

Universidad Autónoma del Caribe

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones



Desarrollo de una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa  
ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino)

OTONIEL ARROYO REINA

MARCOS VARGAS FERNANDEZ

Colombia, Barranquilla

2021

Desarrollo de una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa  
ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino)

OTONIEL ARROYO REINA

MARCOS VARGAS FERNANDEZ

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniero Electrónico y en  
Telecomunicaciones

Director

Meglys Pérez

Universidad Autónoma del Caribe

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Colombia, Barranquilla

2021

### *Resumen*

En el corredor ecoturístico y hotelero del Tayrona, ubicados en la vía Santa Marta – Palomino, existen varios hoteles, hostales y casas ecológicas de hospedaje que son visitadas durante todo el año; sin embargo, una de las debilidades que encuentran sus huéspedes es la conectividad, donde se ha observado que las posibilidades de señal de la red internet es deficiente, de muy baja calidad o en muchos casos inexistentes, por tal razón se hace pertinente la implementación de una red de radio enlace, la cual permite que los huéspedes del hotel Kantawa puedan tener un servicio de internet de calidad, que les permita una comunicación fluida con sus amigos, familiares y demás.

Durante la ejecución del proyecto se diseñará e implementará una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa, se estructurará la arquitectura de la red, posterior a esto se realizarán los procesos implementación y por último se harán pruebas de funcionamiento a la red de radio enlace para evaluar su funcionamiento, durante el estudio se explicará por medio de fases cada uno de los pasos hasta llegar al funcionamiento de la red.

Lo que se busca a futuro con esta implementar una red de radio enlace para la interconexión de internet es que no solamente el Hotel Kantawa disponga de este servicio, sino que también todo el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino), todos los establecimientos allí ubicados puedan contar con el servicio.

### *Abstract*

In the ecotourism and hotel corridor of Tayrona, located on the Santa Marta - Palomino road, there are several hotels, hostels and ecological lodging houses that are visited throughout the year; However, one of the weaknesses found by its guests is connectivity, where it has been observed that the signal possibilities of the internet network are poor, of very low quality or in many cases non-existent, for this reason the implementation of a radio link network, which allows the guests of the Kantawa hotel to have a quality internet service, which allows them a fluid communication with their friends, family and others.

During the execution of the project, a radio link network will be designed and implemented for the Internet interconnection of the Kantawa Hotel, the network architecture will be structured, after this the implementation processes will be carried out and finally the network will be operational tests. of radio link to evaluate its operation, during the study each of the steps will be explained by means of phases until reaching the operation of the network; It is important to mention that the research highlights the theories of some authors on the link network, this will allow to have a more complete knowledge of what we want to evolve; Without neglecting the environmental importance of this construction of the network.

What I know in the future wants to implement a radio link network for internet interconnection is that not only the Kantawa Hotel has this service, but also the entire Tayrona ecotourism corridor (Santa Marta-Palomino section), all establishments located there can count on the service.

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Barranquilla, 04 de abril de 2021

**Dedicatoria**

Dedicamos este trabajo a nuestra familia

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios y a los intermediarios en el proyecto

## Contenido

Resumen.....	III
Abstract.....	IV
Introducción .....	1
Capítulo 1 Descripción del Proyecto .....	2
Planteamiento del Problema .....	2
Formulación del Problema.....	5
Impacto Esperado.....	5
Usuarios Directos e Indirectos .....	6
Objetivos.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	7
Metodología .....	7
Población y muestra.....	8
Técnica.....	10
Fases de la investigación.....	11
Materiales y Equipos Utilizados .....	12
Capítulo 2 Estado del Arte y Marco Teórico .....	12
Radio enlaces .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Topologías de red.....	13
Herramientas para simulación del radioenlace .....	15
Balance de un radioenlace .....	17
Interconexión de internet .....	18

Pruebas de funcionamiento y de aceptación .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
El ecoturismo, una forma de turismo de naturaleza.....	21
Modulación digital .....	23
Capítulo 3 Análisis de Resultados y Propuesta Ingenieril .....	27
Capítulo 4 Conclusiones .....	38
Capítulo 5 Recomendaciones.....	40
Bibliografía .....	41

**Lista de tablas**

Tabla 01. Variables para el cálculo del balance de un radioenlace .....	17
Tabla 02. Pruebas de funcionamiento de los equipos .....	21
Tabla 03. Fases de la investigación.....	11

**Lista de figuras**

Figura 01 enlace inalámbrico punto a punto .....	13
Figura 02 enlace inalámbrico punto a multipunto .....	14
Figura 03 enlace inalámbrico multipunto a multipunto .....	15
Figura 04 enlace inalámbrico multipunto a multipunto .....	24
Figura 05 enlace inalámbrico multipunto a multipunto .....	24

**Lista de imágenes**

Imagen 01 mapa satelital, ubicación del hotel Kantawa.....	9
Imagen 02 mapa satelital, ubicación del hotel Kantawa.....	10
Imagen 03 mapa satelital, uhotel Kantawa .....	10

### *Introducción*

Dadas la topografía del sector Tayrona, ubicado entre el Mar Caribe en el tramo Palomino-Santa Marta y las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta se genera una dificultad para la recepción de la señal de redes, añadiendo a la dificultad anteriormente mencionada cabe resaltar que también se debe tener en cuenta que, en esta zona la mayoría de los hostales mantienen la armonía con la naturaleza, es decir, las instalaciones cableadas son imposibles de realizar.

Esto con el fin de conservar los hermosos paisajes que ofrece el contraste de playa marina con el piedemonte de sierra, ello impone una limitación en la normatividad que solo permite conectividad inalámbrica lo que imponen el reto de llevar la interconexión al sector sin causar afectaciones o alteraciones a este paisaje; es así como nace la implementación de una red de radio enlace inicialmente se hará en el hotel Kantawa, aprovechando las alturas de los cerros que circundan el sector turístico de manera que se pueda usar tecnologías inalámbricas brindando conectividad de internet en corredor turístico y hotelero Santa Marta-Palomino.

De lo anteriormente mencionado, lo que se quiere con esto es establecer una interconexión estable para el sector turístico ecologista que permita la competitividad de las empresas turísticas sin afectar los paisajes que brinda la naturaleza.

## *Capítulo 1*

### *Descripción del Proyecto*

#### *Planteamiento del Problema*

La Asociación agraria de jóvenes agricultores (ASAJA 207), expone que “el acceso a internet, en muchos casos con conexiones de alta velocidad a través de fibra óptica, se ha generalizado en los últimos años en buena parte del mundo. Pero el acceso generalizado a internet en las áreas rurales y la buena calidad de este servicio público sigue siendo una exigencia que el mundo económico y político deberían asumir de forma inmediata, las dificultades de acceso a Internet han afectado a todos los niveles de la población rural que repercute en una mala percepción del medio rural como posible lugar de oportunidades para iniciativas empresariales.”<sup>1</sup>

En América Latina y el Caribe, según el Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA 2020), afirma que “77 millones de personas que viven en territorios rurales de América Latina y el Caribe carecen de conectividad con estándares mínimos de calidad, mostró la investigación conectividad rural en América Latina y el Caribe, un puente al desarrollo sostenible en tiempos de pandemia, el estudio, que concentró su trabajo en 24 países latinoamericanos y caribeños y ofrece un completo panorama sobre la situación de la conectividad rural en la región, revela que un 7% de la población urbana de América Latina y el Caribe cuenta con opciones de conectividad, ante menos de un 37% en la ruralidad, una brecha de 34 puntos porcentuales que mina un inmenso potencial social, económico y productivo.

---

<sup>1</sup> Asociación agraria de jóvenes agricultores (207)

En total, un 32% de la población de América Latina y el Caribe, o 244 millones de personas, no accede a servicios de internet. La brecha en materia de conectividad es más acentuada si se distingue entre población urbana y rural, llegando en algunos casos a una diferencia de 40 puntos porcentuales. Del total de personas sin acceso a internet en la región, 46 millones viven en territorios rurales.”<sup>2</sup>

Chacón Mateo (2020), desde la página el tiempo publica que “en Colombia solo el 7% de los estudiantes rurales tiene Internet, de los más de 2’400.000 de estudiantes de colegios rurales del país, solo el 7 por ciento de ellos tiene acceso a Internet, es decir, aproximadamente 408.000 niños. En el caso de municipios rurales dispersos (aquellos con menor densidad poblacional), esta cifra es de apenas el 3 por ciento, de acuerdo con datos del Ministerio de Educación y el Icfes analizados por el Laboratorio de Economía de la Educación (LEE) de la Universidad Javeriana, los problemas de conexión a Internet en zonas rurales del país se han convertido en una seria dificultad para llevar educación a estas regiones. Sin embargo, persisten las dificultades y se temen efectos negativos en materia de deserción y repitencia.”<sup>3</sup>

El confinamiento por covid 19 dejó ver claramente las falencias que tienen las zonas rurales en Santa Marta, por tal razón los estudiantes y demás entidades que están asentados en zonas rurales es un impedimento para ellos el acceso a internet, de esta forma están aislado al mundo de las tecnologías.

