837-3	
Rp 0.01% (mm/hr) - ITU837-5	102.39
Rp 0.01% (mm/hr) - file	145.00
Rain file	itu_p.rai
Rain region	ITU Region P
Rp 0.01% (mm/hr) - user	
Alpha	4.006E-004
Beta	1.585

19. Resultados obtenidos con la simulación del radio enlace terrestre.

19.1. Resultado del perfil del terreno

Figura 32.*Perfil del terreno Pathloss*

Path Profile Data (Vigants - Barnett)	
Frequency (MHz)	5800.
Polarization	Vertical
Path length (km)	1.01
Field margin (dB)	
Diffraction loss (dB)	
Fade occurrence factor (Po)	1.77E-005
Path center latitude	04 13 08.55 S
Path center longitude	069 56 19.55 W
Climatic factor	1.50
Terrain roughness (m)	6.10
C factor	4.94
Average annual temperature (°C)	27.28
Dispersive fade occurrence factor	2.00

Perdidas por difracción

Figura 33.*Perdidas por difracción Pathloss*

Path Profile Data (Vigants - Barnett)	
Frequency (MHz)	5800.
Polarization	
Path length (km)	1.01
Field margin (dB)	
Diffraction loss (dB)	
Fade occurrence factor (Po)	0.05
Path center latitude	04 13 08.55 S
Path center longitude	069 56 19.55 W
Climatic factor	1.50
Terrain roughness (m)	6.10
C factor	4.94
Average annual temperature (°C)	27.28
Dispersive fade occurrence factor	2.00

Diffraction Loss

frequency (MHz) 5800.00
path length 1.01

Value of K exceeded for 99.99% of 0.10
the worst month in a continental
temperate climate

diffraction loss at K = 0.10 0.00

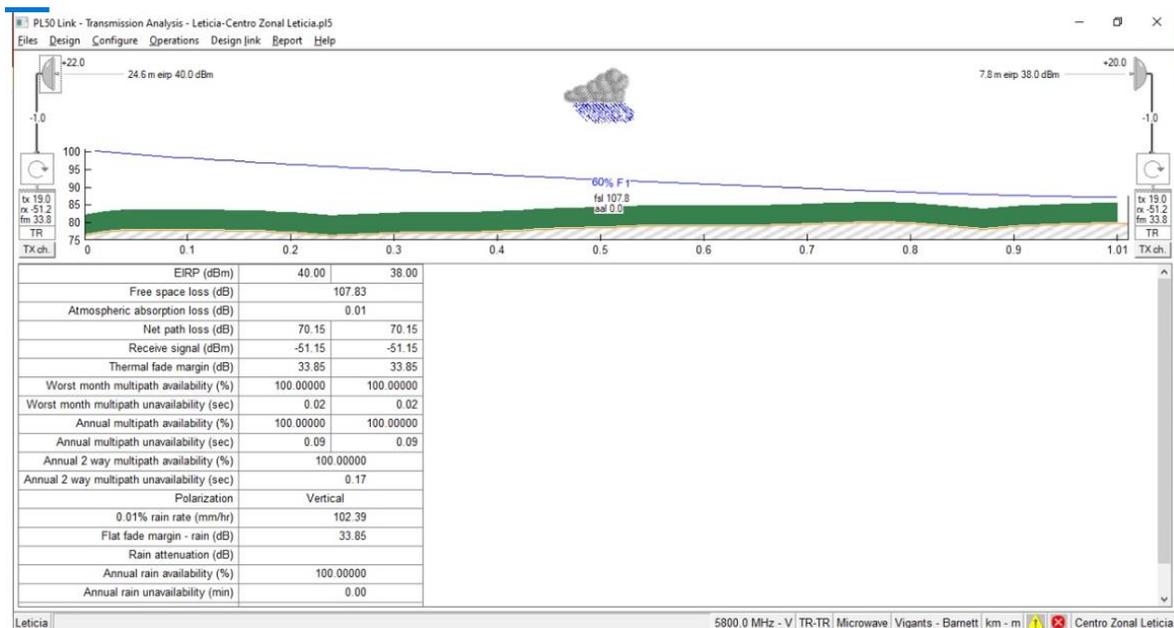
diffraction loss at K = 1.33 0.00

diffraction loss for flat earth 0.00

De acuerdo a los parametros ingresados se obtuvieron los resultados finales, para realizar una consulta mas detallada ver anexo “centro zonal leticia”.

