



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO FASE I

**ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE UN ENLACE DE CONECTIVIDAD A INTERNET EN LA
MAJADA, EL NEGRITO, YORO**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

21211160

JONATHAN JAIR BONILLA SORTO

ASESOR: ANA CRISTINA REYES

CAMPUS: SAN PEDRO SULA; ABRIL, 2020

DEDICATORIA

Este Trabajo se lo dedico a mi Familia ya que a lo largo de mi carrera profesional me enseñaron valores, Respeto por el Trabajo y Confianza, agradecerle a mis hermanos por tenerlos como ejemplos, Pero sobre todo agradecerle a mis Padres, ya que sin ellos este logro jamás lo hubiese obtenido.

Muchas gracias Padres.

~Jonathan Jair Bonilla Sorto

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mis padres ya que gracias a ellos obtuve la formación y el carácter que necesite en los momentos más difíciles en toda mi etapa estudiantil.

Gracias a todos mis formadores por brindarme sus consejos y total apoyo para poder culminar una de las etapas más importantes en mi vida.

~Jonathan Jair Bonilla Sorto

EPÍGRAFE

Cuando tengas que elegir entre dos caminos, Pregúntate cuál de ellos tiene corazón. Quien elige el camino del corazón, no se equivoca nunca.

~Popol-Vuh

RESUMEN EJECUTIVO

Uno de los mayores retos de las telecomunicaciones en Honduras es cubrir con las necesidades del usuario ya sea de internet o de cobertura móvil, en esta investigación se analizará el problema de las conexiones de internet entre el área rural y el área urbana. El presente trabajo de investigación enfoca temas de mucha importancia en las telecomunicaciones, especialmente en la conectividad sobre las zonas rurales de un país, de enlaces de internet a través de diversos medios y tecnologías de transmisión. Se evaluó un caso en concreto, el cual es una zona rural de nuestro país, conocida como la Majada en el Negrito, Yoro. En esta aldea, los no cuenta con servicio de conexión a internet de buena calidad. Por lo tanto, en el presente proyecto, se busca diseñar un enlace de conectividad a internet con el mejor rendimiento y mayor eficiencia posible para la aldea la Majada, el Negrito, Yoro. Para este se siguió una metodología con un enfoque mixto, el cual consiste en cuatro pasos principales para obtener los resultados requeridos. Se diseñó un enlace de microonda con dos nodos principales, uno ubicado en el Negrito, Yoro, y el otro ubicado en la aldea de la Majada. Se utilizó la modulación digital QPSK MIMO, la cual permite una velocidad máxima de transmisión de 24.32 Mbps tanto de subida como bajada, siendo una red simétrica, con un ancho de banda de 20 MHz. Para los nodos principales se utilizó la antena conocida comercialmente como airFiber 5xHD, para la radiación de la señal sobre la población total de la aldea de la majada, se utilizó tres antenas sectoriales Rocket Prism 5AC Gen 2 y para la recepción de la señal en las viviendas, se utilizó la antena LiteBeam AC Gen 2.

Palabras Claves: modelo de conexión rural, internet urbano rural, internet para todos.

ABSTRACT

One of the biggest challenges of telecommunications in Honduras is meeting the needs of the user, be it the internet or mobile coverage. In this research, the problem of internet connections between rural and urban areas will be analyzed. This research work focused on topics of great importance in telecommunications, especially connectivity in rural areas of a country, Internet links through various media and transmission technologies. A specific case was evaluated, which is a rural area of our country, known as La Majada en el Negrito, Yoro. In this village, they do not have a good quality internet connection service. Therefore, in this project, look for the Internet connectivity link with the best performance and highest possible efficiency for the village of La Majada, El Negrito, Yoro. For this, a methodology with a mixed approach is followed, which consists of four main steps to obtain the required results. A microwave link with two main nodes was designed, one located in El Negrito, Yoro, and the other located in the village of La Majada. The QPSK MIMO digital modulation was considered, which allows a maximum transmission speed of 24.32 Mbps both up and down, being a symmetrical red, with a bandwidth of 20 MHz. For the main nodes, the antenna known commercially as airFiber 5xHD, for the signal radiation over the total population of the village of la majada, three sector antennas will be considered Rocket Prism 5AC Gen 2 and for the reception of the signal in the homes, the LiteBeam AC Gen 2 antenna was used.

Keywords: rural connection model, rural urban internet, internet for all.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA	2
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
2.3 JUSTIFICACIÓN	3
2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
2.5 OBJETIVOS	4
2.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	5
3.2 SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.....	7
3.3 RADIOCOMUNICACIÓN.....	9
3.3.1 PROPAGACIÓN DE ONDAS DE RADIO.....	9
3.3.2 RECEPTOR.....	11
3.2.2.1 PARÁMETROS DEL RECEPTOR.....	13
3.3.3 TRANSMISOR.....	14
3.3.3.1 PARTES PRINCIPALES.....	15
3.4 MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN DE UNA SEÑAL	16
3.4.1 MODULACIÓN QPSK	18
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA.....	20
4.1 ENFOQUE.....	20

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	20
4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE	21
4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	22
4.2.2.1 MARGEN DEL ENLACE	22
4.2.2.2 POTENCIA DEL TRANSMISOR	22
4.2.2.3 SENSIBILIDAD	22
4.2.2.4 GANANCIA.....	22
4.2.2.5 PÉRDIDAS	23
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	23
4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	23
4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO	23
4.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	24
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	26
5.1 DESCRIPCIÓN ACTUAL	26
5.2 DISEÑO DEL ENLACE	26
5.2.1 LINEA DE VISTA.....	27
5.3 SELECCIÓN DE EQUIPO	33
5.3.1 ANTENAS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN LOS NODOS PRINCIPALES	33
5.3.2 ANTENAS DE RADIACIÓN	38
5.3.3 ANTENA DE RECEPCIÓN EN LA VIVIENDA.....	43
5.4 DISEÑO FINAL DEL SISTEMA.....	45
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	47
6.1 CONCLUSIÓN GENERAL.....	47