Teniendo en cuenta todo lo anterior es así como se llega al punto donde se sitúan los hoteles, hostales y casas de hospedaje que son visitadas durante todo el año por un gran número de turistas nacionales y extranjeros; a nivel turístico existe una extenuación en la conectividad, donde se ha observado que las posibilidades de señal de la red internet es deficiente, de muy baja

---

<sup>2</sup> Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA 2020)

<sup>3</sup> Chacón Mateo (2020)

calidad o en muchos casos inexistentes. En el municipio en mención está ubicado el HOTEL- SPA Kantawa, cuya posición al nivel del mar hace casi imposible la Interconexión por la señal débil y casi nula, lo cual no es conveniente para los empresarios ya que este servicio es determinante para captar mayor número de clientes, porque un alto porcentaje de sus visitantes son extranjeros y exigen la red como requisito indispensable para decidir su alojamiento; desde este punto de vista es muy considerable el contar con el servicio de internet.

En el corredor ecoturístico y hotelero del Tayrona, ubicados en la vía Santa Marta – Palomino, existen varios hoteles, hostales y casas ecológicas de hospedaje que son visitadas, durante todo el año, por un gran número de turistas nacionales y extranjeros; sin embargo, una de las debilidades que encuentran sus huéspedes es la conectividad, donde se ha observado que las posibilidades de señal de la red internet es deficiente, de muy baja calidad o en muchos casos inexistentes. A lo anterior se le agrega los altos costos del servicio, tanto en instalación como en mantenimiento de la red y el servicio propiamente dicho; realizar una conexión con enlace de fibra óptica para estos sectores es inviable puesto que es altamente costoso para estos sectores afectados y la posibilidad de poder implementarlos son bajas.

En el mencionado sector se encuentra ubicado el HOTEL- SPA Kantawa, cuya posición al nivel del mar hace casi imposible la Interconexión por la señal débil y casi nula, lo cual no es conveniente para los empresarios ya que este servicio es determinante para captar mayor número de clientes, porque un alto porcentaje de sus visitantes son extranjeros y exigen la red como requisito indispensable para decidir su alojamiento; en tal sentido es una necesidad para el hotel Kantawa implementar la intercomunicación de tal manera que no se altere su paisaje natural y al tiempo que mantenga su carácter de ecológica pueda obtener una ventaja comparativa con la competencia.

Actualmente existen cinco (5) factores que interviene en el problema identificado, el primero es la falta de energía comercial para la alimentación de los equipos de telecomunicación, segundo los hoteles y zonas son alejadas de las ciudades denominados eco-hostales, tercero la demanda del cliente de la falta de conectividad y la baja calidad de red que se presentan en estos sitios, cuarto la dificultad de cableado en estos sitios ecológicos debido a la contaminación visual y ambiental y quinto es no afectar, ni realizar modificaciones al ecosistema del lugar por lo que se dificulta el cableado estructurado.

### ***Formulación del Problema***

Teniendo en cuenta la problemática de conexión de internet surge un interrogante para esta investigación:

¿Es posible generar conectividad de internet de bajo costo, de excelente calidad para el Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino) sin afectar el paisaje natural?

### ***Impacto Esperado***

Con el desarrollo de este proyecto se espera que se establezca una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino); con la finalidad de dar a conocer en las diferentes redes social el hotel, de esta forma se logran conseguir más clientes para brindarles estadía, permitiendo por medio de esto tener un mayor número de huéspedes y así mismo en los ingresos económicos del hotel.

Por otra parte, se brindará este servicio a los huéspedes, quienes son extranjeros y mientras su estadía querrán comunicarse con familiares y amigos mediante esta conexión; esta es otra forma

de dar publicidad al hotel, por medio de los huéspedes que envíen y/o suban fotos, videos, o cualquier otro tipo de recuerdo que quieran compartir.

Este impacto se ve reflejado en tres esferas importantes como con lo social, que se dé a conocer el hotel y el aumento de los viajeros al municipio, el impacto económico el cual se elevara con la visita de más huéspedes y el impacto tecnología que para estos tiempos es muy requerido por la humanidad.

### ***Usuarios Directos e Indirectos***

Entre los usuarios directos están los veinte (20) trabajadores del Hotel Kantawa, quienes podrán servirse de esta conexión, pero además los huéspedes que hagan parte de la estadía en el hotel.

Los usuarios indirectos son cuatrocientos noventa y nueve mil ciento noventa y dos (499,192) habitantes de la ciudad de Santa Marta, los cuales se verán beneficiados económicamente con el incremento de turistas en el lugar.

### ***Objetivos***

#### ***Objetivo General***

Desarrollar una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino).

### ***Objetivos Específicos***

- \* Diseñar la arquitectura de una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino) guardando la armonía con el paisaje natural.
- \* Implementar una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino).
- \* Realizar pruebas de funcionamiento a la red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino).

### ***Metodología***

La metodología utilizada para esta investigación, se desarrollará mediante el método cualitativo y el diseño de investigación-acción, los autores, Hernández, Fernández y Baptista dan las definiciones respectivas a los conceptos.

El método de investigación cualitativo<sup>4</sup>, es un enfoque que utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación, también se guía por áreas o temas significativos de investigación, se ha seleccionado este tipo de método, puesto que es el más idóneo según el estudio, se realizara el análisis del problema de conexión a internet que presenta el hotel Kantawa y las posibles soluciones que se pueden dar.

Diseño de investigación – acción<sup>5</sup>, su precepto básico es que debe conducir a cambiar y por tanto este cambio debe incorporarse en el propio proceso de investigación. Se indaga al mismo tiempo que se interviene. La finalidad de la investigación-acción es comprender y resolver

---

<sup>4</sup> Hernández, Fernández y Baptista (2014)

<sup>5</sup> Ibid

problemáticas específicas de una colectividad vinculadas a un ambiente (grupo, programa, organización o comunidad); se ha escogido este diseño, puesto que su procedimiento es investigar la problemática en este caso es la falta de conexión a internet en el hotel Kantawa, como se puede resolver y hacer un accionar que para mitigar o eliminar dicho problema, este accionar se ve fundamentado en el desarrollo de una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel en mención, el cual está ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta-Palomino), es importante durante este accionar tener en cuenta, cuáles deben ser características para brindar un servicio de conexión a internet, guardando la armonía con el paisaje natural.

Las tres fases esenciales de los diseños de investigación-acción son: observar (construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver problemáticas e implementar mejoras), las cuales se dan de manera cíclica, una y otra vez, hasta que todo es resuelto, el cambio se logra o la mejora se introduce satisfactoriamente.

### ***Población y muestra***

La población en la cual se desarrollará esta investigación es en la ciudad de Santa Marta, el cual pertenece al departamento del Magdalena, Colombia, por el norte y el oeste con el Mar Caribe, al sur los municipios de Ciénaga y Aracataca y por el oriente los departamentos de la Guajira y Cesar. Tiene una extensión total: 2,393.35 Km<sup>2</sup>, en el área urbana: 55.10 Km<sup>2</sup> y en el área rural: 2,338.25 Km<sup>2</sup>, su altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 6 msnm, con máxima elevación de 5775 msnm en las cumbres de la Sierra Nevada.

Santa Marta atrae gran cantidad de turistas, tanto nacionales como extranjeros, debido a sus paisajes, su selva exótica y por la tranquilidad que se logra obtener dentro del mismo. Posee

gran biodiversidad y varias playas. Se encuentra cerca de la entrada a Parque nacional Sierra Nevada, cerca del Resguardo Indígena, o zona de reserva india.

La muestra es para la cual se diseñará e implementará la red de radio enlace para la interconexión de internet, esta se hará en el Hotel Kantawa<sup>6</sup>, el cual está ubicado vía Santa Marta - Km. 23 Vía Riohacha a 10 minutos del Parque Tayrona - Santa Marta (Magdalena) - Colombia. El hotel es visitado en su mayoría por extranjeros, también ha tenido huéspedes locales, provenientes del departamento de La Guajira y también de departamentos cercanos como Cesar, Atlántico, Bolívar, entre otros; a continuación, se presenta en la figura 01, 02 y 03, las cuales son imágenes satelitales de la ubicación del hostel.

***Imagen 01 mapa satelital, ubicación del hotel Kantawa***



Fuente: Google maps (2021)

---

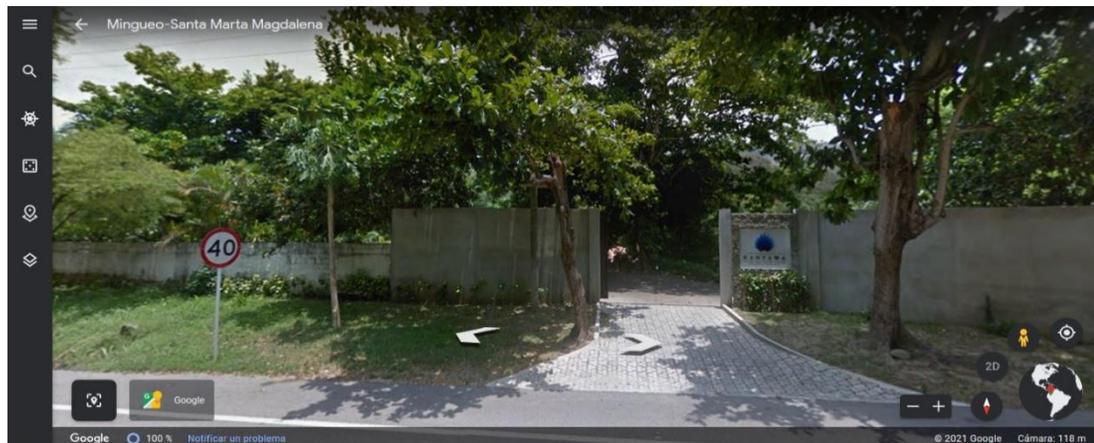
<sup>6</sup> Hotel Kantawa (2021)

***Imagen 02 mapa satelital, ubicación del Hotel Kantawa***



Fuente: Google Earth (2021)

***Imagen 03 mapa satelital, Hotel Kantawa***



Fuente: Fuente: Google Earth (2021)

***Técnica***

Para el desarrollo de la red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa se realizará una serie de fases, con la implementación de cada una de ellas se logrará el desarrollo de la red de radio enlace, a continuación, se presentará la tabla 01 de las fases de la investigación.