Figura 34.

Resultados finales del radio enlace cliente privado centro zonal leticia pathloss version 5.0

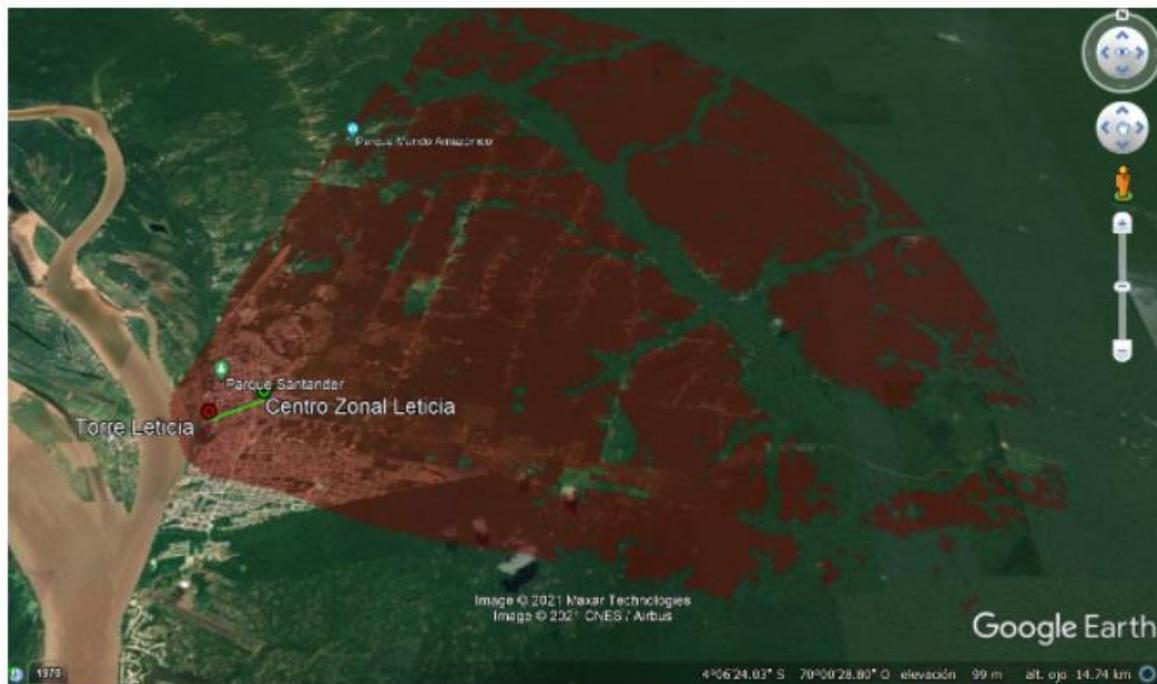


19.2. Cobertura de la Radio Base ubicada en la torre de leticia

De acuerdo a la RB del fabricante de mimosa se tiene la siguiente cobertura en la zona marcada en color rojo

Figura 35.