### *Fases de la investigación*

Para lograr los objetivos enmarcados al inicio de esta investigación se ejecutará esta investigación mediante cuatro (4) fases, las cuales serán descritas detalladamente mediante una tabla, esto con el fin de comprender lo que se realizara paso a paso.

**Tabla 01. Fases de la investigación**

<b>Diseñar e implementar una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino).</b>			
<b>Objetivos específicos</b>	<b>Fases</b>	<b>Actividades</b>	<b>Meta</b>
<b>Diseño de la arquitectura de una red de radioenlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta-Palomino) guardando la armonía con el paisaje natural.</b>	Fase 1: análisis de parámetros donde se ejecute el proyecto, salvaguardando la armonía con el paisaje natural	Investigar los parámetros de la armonía con el paisajismo	Que se conserve la armonía con el paisaje natural
	Fase 2: diseño la estructura de la red de radioenlace	Construir una red de radioenlace	Crear una red de radioenlace conservando la armonía con el paisaje natural
<b>Implementación de una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta-Palomino).</b>	Fase 3: construcción de la estructura de la red de radio enlace	Identificar cuantos megas se requieren para la red	Brindar el ancho de banda requeridos por el usuario
	Fase 4: toma de datos	Se toman los datos del simulador de los puntos A y B	Que los datos establecidos, concuerden con los requerimientos para tener una adecuada instalación
<b>Realización de pruebas de funcionamiento a la red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor</b>	Fase 5: comprobación del material	Se revisan los materiales utilizados en la instalación	Que los materiales sean los necesarios e idóneos para la red
	Fase 6: verificación de potencias	Se verifica la potencia de Tx y Rx	Que las potencias cumplan con los requerimientos de la red

<b>Diseñar e implementar una red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino).</b>			
<b>Objetivos específicos</b>	<b>Fases</b>	<b>Actividades</b>	<b>Meta</b>
<b>ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino).</b>	Fase 7: verificación de la velocidad de transferencia del punto B	Verificar mediante la herramienta Bandwidth test de los equipos	Que la velocidad sea la solicitada por el usuario inicialmente

Fuente: propia (2021)

### ***Materiales y Equipos Utilizados***

Las herramientas que se utilizaron para la construcción de la red de radioenlace son:

- \* Dos (2) torres de 30 metros
- \* Dos (2) antenas ubiquiti RD-5G34
- \* Dos (2) radios Mikrotik Netmetal SHP-5ACPnD
- \* Un (1) router Mikrotik RB450G
- \* Cien (100) metros de cable cat5e para exteriores con tratamiento UV
- \* Dos (2) conectores RJ45

## *Capítulo 2*

### *Estado del Arte y Marco Teórico*

El marco teórico permitirá conocer detalladamente que se va a hacer, como se va hacer y que herramientas son necesarias para la implementación del radio enlace, continuación se citaran las teorías.

Por consecuente a lo anterior mencionado se hablará un poco sobre el tema principal de nuestra investigación, ***El Radio Enlace***, se denomina radio enlace<sup>7</sup> a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Además, si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características. Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una 58 capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

---

<sup>7</sup> RADIO & ENGINEERING COMPANY SL. (2017)

No obstante, además del radio enlace debe existir una *Topología de red*, de la cual existen múltiples topologías, inicialmente se hablará de los Enlaces Punto a Punto (PTP). Los enlaces punto a punto<sup>8</sup> como se observa en la figura 18, generalmente se usan para conectarse a Internet donde dicho acceso no está disponible de otra forma. Uno de los lados del enlace punto a punto estará conectado a Internet, mientras que el otro utiliza el enlace para acceder a ella. Con antenas apropiadas y existiendo línea visual, se pueden hacer enlaces punto a punto confiables de más de cien kilómetros; a continuación, se visualizarán las figuras 01, 02 y 03, con los diferentes tipos de radio enlace inalámbrico.

*Figura 01 enlace inalámbrico punto a punto*



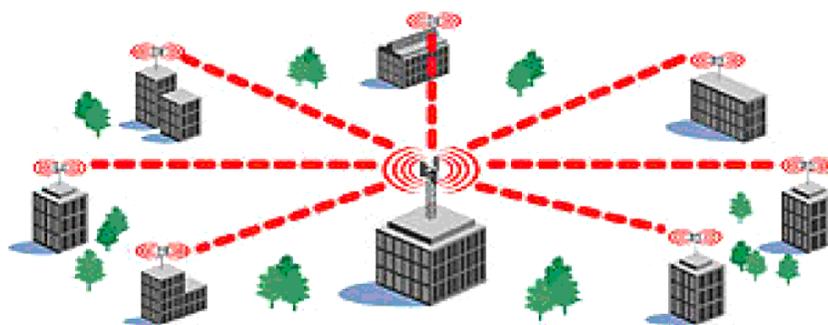
Fuente: ARM LUMITEC (2020)

---

<sup>8</sup> Friendly Hacker. (2008)

Por otra parte, también se tienen otros tipos de enlaces como lo son los, *Enlaces punto a multipunto (PMTP)*. La red más comúnmente encontrada es el punto a multipunto<sup>9</sup> donde varios nodos están hablando con un punto de acceso central, esta es una aplicación punto a multipunto. Como se observa en la figura 02 el ejemplo típico de esta disposición es el uso de un punto de acceso inalámbrico que provee conexión a varias computadoras portátiles. Las computadoras portátiles no se comunican directamente unas con otras, pero deben estar en el rango del punto de acceso para poder utilizar la red.

*Figura 02 enlace inalámbrico punto a multipunto*



Fuente: ELION (2020)

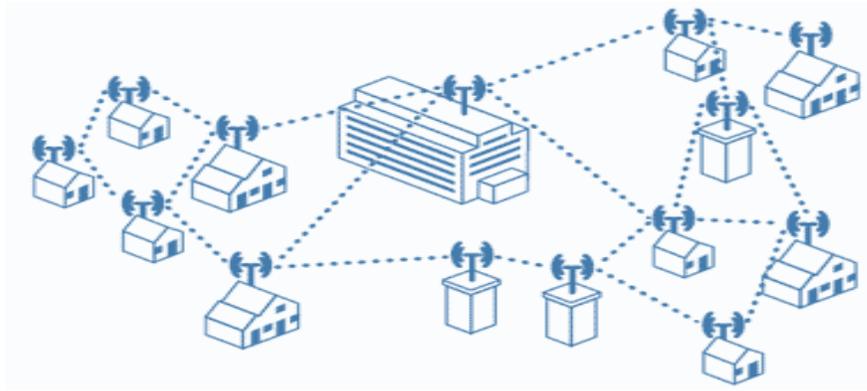
Y finalmente se encuentra, con una red muy utilizada en nuestras ciudades, las cuales son *Multipunto a Multipunto*. el tercer tipo de diseño de red es el multipunto a multipunto<sup>10</sup>, el cual también es denominado red ad hoc o en malla (mesh). En una red multipunto a multipunto, no hay una autoridad central. Cada nodo de la red transporta el tráfico de tantos otros como sea necesario, y todos los nodos se comunican directamente entre sí.

---

<sup>9</sup> Ibid

<sup>10</sup> Ibid

**Figura 03 enlace inalámbrico multipunto a multipunto**



Fuente: Tecnología (2020)

En el siguiente párrafo se hablará de algo muy importante a destacar lo cuales son las **Herramientas para simulación del radioenlace. Para Keyhole (2015) la empresa pionera en el desarrollo de software especializado en aplicaciones de visualización de datos geoespaciales, explica tres (3) herramientas para la simulación de radio enlace, las cuales son las siguientes a mencionar, como primer punto se tiene el Radio Mobile.**

**Radio Mobile**, este es un software de distribución gratuita que permite simular escenarios de radioenlaces, opera en el rango de 20 MHz a 20 GHz. una de las características más importantes del software es que usa cartografía y mapas actualizados obtenidos de los satélites; entre las bondades que ofrece, se puede obtener información muy útil como pérdidas de propagación, despeje de la zona de Fresnel, distancia entre los puntos a enlazar, ángulos de inclinación, Azimut, entre otros.

Otra característica importante del software es que independientemente de la marca de equipos utilizados para el diseño del radioenlace, este permite ajustar cada una de las características de cada marca, ejemplo Px del transmisor, sensibilidad del receptor Rx, tipos de antenas, ganancia en antenas, topologías de red entre otros.

Añadiendo a esto otra aplicación importante a mencionar es *Google Earth*, el cual es Software propiedad de Google que permite de manera virtual observar el globo terráqueo, en donde se tiene múltiple cartografía, con base en fotografías satelitales, fotografías aéreas, inicialmente el software fue creado bajo el nombre de Earth Viewer 3D por la compañía Keyhole Inc\*, financiada por la Agencia Central de Inteligencia, finalmente en 2004 fue comprado por Google.