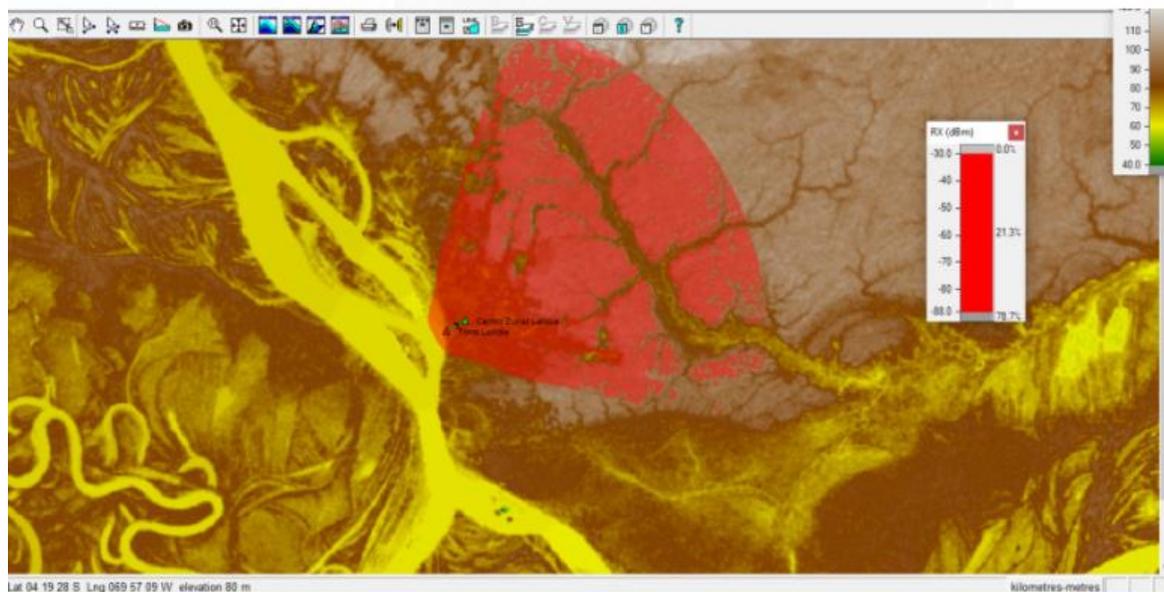
Cobertura de la RB en la zona de leticia Google Earth



Nota: (Google, 2021)

Figura 36.

Cobertura de la zona de leticia aplicativo pathloss



20. Cálculo del presupuesto del proyecto

De acuerdo al análisis realizado se adjunta los costos de la solución propuesta para el cliente privado del centro zonal leticia.

20.1. Costo del estudio de Campo

Tabla 23.

Costo del estudio de campo

USUARIO FINAL	MUNICIPIO	CAPACIDAD	TECNICO EN CAMPO	FECHA DE SOLICITUD	FECHA ESTUDIO DE CAMPO	FECHA ESTUDIO DE CAMPO 2	SOLICITU DE ANTICIPO TECNICO
Cliente Privado Centro Zonal Leticia	LETICIA	20 Mbps	SI	6/09/2021	29/09/2021	1/10/2021	\$ 190.000,00

20.2. Listado de equipos

En la siguiente tabla se encuentra el listado de los elementos que se consideraron en el estudio del proyecto para el cliente privado centro zonal leticia.

Tabla 24.

Listado de equipos

	EQUIPOS /CONSUMIBLES	LETICIA	Precio	TOTAL
UM	RADIO	2	\$ 450.000,00	\$ 900.000,00
	SUPRESORES	2	\$ 155.000,00	\$ 310.000,00

	EQUIPOS /CONSUMIBLES	LETICIA	Precio	TOTAL
	CONVERSORES DC	1	\$ 72.170,64	\$ 72.170,64
	Antena	2	\$ 800.000,00	\$ 1.600.000,00
	POE	1	\$ 80.800,00	\$ 80.800,00
	MICROTIK	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
CONSUMIBLES	CABLE #AWG 12 TIPO ALAMBRE (ATERRIZAR)	1	\$ 169.000,00	\$ 169.000,00
	AMARRE PLASTICOS (25cm)	1	\$ 24.900,00	\$ 24.900,00
	CINTA DE VINILO (ROLLO)	1	\$ 23.500,00	\$ 23.500,00
	mastil 4 mts	1	\$ 123.452,00	\$ 123.452,00
	CHAZOS PULGADA CON SUS TORNILLOS	8	\$ 11.900,00	\$ 95.200,00
	chazos expandibles de 3/8	4	\$ 10.137,00	\$ 40.548,00
	grapas metálicas doble aleta de 1 1/2 pulgada	4	\$ 13.900,00	\$ 55.600,00
	GRAPAS PLASTICAS (PAQUETE)	1	\$ 15.900,00	\$ 15.900,00
	TOMA ELECTRICA CON SU CAJA	1	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00
	CLAVIJA HEMBRA	2	\$ 4.900,00	\$ 9.800,00

	EQUIPOS /CONSUMIBLES	LETICIA	Precio	TOTAL
	CLAVIJA MACHO	2	\$ 3.750,00	\$ 7.500,00
	CABLE 3X12 (m)	2	\$ 6.400,00	\$ 12.800,00
	BROCA PASAMURO DE TUSTENO DE 1/2	1	\$ 9.990,00	\$ 9.990,00
	BROCA PASAMURO DE TUSTENO DE 3/4	1	\$ 24.900,00	\$ 24.900,00
	ABRAZADERAS DE 1 1/2	1	\$ 4.900,00	\$ 4.900,00
	CHAZOS METALICOS	5	\$ 9.300,00	\$ 46.500,00
Total				\$ 3.963.460,64

Tabla 25.

Presupuesto instalaciones

LETICIA				
	COSTO	UNID	TOTAL	VALOR PRESUPUESTADO
EQUIPOS				
Equipos Mimosa	\$ 450.000,00	2	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
Supresores	\$ 155.000,00	2	\$ 310.000,00	\$ 310.000,00
Conversores	\$ 72.170,64	2	\$ 144.341,28	\$ 144.341,28
Consumibles	\$ 3.963.460,64	1	\$ 3.963.460,64	\$ 3.963.460,64
Router	\$ 300.000,00	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
			\$ 5.617.801,92	\$ 5.617.801,92
ESTUDIO DE CAMPO	\$ 190.000,00	\$ 1,00	\$ 190.000,00	\$ 300.000,00
INSTALACIÓN				
Transporte	\$ 160.000,00	2	\$ 320.000,00	\$ 320.000,00
Obra Civil		1	-	\$ -
Alquiler Elementos	\$ 120.000,00	1	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
Ayudante	\$ 190.000,00	1	\$ 190.000,00	\$ 190.000,00

LETICIA				
	COSTO	UNID	TOTAL	VALOR PRESUPUESTADO
Manutención	\$ 200.000,00	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
Adicionales (Visitas - Viaticos -)	\$ 50.000,00	3	\$ 150.000,00	\$ 300.000,00
			\$ 980.000,00	\$ 1.130.000,00
LOGISTICA				
Envio Equipos a Campo	\$ 120.000,00	\$ 1,00	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
Imprevistos	\$ 300.000,00	\$ 1,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
			\$ 420.000,00	\$ 420.000,00
TOTAL			7207801,92	\$ 7.787.801,92

21. Conclusiones y recomendaciones

- ✓ Se cumple el objetivo principal del proyecto de acuerdo al estudio realizado se confirma la viabilidad del enlace punto a punto y se garantiza el canal con un ancho de banda 20 megas de acuerdo a la modulación escogida en las tablas indicadas por la fabricante mimosa.
- ✓ El estudio y diseño de este radio enlace para el cliente privado ubicado en el centro zonal leticia fue elaborado con el fin de presentar una propuesta que cumpliera a cabalidad con las necesidades del cliente, adicional se dio un plus al diseño en contemplar la instalación de una radio base para dar a conectividad a futuros clientes dentro de leticia, teniendo en cuenta que el porcentaje de conectividad es muy bajo en esta zona del país.
- ✓ La planificación basados en softwares especializados para calculo radio enlaces es muy útil a la hora de llevar a cabo proyectos de esta magnitud, se pueden evidenciar en los resultados y tiempo de implementación por lo cual se puede evitar y contemplar al máximo riesgos y costos adicionales.
- ✓ El análisis del presupuesto se debe realizar lo mas detallado posible con el fin de contemplar todos los costos que se puedan generar adicionales, como son: imprevistos, desplazamientos entre otros, esto con el fin que el proyecto sea viable financieramente para la empresa.

22. Referencias

Agencia Nacional del Espectro. (16 de 12 de 2020). *Uso de la banda de frecuencias*. Obtenido de ANE: [https://www.ane.gov.co/gestion-](https://www.ane.gov.co/gestion-tecnica/Documents/Consulta%20P%C3%BAblica%206%20GHz%20ANE.pdf)

[tecnica/Documents/Consulta%20P%C3%BAblica%206%20GHz%20ANE.pdf](https://www.ane.gov.co/gestion-tecnica/Documents/Consulta%20P%C3%BAblica%206%20GHz%20ANE.pdf)

Agencia nacional del espectro. (20 de 10 de 2021). *GENERALIDADES DEL ESPECTRO*.