Google Earth posee un buscador por coordenadas, nombre de ciudades, calles, edificios, comercios, etc. Además, permite adicionar capas sobre las imágenes satelitales o mapas con múltiple información desde datos censales, como también fotografías desde nuestros dispositivos.

Este software al igual que el anterior será de gran ayuda para analizar cada uno de los diferentes fenómenos que puedan presentarse en el diseño y estudio del radioenlace.

Y por último como aplicación indispensable se habla acerca de *AirLink Ubiquiti*, es una aplicación web de Ubiquiti Networks, para ayuda al cálculo de la cobertura de red inalámbrica WiFi, el uso de esta herramienta ayudara a minimizar muchos problemas. Se pudo

utilizar para enlaces punto a punto (PtP) ó punto a multipunto (PtMP), simulado con la gama de equipos AirMAX de Ubiquit.

Habiendo mencionado las aplicaciones utilizadas para el desarrollo de este proyecto ahora se indaga sobre un término sumamente utilizado para establecer conexiones de red,

*Balance de un radioenlace, Cuando se habla de balance de un radioenlace<sup>11</sup> se hace referencia a la suma de los factores de instalación que aportan a la señal y resta aquellas que generan pérdida, dando como resultado un cálculo estimado del nivel de señal. Los resultados obtenidos están directamente relacionados con la capacidad y calidad de los equipos a utilizar para la conexión. Para calcular el balance de un radioenlace se deben considerar las variables, a continuación, se cita la tabla 02 el cuadro de variables para el cálculo de balance de un radioenlace.*

**Tabla 02. Variables para el cálculo del balance de un radioenlace**

VARIABLE	DEFINICIÓN	VALOR ESTÁNDAR
<b>Ganancia de una antena</b>	La cantidad de señal captada que se concentra en el alimentador	<b>De 6 -24 dB</b>
<b>Pérdida del cable</b>	Son las pérdidas que se generan cuando la señal pasa por el cable.	<b>De 0.05 a 1dB por metro</b>
<b>Pérdida del conector</b>	Son las pérdidas cuando la señal pasa por el conector tanto del emisor como del receptor	<b>De 0.25 dB por conector</b>
<b>Pérdida en el espacio libre</b>	<b>Es la pérdida cuando las ondas salen del emisor y viajan a través del espacio antes de ser captadas por el receptor.</b>	<b><math>F L_p [dB]=32,45+20 \log f [MHz]+20 \log d [Km]</math></b>

<sup>11</sup> Gómez García, (2006)

Fuente: Gómez García, (2006)

Para calcular el balance de un radioenlace se recurre a la ecuación 3:

$$PRx = PTx + GTx - LccTx - LccRx - Lp + GRx \quad (3)$$

Donde:

PRx Potencia recibida por el receptor

PTx Potencia transmitida por el transmisor

GTx Ganancia de la antena del transmisor en la dirección del enlace

LccTx Pérdidas de cable y conectores en el sistema transmisor LccRx

Pérdidas de cable y conectores en el receptor

Lp Pérdidas de propagación

GRx Ganancia de la antena del receptor en la dirección del enlace.

La intención final con todo lo anterior mencionado y nuestra investigación es la ***Interconexión de internet*** <sup>12</sup>, ***la cual es una red global de redes, es un sistema notablemente complejo desde el punto de vista técnico, construido a partir de la segunda guerra mundial, contribuciones creativas de científicos de todo el mundo a partir de la década de 1950 y hasta el presente. A lo largo de su evolución, Internet y otras redes han sido impulsadas por gobiernos, investigadores, educadores e individuos en general como herramientas para satisfacer un gran número de necesidades de la población.***

La combinación de políticas estatales e improvisaciones de base (a escala local) ha dado lugar a beneficios sociales que incluyen el acceso generalizado a ordenadores y a información, una

---

<sup>12</sup> Enciclopedia del usuario en línea. Addison-Wesley, (1993)

colaboración más estrecha entre científicos, crecimiento económico, formación de comunidades virtuales y una mayor capacidad para mantener lazos sociales a larga distancia; también a la democratización de los contenidos creativos y al activismo político y social en línea.

El rápido crecimiento de Internet también ha generado crisis técnicas, tales como la congestión y la escasez de dominios, así como dilemas sociales, incluidas actividades ilegales o malintencionadas, y continuas discriminaciones digitales basadas en diferencias de ingresos, procedencia, edad, sexo y educación. Estos problemas siguen requiriendo soluciones creativas por parte de científicos, legisladores y ciudadanos.

Del desarrollo técnico de Internet hay varios aspectos a destacar. En primer lugar, desde 1950 hasta el presente se ha producido un aumento continuado en el volumen de las redes de datos y en la variedad de servicios que éstas ofrecen. El rápido crecimiento y la diversidad han obligado a los diseñadores de redes a superar incompatibilidades entre sistemas y componentes informáticos, a gestionar el tráfico de datos para prevenir la congestión y el caos y a llegar a acuerdos internacionales sobre estándares técnicos.

Estos desafíos anteriormente mencionados han cristalizado en logros fundamentales en áreas de investigación tales como sistemas operativos y la teoría de colas (modelo matemático para el estudio de fenómenos de espera). Una segunda tendencia ha sido el diseño de funciones de las redes en forma de capas de enlace, cada una de las cuales se comporta según un protocolo estándar (una serie de normas para interacción implementada en software o en hardware). Este diseño por

capas reduce la complejidad del sistema de redes y minimiza el grado de estandarización necesario para su funcionamiento, lo que facilita que las redes puedan unirse a Internet.

Un tercer e importante rasgo del desarrollo técnico de Internet ha sido un proceso de diseño inusualmente descentralizado y participativo. Ello ha abierto el sistema a innovaciones procedentes de una variedad de fuentes y ha fomentado la colaboración informal desde todas las zonas de planeta. En los siguientes apartados se describen algunos de los hitos principales en la evolución de Internet y sus predecesoras.

*Pruebas de funcionamiento y de aceptación, Cuando se realiza la instalación de un radioenlace digital, las pruebas de funcionamiento<sup>13</sup> que se realizan con el cliente de este, suelen ser acordadas entre ambas partes. Las pruebas están fijadas por el cliente y la empresa instaladora, verifica que lo que se pide en las pruebas se cumpla al momento de la instalación; de no ser así, se abordan nuevas pruebas.*

El personal técnico de instalación normalmente instala el material indicado por el cliente u otro de igual calidad, se asegura que todo cumpliera las normas de seguridad acordadas y realizan las pruebas de funcionamiento que luego se repiten con el cliente.

Estas pruebas consisten básicamente la **Comprobación del material utilizado en la instalación**, consiste en verificar que los cables utilizados, guía ondas, presurizadores para los guías ondas, pasamuros, sistemas de transmisión de alarmas remotos, anclaje de los bastidores al suelo, conexiones de los anillos de tierra, uso de herrajes galvanizados (sobre todo si se instalan en intemperie), etc.

---

<sup>13</sup> TELECOMUNICACIÓN (2021)

Además de lo antes mencionado se verifica igualmente *el etiquetado de todos los equipos y la disponibilidad de planos de instalación y cableado*, para que, de ser necesario subsanar alguna avería, y los técnicos puedan resarcir siguiendo la información de cableado recibida. Por supuesto, de los equipos a instalar se toma el número de serie; de esta manera, cuando se recepciona la instalación por parte del equipo instalador, comience a contar el período de garantía. Además, se evitan así que alguien diera un "cambiazó" al material instalado.

Por otra parte, también se realizan pruebas de funcionamiento de los equipos, a continuación, la tabla 3 con las pruebas de funcionamiento de los equipos a realizar.

**Tabla 03. Pruebas a realizar de funcionamiento de los equipos**

Medida de tensiones	Se mide las tensiones de alimentación suministradas por el equipo en pruebas y que son susceptibles de medición, para ver que cumplen los márgenes de tolerancia.
Medida de conmutaciones	Si hay radiocanal de reserva, se comprueba que conmuta perfectamente y se restablece el servicio transcurrido unos segundos, midiendo el BER.
Medida de niveles de radio	Se miden los niveles de potencia de RF de emisión y de recepción, para asegurar que cumplen los valores de nivel recibido calculados en el proyecto original. Si no lo cumplen, se revisa la instalación de antenas, equipos, etc.
Medida de tasa de error	Se realizan medidas de tasa de error de cada radiocanal, durante al menos un día para cada radiocanal, para comprobar que no hay errores; en caso contrario, se revisa toda la instalación hasta localizar el fallo.

Fuente: TELECOMUNICACIÓN (2021)

Con base en los requerimientos del cliente se puede evidenciar que el turismo también es parte importante del proyecto en desarrollo, por lo cual se indaga en los tipos de turismo,

Sobre todo, en el ecoturismo, en el cual esta basado nuestro cliente a realizarle la instalación,

*El ecoturismo, una forma de turismo de naturaleza, Gracias a nuestra ubicación geográfica,*

*Colombia es conocido por ser uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo*<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> PROCOLOMBIA (2020)

Según el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB), el país cuenta en total con cerca de 56.343 especies registradas; entre ellas 1.921 aves, 26.177 plantas, 803 anfibios, 537 reptiles, 492 mamíferos, 3.435 peces y con 9.153 especies endémicas.