Obtenido de Agencia nacional del espectro:

https://portalespectro.ane.gov.co/Style%20Library/ane_master/que-es-el-espectro-radioelectrico.aspx

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016). *Espectro Electromagnético*. Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá:

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=28455&cadena=>

Alegsa, L. (02 de 08 de 2016). *Definición de Zona de Fresnel*. Obtenido de Alegsa:

https://www.alegsa.com.ar/Dic/zona_de_fresnel.php

ANE. ((2016)). *normograma.mintic.gov.co*. Obtenido de normograma.mintic.gov.co:

https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0711_2016.htm

Anónimo. (s.f.). *TES AMERICA*. Obtenido de <https://www.tesamerica.com/tipos-antenas-funcionamiento/>

El paraíso de las materias. (23 de 03 de 2017). *¿POR QUÉ SON TAN IMPORTANTES EN NUESTRAS VIDAS LAS TORRES MONOPOLO?* Obtenido de El paraíso de las materias:

<https://elparasodelasmaterias.wordpress.com/2017/03/23/por-que-son-tan-importantes-en-nuestras-vidas-las-torres-monopolo/>

Espectro Electromagnético (R. 087-97). ((s.f). Fuente.). *mintic.gov.co*. Obtenido de mintic.gov.co: <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Glosario/E/5607:Espectro-Electromagnetico-R-087-97>

Huidobro, J. M. (2013). Antenas de Telecomunicaciones. *Revista Digital de ACTA*.

Juan Esteban Tapias Baena, R. C. (2019). Caracterización de radioenlaces para interconectar el nuevo hospital de La Candelaria con sus puestos de salud en Purificación para el desarrollo de la telemedicina. *Activa*, 11, 121, 136.

Mimosa Networks. (25 de 10 de 2021). *N5-45x4 Sector Antenna*. Obtenido de Mimosa Networks:

https://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/2018/10/02/cf063/Hoja_de_Especificaciones_N5-45x4.pdf

Ministerio de tecnologías de la información y comunicaciones. (02 de 05 de 2019). *Agencia Nacional del Espectro*. Obtenido de Mintic:

https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0181_2019.htm

Pezo, A. R. (2010). *MEJORAMIENTO E INTEGRACIÓN DE SISTEMAS INFORMÁTICOS DE INFORMACIÓN DE LAS EPS SEDALORETO S.A. EN LA CIUDAD DE IQUITOS.*

Lima.

Reycort Ingenieria SAS. (16 de 10 de 2021). *Torres de Comunicacion.* Obtenido de Reycort Ingenieria SAS: <http://www.reycortsas.com/Torres-de-Comunicacion.html>

Rubio, J. (13 de 01 de 2017). *Consideraciones Básicas para Cables Coaxiales RF.* Obtenido de Syscom : <https://www.syscomblog.com/2017/01/consideraciones-basicas-para-cables.html>

Syscom. (05 de 04 de 2017). *Consejos para una correcta instalación de la retenida.* Obtenido de Syscom: <https://www.syscomblog.com/2017/04/torres-arriostradas.html>

Syscom. (25 de 10 de 2021). *Punto de Acceso MU-MIMO.* Obtenido de Syscom: <https://www.syscom.mx/producto/mimosa-A5C-MIMOSA-NETWORKS-87556.html>

Telectrónica. (17 de 06 de 2018). *Fundamentos de Radio Enlaces de Microondas.* Obtenido de Telectrónica: <https://www.telectronika.com/articulos/radio-enlaces/fundamentos-de-radioenlaces-de-microondas/>

Teloram. (03 de 03 de 2020). *Tipos de Torres de telecomunicaciones.* Obtenido de Teloram: <https://teloram.com/tipos-de-torres-de-telecomunicaciones/>

Tricalcar. (10 de 2007). Obtenido de Tricalcar.

Wini Mexico. (12 de 10 de 2021). *Tipos de Antenas y Funcionamiento.* Obtenido de Wini Mexico:

https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenasoporte&catid=31:general&Itemid=79

Anexo A. Materiales del Nodo

Item	Imagen	Materiales y equipos	Cantidad
1		Herraje en U o o mastil en L Antena	1
2		Antena N5 45X4	1
3		KIT SOPORTE INSTALACION ANTENA	1
4		Herraje en U o en L para Radio	1
5		Radio A5C	1

Item	Imagen	Materiales y equipos	Cantidad
6		Abrazaderas-Radio	2
7		Pig tail Tipo N-N Macho	4
8		Kit Cable Tierra (Radio) # 6	2
9		Terminal de ojo	4
10		Cable SFTP Cat 6	50
11		Conectores blindados RJ45	4 (2 de repuesto)
12		Supresor de Picos (NID) Mimosa	1

Item	Imagen	Materiales y equipos	Cantidad
13		Cable Tierra (NID) # 10	1
14		POE (-48 VDC)	1
15		Patchcord Cat 6	2
16		Amarres plasticos	1

Anexo B. Materiales en el sitio cliente privado del centro zonal leticia

Item	Imagen	Materiales y equipos	Cantidad x sitio
1		Antena N5-X20 o N5-X25	1
2		Herraje Radio (Mastil tipo L)	1

Item	Imagen	Materiales y equipos	Cantidad x sitio
3		Radio C5x	1
4		Abrazaderas-Radio	2
5		Cable SFTP	15
6		Conectores blindados RJ45	4 (2 repuesto)
7		Supresor de Picos (NID) mimosa	1
8		Cable Tierra (NID) # 10	2
9		Terminal de ojo	2

Item	Imagen	Materiales y equipos	Cantidad x sitio
10		POE (AC)	1
11		Patchcord Cat 5	2
12		Cable de poder	1

Anexo C. Centro Zonal Leticia

	Leticia	Centro Zonal Leticia
Latitude	04 13 16.10 S	04 13 01.00 S
Longitude	069 56 34.10 W	069 56 05.00 W
True azimuth (°)	62.67	242.67
Vertical angle (°)	-0.76	0.75
Elevation (m)	76.30	79.78
Antenna model	N5-45 (TR)	(TR)
Antenna file name	mimosa n5-45	
Antenna gain (dBi)	22.00	20.00
Antenna height (m)	24.57	7.81
Antenna azimuth (°)	45.00	
Antenna downtilt (\pm°)	2.00	
Orientation loss (dB)	2.31	
Connector loss (dB)	1.00	1.00
Frequency (MHz)	5800.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	1.01	
Free space loss (dB)	107.83	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.01	
Net path loss (dB)	70.15	70.15
TX power (dBm)	19.00	19.00
EIRP (dBm)	40.00	38.00
RX threshold level (dBm)	-85.00	-85.00
Receive signal (dBm)	-51.15	-51.15
Thermal fade margin (dB)	33.85	33.85
Dispersive fade occurrence factor	2.00	
Climatic factor	1.50	
Terrain roughness (m)	6.10	
C factor	4.94	
Average annual temperature (°C)	27.28	
Fade occurrence factor (Po)	1.774E-005	
Worst month multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Worst month multipath unavailability (sec)	0.02	0.02
Annual multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Annual multipath unavailability (sec)	0.09	0.09

	Leticia	Centro Zonal Leticia
Annual 2 way multipath availability (%)	100.00000	
Annual 2 way multipath unavailability (sec)	0.17	
Polarization	Vertical	
0.01% rain rate (mm/hr)	102.39	
Flat fade margin - rain (dB)	33.85	
Annual rain availability (%)	100.00000	
Annual rain unavailability (min)	0.00	
Annual rain + multipath availability (%)	100.00000	
Annual rain + multipath unavailability (min)	0.00	

Multipath fading method - Vigants - Barnett

Rain fading method - Rec. ITU-R P.530-8 and later (R837-5)

Anexo D Cesión de Derechos



Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada Diseño y simulación de un enlace terrestre punto a punto para un cliente privado ubicado en el centro zonal de Itecia.

, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma

Nombre Litsi Viviana Colorado Ramírez

CC. 53082475

Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada Diseño y simulación de un enlace terrestre punto a punto para un cliente privado ubicado en el centro zonal de leticia, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma



Nombre: Jose Alberto Bernal Botello
CC. 1.014.266.307

Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada Diseño y simulación de un enlace terrestre punto a punto para un cliente privado ubicado en el centro zonal de Itecia, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma



Nombre: Julián Camilo Bocanegra Luna
CC. 1.069.744.402 de Fusagasugá