Esta riqueza en flora y fauna, combinada con sus hermosos paisajes y sus variados pisos térmicos, convierte a Colombia en uno de los destinos turísticos más visitados para hacer turismo de naturaleza; y aunque existen distintas clases de turismo de naturaleza, como el turismo de aventura o el rural, el más practicado en Colombia es el **ecoturismo** que, a diferencia de otros tipos de turismo natural, se practica en espacios naturales protegidos.

Según “The International Ecotourism Society (TIES)”, se trata de un “viaje responsable a áreas naturales, conservando el medio ambiente y mejorando el bienestar de la población local”. En otras palabras, cuando participas en un viaje de ecoturismo actúas de manera responsable para minimizar el impacto en el medio ambiente y en la comunidad que habita la zona.

De acuerdo con cifras del UNWTO World Tourism Organization, el ecoturismo es considerado uno de los sectores de mayor crecimiento en el sector turístico, con un 5% de incremento anual y alrededor del 6% del PIB a nivel mundial.

Estas cifras representan una importante oportunidad, ya que el país cuenta actualmente con 59 áreas naturales que forman parte del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia; todos ellos, con un atractivo que los hace únicos para vivir experiencias turísticas inolvidables.

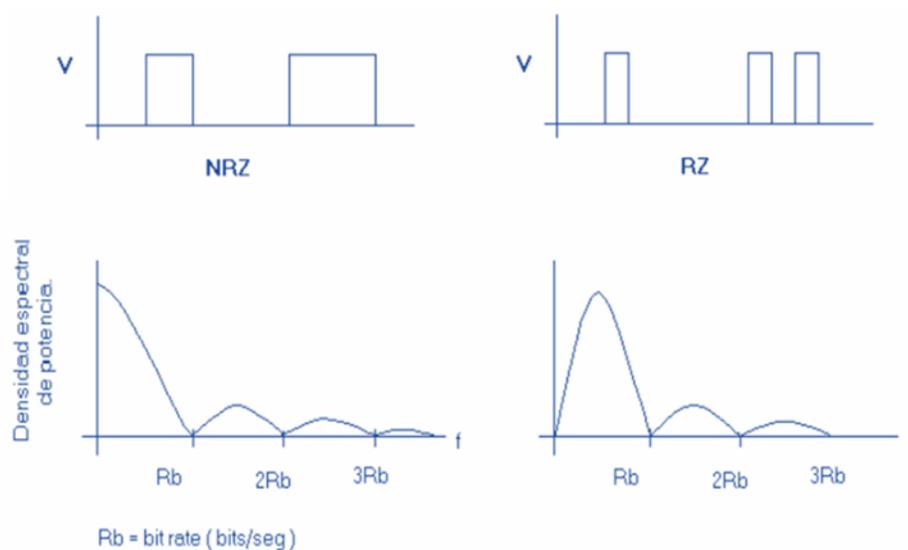
Una vez hablado de uno de nuestros puntos principales del proyecto para destacarnos como parte diferencial en pro de la naturaleza y el cuidado del medio ambiente, también se debe tener

en cuenta un factor importante el cual es la **Modulación digital**, los cuales contienen dos ingredientes esenciales como La señal portadora y la señal modulada son analógicas como las señales AM y FM. La modulación digital se divide dos clases: -PSK ( Phase shift keying ) Codificación por cambio de fase. -QAM( Quadrature amplitude modulation ) En este caso se cambia la amplitud y fase de la portadora según la modulación/señal digital que representa los datos.

Algunas de las ventajas que posee esta modulación digital como -Inmunidad frente al ruido. -Fácil de multiplicar. -Codificado, encriptación. -Modulación-Demodulación con DSPs. - Formas de onda. Un pulso rectangular contiene muchos armónicos y ocupa un ancho de banda. Este ancho de banda debe de limitarse antes de enviar el pulso para aprovechar el ancho de banda del sistema. Si un pulso rectangular se pasa por un filtro limita-banda, a la salida se habrá “desparramado” la ñal (en el dominio del tiempo) esto puede generar “interferencia intersimbolo” (ISI).

A mayor limitación en frecuencia más pronunciado es el “spreading”; a continuación, la figura 04 y 05 del enlace inalámbrico multipunto a multipunto.

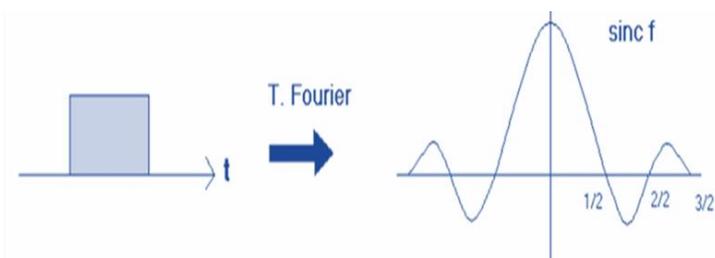
**Figura 04 enlace inalámbrico multipunto a multipunto**



Fuente: Sistema de telecomunicación (2018)

Los pulsos digitales son filtrados antes de entrar al modulador para reducir el ancho de banda de la señal modulada, esto hace que dejen de ser rectángulos. Se busca un compromiso entre Ancho de banda  $\leftrightarrow$  ISI El filtro más usado es el Coseno cuadrado (“Raised-cosine”) junto con el Gaussiano.

**Figura 05 enlace inalámbrico multipunto a multipunto**



Fuente: Sistema de telecomunicación (2018)

A manera internacional se puede analizar en estado del Arte que se desarrolló en Cusco, Perú, en la Universidad andina del Cusco, la investigadora Peña Patricia (2017), dicha

investigación es titulada “propuesta del sistema de comunicación de radioenlaces para el sistema de referencia y contra referencia de pacientes en situación de emergencia entre los establecimientos de salud de Quico y Ocongate, el objetivo de esta investigación era proponer un sistema de comunicación por medio de radioenlaces para la transferencia de información del sistema de referencia y contra referencia de pacientes en situación de emergencia entre el Puesto de Salud de Quico y el Centro de Salud de Ocongate.

Dentro de los resultados se logró que el sistema de red de telemedicina presentado es un proyecto que no implicará un costo demasiado alto en comparación con otras alternativas de redes de telemedicina aplicadas en otros países y esto permite brindar un servicio de calidad y a bajo costo que es lo que se busca en proyectos avocados al lado social más que orientado al negocio. También se realizarán diseños de redes VoIP, videoconferencia, equipos de telemedicina y de LAN dentro del establecimiento, todas estas redes son fáciles de implementar y con nuestro sistema de radioenlace IP se cubre todo el ancho de banda necesario para que estas redes funcionen adecuadamente con una alta eficiencia como ha sido demostrado en otros proyectos.”<sup>15</sup>

En Popayán, en la Universidad del Cauca, Naranjo Sebastián (2019), desarrollo una tesis titulada “implementación de una red por radioenlaces para proveer servicio de conectividad a internet a sedes educativas urbanas en la ciudad de Buga, el objetivo enmarcado fue implementar un sistema de radioenlaces para brindar conexión a internet a 13 Sedes Educativas, ubicadas en el casco urbano del municipio de Buga (Valle del Cauca).

---

<sup>15</sup> Peña Patricia (2017)

Los cuales produjeron los siguientes resultados, el uso de las herramientas software empleadas en la presente práctica profesional permitió ahorrar tiempo, al mismo tiempo que los equipos permitieron dar solución a una necesidad básica como es la conexión de internet a las Sedes Educativas, cumpliendo con las Normas establecidas por la ITU (Unión internacional de telecomunicaciones) y para contribuir al mejoramiento de las actividades educativas.

Las antenas Mimosas son apropiadas para transmitir y recibir señal a largas distancias, es decir, entre 15 km y 30 km, gracias a la alta potencia del radio. Los equipos Ubiquiti TM funcionan muy bien en distancias cortas, es decir, entre 2 km y 10 km, demostrando buen desempeño por su relación costo beneficio. La conexión inalámbrica a partir del protocolo 802.11c, es un medio práctico para la implementación de conexión inalámbricas a través de WiFi, ya que puede ser adaptada a los diferentes entornos ambientales, geográficos y electromagnéticos. Por ende, esta tecnología ofrece grandes posibilidades para llevar señal”<sup>16</sup>

En la ciudad de Bogotá, bajo las directrices de la Universidad piloto de Colombia, los autores Novoa Luis y Carreño Álvaro (2018), titulan su tesis “diseño de radio enlace de comunicaciones desde el municipio de el Cocuy a las instituciones educativas rurales La playa, Tobalito, El cardón, Carrizalito e Isleta, la cual tiene por objetivo, diseñar un sistema de radio enlace de comunicaciones que ofrezca una solución de conectividad de internet en las instituciones educativas rurales de: Carrizalito, Isleta, La playa, Tobalito y Colegio El Cardón en el municipio de El Cocuy, Departamento de Boyacá.

---

<sup>16</sup> Naranjo Sebastián (2019)

Como resultado se dio una Confrontación de los cálculos matemáticos elaborados como: distancia entre puntos o nodos, azimut, perdidas por espacio libre, zona de fresnel y nivel de recepción de la señal entre otros, y los datos obtenidos de la herramienta de modelamiento Radio Mobile, se puede garantizar que el diseño del radio enlace cumple con los requisitos técnicos para su normal funcionamiento. En el análisis espectral realizado en cada punto, se optó por elegir la banda de frecuencia de 5 GHz en el diseño de radioenlace, esta, dispone de mayor ancho de banda que la banda de frecuencia de 2,4 GHz y presenta un menor nivel de interferencias.”<sup>17</sup>

### *Capítulo 3*

#### *Análisis de Resultados y Propuesta Ingenieril*

Teniendo en cuenta cada uno de los objetivos que enmarcan este proceso de investigación, los resultados obtenidos se presentaran según el orden de las fases de investigación, esto con la finalidad de dar una organización secuencial a dichos resultados.

Se iniciará con *la fase 1*, en la cual se logró analizar cuáles son los parámetros que se deben guardar para la armonía con el paisaje natural, al momento de implementar la red de radioenlace, una de las cosas que se debían conservar es que el paisaje se debía ver igual, sin interrupciones de cableados, fue así como se logró que el cableado fuera subterránea, también se debía respetar el espacio públicos, este último se tiene en cuenta por la ubicación de la antena, es así como se logró determinar un espacio prudente, que no afectara de ninguna manera los espacios públicos. Como se evidencia en la “*figura A*”, *se respeta la naturaleza y el entorno publico que este conlleva.*

---

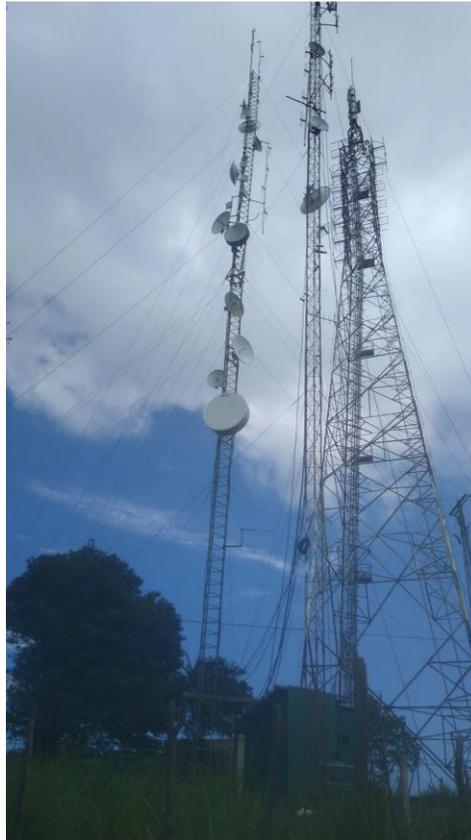
<sup>17</sup> Novoa Luis y Carreño Álvaro (2018)

*Figura A, Vista de direccion de enlace AP Bañaderos (punto A)*



Siguiendo a **la fase 2**, diseñar la estructura de la red de radioenlace, por medio de esta se permitió de forma manual crear un diseño de lo que sería la red, esto con la finalidad de determinar que materiales y las cantidades necesarias para su elaboración, teniendo como objetivo principal la armonía con el paisajismo, es así como la fase 1 y 2 van muy ligadas, puesto que la información de la fase 1 permitió saber cómo sería el diseño de la fase 2. Como se evidencia en la **“figura B”**, sin interrumpir la armonía del paisaje se utilizan antenas, y materiales de calidad para una transmisión óptima del enlace.

*“Figura B” Reconocimiento de antena del (punto A) cerro bañaderos*



Esta fase se desarrollará en pasos, el primer paso será establecer que la red de radioenlace cumpla con la disposición de seis (6) megas, que es la solicitada por el hotel Kantawa.

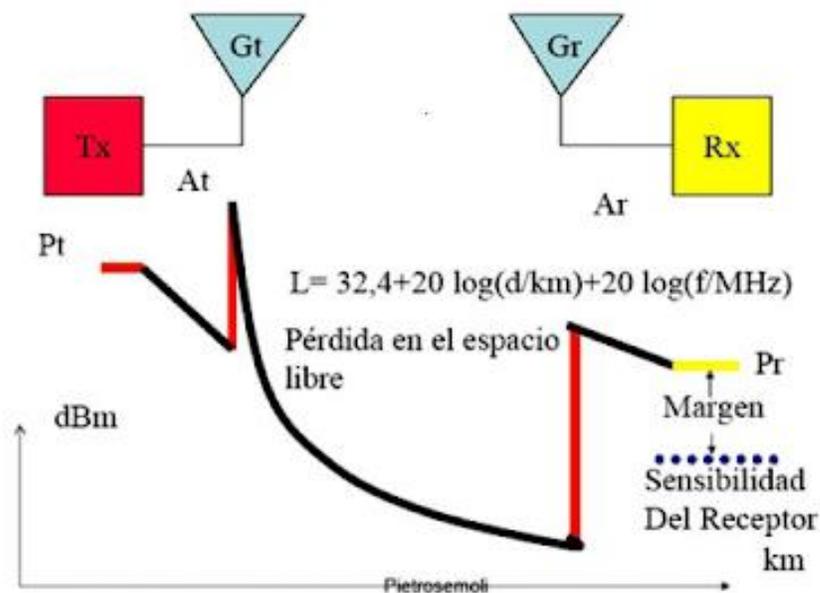
Segundo paso, se ubicará en la tabla MCS, el data rate y su equivalente en t throughput, para satisfacer al hotel Kantawa con los seis (6) megas requeridos; se preselecciona la modulación con la cual se va a trabajar.

Tercer paso, se busca en el datasheet del radio los valores de sensibilidad para la modulación que se preselecciono en el paso anterior (paso 2).

Cuarto paso, se realiza el cálculo del radio enlace y comparar el resultado con la sensibilidad y piso de ruido y así validar si es posible alcanzar la modulación requerida.

La figura del cálculo del radio enlace es el siguiente:

*Figura 06 cálculo del radio enlace*



Nota: lo que se tiene en cuenta en este cálculo es la determinación de la potencia de recepción, la cual se determina la potencia que se va a transmitir menos la atenuación que se tienen en el cable, luego se suma la ganancia que genera la antena, puesto que esta amplifica la señal que se transmite; luego se resta la pérdida que sufre la señal cuando se propaga en el espacio (pérdida de espacio libre), se le suma la ganancia de la antena remota, se resta la pérdida con el cable y finalmente se suma la potencia que se recibe del radio. La potencia debe ser superior a la sensibilidad.

El cálculo es el siguiente:

Según datasheet:  $P_{Tx} = 18 \text{ dBm}$  (MCS 7)

$G_{Tx} \text{ Y } G_{Rx} = 30 \text{ dBi}$

Datos del enlace:  $D = 14 \text{ Km}$  ;  $f = 5,875 \text{ GHz}$

$FSL = 92.4 + 20^{\log_{10}(14)} + 20^{\log_{10}(5,8)} = 130,59 \text{ dB}$

$PRx = 18 + 30 + 30 - 130,59 - 3(\text{Pérdida en línea}) = -55,6 \text{ dBm}$

Piso ruido =  $-98 \text{ dB}$

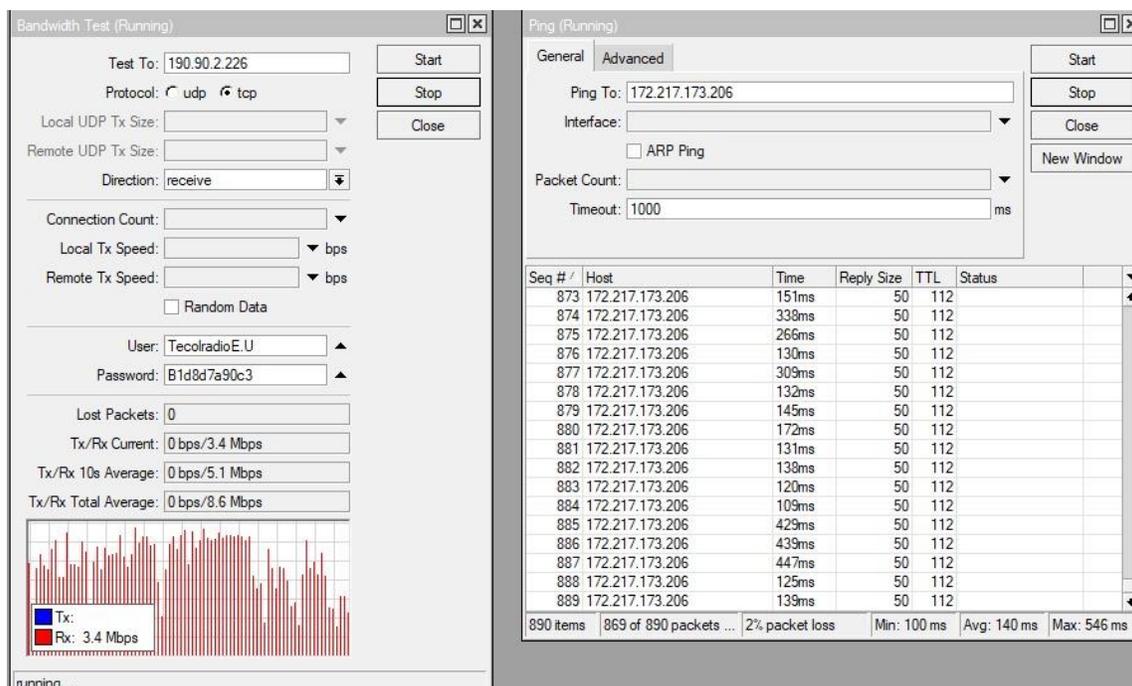
Se identifica que el enlace es factible puesto que según el datasheet la sensibilidad del receptor para MC57 es de -68 dBm y la SNR es de 42,4 dB.

Continuando con la fase 3, construir la estructura de la red de radioenlace, en la cual se toma en cuenta los resultados anteriores, es así como todas las herramientas y utilidades deberían tener las exigencias a ese número de megas, es importante resaltar que según el número de megas requeridos así debe ser estructurada la red.

Pasando a la fase 4; toma de datos, en esta fase es importante tener una toma exacta de los datos de los puntos A y B, para ser más explícitos el punto A, es de donde se toma la señal y el punto B es hasta donde debe llegar la señal para ofrecer el servicio de internet, en este estudio el punto A es el Cerro Bañadero, ubicado en Hato nuevo, La Guajira, y el punto B es el hotel Kantawa; cuando se ha instalado la red en ambos puntos existe una numeración, la cual debe ser extramente copiada para lograr una apropiada conexión y no se presenten fallas posteriormente.

A continuación, como se evidencia en las *“figuras C y D”* se establece la conexión mediante la aplicación Bandwidth test, se realizan las pruebas pertinentes para minimizar los errores y tener el optimo funcionamiento de la transmisión y recepción de la señal

**Figura C, Aplicación Bandwidth Test, se utiliza para verificar el optimo enlace entre ambos puntos de conexión.**



Software utilizado, Bandwidth Test desarrollado y soportado por MikroTik, el cual nos sirve para establecer los niveles de QoS como se muestra en la imagen anterior, se observan los niveles de calidad del enlace

Por ultimo **las fases 5, 6 y 7** son fases de pruebas de funcionamiento a la red de radio enlace para la interconexión de internet, lo primero que se revisó fueron los materiales, se realiza una revisión detallada de cada uno, esto con el fin de certificar que todo esté bien y que en tiempo futuro la red o su estructura no presentaran fallas, luego se verifica la potencia de Tx y Rx, esto con el fin de identificar que el enlace este alineado y como paso final se utilizó la herramienta de Bandwidth, la cual consiste en hacer un test a los equipos, cuando se realizó el test, los resultados fueron satisfactorios puesto que sí se cumplía con la rapidez de seis (6) megas.

**Figura D, Aplicación Bandwidth Test, se utiliza para verificar el óptimo enlace entre ambos puntos de conexión.**

The screenshot displays the Mikrotik WinBox interface with several windows open. The main window shows the configuration and statistics for the 'ether1' interface. The statistics are as follows:

Overall Stats	Rx Stats	Tx Stats	Status	Traffic
Tx/Rx Rate: 652.1 kbps	12.5 Mbps			
Tx/Rx Packet Rate: 831 p/s	1 107 p/s			
FP Tx/Rx Rate: 609.6 kbps	12.1 Mbps			
FP Tx/Rx Packet Rate: 815 p/s	1 078 p/s			
Tx/Rx Bytes: 63.8 GiB	331.8 GiB			
Tx/Rx Packets: 186 771 218	336 828 601			
Tx/Rx Drops: 0	0			
Tx/Rx Errors: 0	0			

Below the statistics are two traffic graphs. The top graph shows Tx at 652.1 kbps and Rx at 12.5 Mbps. The bottom graph shows Tx Packet at 831 p/s and Rx Packet at 1 107 p/s. The interface status is 'running'.

The 'Ping' window is also open, showing a test to 8.8.8.8. The results table is as follows:

Seq #	Host	Time	Reply Size	TTL	Status
46	8.8.8.8	50ms	50	112	
47	8.8.8.8	52ms	50	112	
48	8.8.8.8	39ms	50	112	
49	8.8.8.8	44ms	50	112	
50	8.8.8.8	56ms	50	112	
51	8.8.8.8	57ms	50	112	
52	8.8.8.8	75ms	50	112	
53	8.8.8.8	53ms	50	112	
54	8.8.8.8	72ms	50	112	
55	8.8.8.8	51ms	50	112	
56	8.8.8.8	76ms	50	112	
57	8.8.8.8	57ms	50	112	
58	8.8.8.8	47ms	50	112	
59	8.8.8.8	60ms	50	112	

The 'Bandwidth Test (Running)' window shows the following configuration and results:

- Test To: 190.90.2.226
- Protocol:  udp  tcp
- Local UDP Tx Size: [ ]
- Remote UDP Tx Size: [ ]
- Direction: receive
- Connection Count: [ ]
- Local Tx Speed: [ ] bps
- Remote Tx Speed: [ ] bps
- Random Data
- User: tecolradio
- Password: [ ]
- Lost Packets: 0
- Tx/Rx Current: 0 bps/9.3 Mbps
- Tx/Rx 10s Average: 0 bps/8.4 Mbps
- Tx/Rx Total Average: 0 bps/7.7 Mbps

Con la anterior captura se demuestra haciendo un test de saturación de descarga obteniendo como resultados solo el 5% de pérdida en paquetes transmitidos y recibidos, luego de más de 100 kilómetros de radio enlace desde el router de borde, demostrando así que la instalación funciona de forma óptima, Con base en los requerimientos del usuario.

Se utiliza el software Winbox, Como se evidencia en la **“Figura E”**, es una aplicación que permite la administración de los dispositivos MikroTiK, mediante una interfaz gráfica, para establecer una conexión SSH

**“Figura E”, aplicación Winbox para establecer conexión SSH al dispositivo**

The screenshot displays the WinBox interface for configuring an AP Client and its interface. The AP Client configuration window shows the following details:

- General: 802.1x, Signal
- Last Activity: 0.000 s
- Tx/Rx Signal Strength: -51/-52 dBm
- Tx/Rx Signal Strength Ch0: -55/-54 dBm
- Tx/Rx Signal Strength Ch1: -54/-55 dBm
- Tx/Rx Signal Strength Ch2:
- Tx/Rx Signal Strength Ch3:
- Signal To Noise: 59 dB
- Tx/Rx CCQ: 89/76 %
- P Throughput: 506872 kbps

The Signal Strengths table is as follows:

Rate	Strength	Last Measured
54Mbps	-53	04:35:07.03
6Mbps	-52	00:00:00
9Mbps	-52	2d 03:36:27.88
12Mbps	-51	2d 03:36:28.46
18Mbps	-51	2d 03:36:26.48
48Mbps	-51	04:35:05.96
24Mbps	-49	2d 03:36:25.09
36Mbps	-49	2d 03:36:24.11

The Interface configuration window (wlan1) shows the following details:

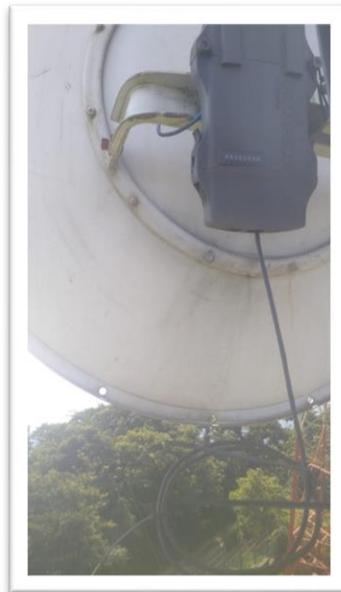
- WDS: Natreme, Tx Power, Current Tx Power, Status, Traffic
- Last Link Down Time: Aug/03/2021 23:57:16
- Last Link Up Time: Aug/03/2021 23:57:22
- Link Downs: 22
- Channel: 5880/20-eCee/ac
- Registered Clients: 1
- Authenticated Clients: 1
- Overall Tx CCQ: 93 %
- Distance:
- Noise Floor: -111 dBm

The interface status at the bottom is: enabled, running, slave, running ap.

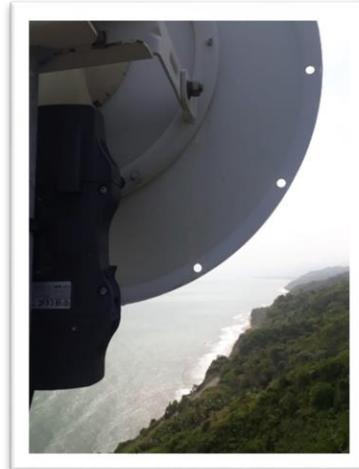
Adjunto a esta captura se puede apreciar los niveles del enlace de 80 kilómetros y su estado actual de funcionamiento. Lo cual es sobre el 93% de efectividad.

Y por último como se observa en las **“figuras F,G y H”** respectivamente, se agrega evidencia de las instalaciones realizadas tanto en el nodo A como en el nodo B como se observan en las **“figuras I, J y K”** respectivamente, inicialmente se evidencia el nodo A y posterior a este el nodo B:

*“Figura F, G y H”* respectivamente, Nodo A ubicado en el Cerro Muchachitos



*“Figuras I, J y K”* respectivamente, Nodo B ubicado en Palomino



### *Equipos que se utilizan*

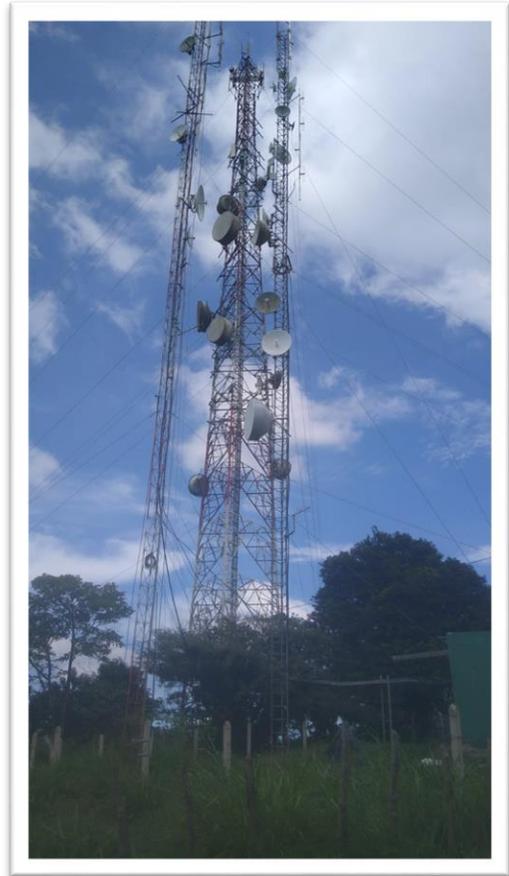
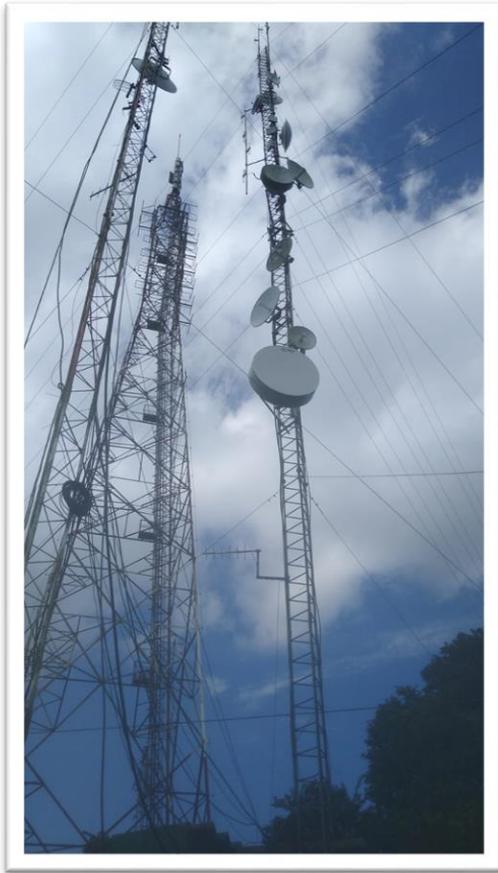
**Primer paso** máscara de transmisión, comprobar si el espectro de emisión de los equipos RouterBOARD RB911-5H se adecua correctamente al estándar (UIT-R M.1450-5).

**Segundo paso** throughput, comprobar que si se enlaza el valor de sensibilidad para una modulación MCS7 en una placa RB911-5Hn, el enlace pasa a la modulación inferior disponible.

**Tercer paso** configuración de radio A y radio B como se evidencia en las “*figuras L y M*” respectivamente como radio A y como radio ve se evidencia en las “*figuras N y O*”, para que solo trabajen bajo el estándar 802.11n en un canal de 20 MHz frecuencia central de 5180 MHz.

“*Figuras L y M*” respectivamente, se evidencia la configuración de las antenas bajo el estándar

802.11n



“*Figuras N y O*” respectivamente, se evidencia la configuración de las antenas bajo el estándar 802.11n



## ***Capítulo 4***

### ***Conclusiones***

Para finalizar esta investigación se concluirá demostrando los logros obtenidos mediante el cumplimiento de los objetivos, primeramente se consiguió el diseño de la red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino) guardando la armonía con el paisaje natural, por medio de los

requerimientos que se exigen al momento de guardar el paisajismo, los cableados fueron de manera subterráneas, para cumplir con este requerimiento.

Siguiendo el proceso, se logró conjuntamente la implementación de la red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino), teniendo en cuenta las necesidades que el hotel dispuso al inicio, que eran una rapidez de seis (6) megas.

Por último, se realizó la prueba de funcionamiento a la red de radio enlace para la interconexión de internet del Hotel Kantawa ubicado en el corredor ecoturístico Tayrona (tramo Santa Marta- Palomino), ésta se hizo con la prueba de Bandwidth, arrojando resultados satisfactorios, de esta manera es como se obtuvo tener conexión a internet con una velocidad rápida.

Se evidencia que solo el 5% es pérdida en paquetes transmitidos y recibidos, luego de más de 100 kilómetros de radio enlace desde el router de borde, demostrando así que la instalación funciona de forma óptima, Con base en los requerimientos del usuario. estado actual de funcionamiento. Además se puede apreciar que el enlace es sobre el 93% de efectividad.

En esta parte es importante manifestar que, así como el hotel Kantawa logró tener la conexión, otros hoteles, entidades o instituciones educativas, pueden tener internet, de una manera estable, sin interrupciones.

Teniendo estos resultados se puede decir a manera general que la red de radioenlace, es una salida para tener accesibilidad de internet tanto en la zona urbana como rural; al cumplir cada uno de los objetivos asignados al inicio de esta investigación, resulta satisfactorio mencionar además, que al interior del Hotel Kantawa, sus mejoras con respecto al servicio han sido progresivas, puesto que sus huéspedes pueden lograr una conexión a internet, lo cual ha sido algo

requerido por todos los que visitan este hotel, también han logrado expandirse aún más por medio de páginas web y redes sociales, a tal punto que esto ha generado un aumento de sus clientes, el aumento de clientes dio una alza en la economía del hotel.

Es pertinente manifestar que el hotel es publicado por sus huéspedes en tiempo real, mediante grabaciones del lugar en vivo, esta era una actividad que anteriormente no se podría realizar por la falta del servicio de internet.

## *Capítulo 5*

### *Recomendaciones*

Conociendo las metas logradas con esta red se les recomienda a:

- \* Los gobernantes del departamento del Magdalena utilizar la red de radioenlace como salida para brindar servicio de internet a las zonas rurales donde se incluyan los entes educativos y los habitantes de su entorno, esto con la finalidad de lograr una cobertura más amplia de internet y ayude a los habitantes a desarrollar más fácil y mejor sus labores (estudiar, trabajar, entre otras).
- \* A los dueños de hoteles u otros servicios que se ofrezcan desde zona rural, unir los productos que brindan con la tecnología (por medio de la red de radioenlace), de esta forma se darán a conocer rápidamente y en llegarán a lugares nacionales e internacionales.

- \* Al departamento del Atlántico que se les dé la oportunidad a los investigadores novedosos de tener patrocinadores en sus investigaciones, esto para permitir la continuidad de estudios resaltantes y de gran importancia para el progreso departamental.
- \* A la universidad Autónoma del Caribe, que motive y ayude a los investigadores novedosos en sus procesos investigativos, puesto que muchos por falta de apoyo no logran dar continuidad hasta el final con algunas investigaciones.
- \* A nuevos investigadores, que innoven y les den mayor avance a las redes de radioenlace, por medio de creaciones nuevas o mejorando la ya existente.

### ***Bibliografía***

- Asociación agraria de jóvenes agricultores (207), la vanguardia, recuperado de <https://www.lavanguardia.com/vida/2070622/423603725653/asaja-exige-a-la-junta-que-se-facilite-el-acceso-a-internet-en-el-medio-rural.html>
- Chacón Mateo (2020), el tiempo recuperado de <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/solo-el-7-de-los-estudiantes-rurales-tiene-internet-y-computador-495684>
- Enciclopedia del usuario en línea. Addison-Wesley, (1993) cómo surgió Internet». En B. Aboba Friendly Hacker (2008), Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. Some Rights Reserved, (pag.29, 33).
- Gómez García., Nueva tecnología para redes WIFI, 2006. Recuperado de: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/11136/Nueva%20tecnolog%C3%ADa%20para%20redes%20inal%C3%A1mbricas%20Wifi.pdf>

? sequence=1

Hernández, Fernández y Baptista (2014), Metodología de la investigación, sexta edición, México, D. F.

Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA 2020), sembrando hoy la agricultura del futuro, recuperado de <https://iica.int/es/prensa/noticias/al-menos-77-millones-de-personas-sin-acceso-internet-de-calidad-en-areas-rurales-de>

Keyhole (2015) empresa pionera en el desarrollo de software especializado en aplicaciones de visualización de datos geoespaciales, herramientas para la simulación de radioenlace.

Naranjo Sebastián (2019), implementación de una red por radioenlaces para proveer servicio de conectividad a internet a sedes educativas urbanas en la ciudad de Buga, Popayán, (pág. 86)

Novoa Luis y Carreño Álvaro (2018), diseño de radio enlace de comunicaciones desde el municipio de el Cocuy a las instituciones educativas rurales La playa, Tobalito, El cardón, Carrizalito e Isleta, Bogota, Colombia, (pág. 19, 137)

Peña Patricia (2017), Propuesta del sistema de comunicación de radioenlaces para el sistema de referencia y contra referencia de pacientes en situación de emergencia entre los establecimientos de salud de Quico y Ocongate, Perú, (pág. 29, 67)

PROCOLOMBIA (2020), Turismo de naturaleza y Ecoturismo: ¿Cuál es la diferencia?, recuperado de <https://colombia.travel/es/blog/turismo-de-naturaleza-y-ecoturismo-cual-es-la-diferencia>

RADIO & ENGINEERING COMPANY SL. (2017) Radio enlace – ¿qué es un radioenlace? Recuperado de <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>>

TELECOMUNICACIÓ (2021), Pruebas de instalación y aceptación de radioenlaces digitales, EducaMadrid Consejería de Educación y Juventud, recuperado de <https://www.educa2.madrid.org/web/antonio.melgarejo/pruebas-de-funcionamiento-de-radioenlaces-digitales>