6.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	47
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-La Mojada, El Negrito, Yoro.....	3
Ilustración 2-Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones.....	8
Ilustración 3-Diagrama de bloques del receptor.....	12
Ilustración 4-Diagrama de bloques de un receptor homodino.....	12
Ilustración 5-Diagrama de bloques de un receptor heterodino.....	13
Ilustración 6-Diagrama de bloques de un transmisor AM.....	15
Ilustración 7-Diagrama de constelación para QPSK con código Gray.....	19
Ilustración 8-Variables de investigación.....	21
Ilustración 9-Metodología de estudio.....	24
Ilustración 10-Distancia del enlace.....	27
Ilustración 11-Prueba 1 línea de vista.....	28
Ilustración 12-Prueba 2 línea de vista.....	29
Ilustración 13-Prueba 3 cambio de frecuencia.....	30
Ilustración 14-Especificaciones del enlace.....	30
Ilustración 15-Prueba 3 cambio de ubicación.....	31
Ilustración 16-Prueba 4 cambio de altura de torres.....	32
Ilustración 17-Ubicación de las torres.....	32
Ilustración 18-AirFiber5xHD.....	33
Ilustración 19-AirFiber5xHD.....	36
Ilustración 20-Rocket Prism 5AC Gen 2.....	39
Ilustración 21-Antenas compatibles con Rocket Prism 5AC Gen 2.....	41
Ilustración 22-Antena de radiación 1.....	42

Ilustración 23-Antena de radiación 2	42
Ilustración 24-Antena de radiación 3	43
Ilustración 25-LBE-5AC-Gen2.....	43
Ilustración 26-Diseño del sistema de conectividad final.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-Designacions de banda	8
Tabla 2-Cronograma de actividades.....	25
Tabla 3-Características del airFiber5XHD.....	34
Tabla 4-Sensibilidad del airFiber5XHD	35
Tabla 5-Antenas compatibles con airFiber5XHD	36
Tabla 6-Capacidad TDD en Mbps.....	37
Tabla 7-Características de Rocket Prism 5AC Gen 2.....	40
Tabla 8-Especificaciones de la potencia de transmisión.....	40
Tabla 9-Características del LBE-5AC-Gen2.....	44
Tabla 10-Especificaciones de la potencia de recepción	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1-Entrevista.....	53
-------------------------	----

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

BPSK	Binary Phase Shift Keying
CONATEL	Comisión Nacional de Telecomunicaciones
CDMA	<i>Code División Multiple Access</i> (Multiplexación por División de Código)
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i> (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
IP	<i>Internet Protocol</i> (Protocolo de Internet)
MIMO	<i>Multiple Input-Multiple Output</i>
PSK	Phase Shift Keying
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
UIT	Unión Internacional de las Telecomunicaciones

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La expansión tecnológica de las telecomunicaciones a nivel mundial se ha acelerado en los años recientes, dando así una mayor cobertura de internet en las zonas urbanas, sin embargo en las zonas rurales esto no sucede, Las telecomunicaciones e Internet son claves en el siglo XXI para asuntos de diferente índole y tan importantes como los relacionados con la sanidad, llamadas de urgencia o trámites, o con la educación, e incluso para la vida diaria para solventar reclamaciones o pagos de impuestos. Las dificultades de acceso a Internet han afectado a todos los niveles de la población rural que repercuten como posible lugar de oportunidades laborales.

En base a lo anterior se busca diseñar una propuesta que permita dar conectividad a una zona rural (La Majada, El Negrito Yoro), evaluando las diferentes tecnologías que permiten tener una conectividad estable, ubicando puntos de accesos(Nodos) estratégicos para mantener una calidad de conexión.

Generando nuevas oportunidades laborales en el sector agro industrial abriendo brecha a nuevas oportunidades de negocio y dando un servicio a la comunidad como lo es la transferencia de datos y lo más importante la conexión a internet desde cualquier punto en dicha zona.

Se inició planteando el problema en el capítulo II generando así soluciones para definir la mejor tecnología que nos permita dar conectividad a dichas zonas. Se establecerán objetivos generales y objetivos específicos para reconocer cual será la tecnología más factible a utilizar.

Se expondrá el mejor método de conectividad utilizando tecnología de punta para generar un mejor enlace, determinando así sus ventajas y desventajas en cuanto a precios de instalación y mantenimiento vs retorno de efectivo determinando así el mejor método de conectividad.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el capítulo número 2 de planteamiento de problema, se presentara la estructura que tendrá la investigación. Se presentará la información para tener una definición del por qué se debe de conocer más sobre este tema. Se da a conocer sobre los objetivos generales y específicos sobre las distintas tecnologías que se utilizan en redes de comunicación como ser fibra óptica, microondas, cable coaxial, satelital entre otras.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Uno de los mayores retos de las telecomunicaciones en Honduras es cubrir con las necesidades del usuario ya sea de internet o de cobertura móvil, en esta investigación se analizará el problema de las conexiones de internet entre el área rural y el área urbana.

Encontrar conexión a internet en algunas zonas rurales puede convertirse en un auténtico suplicio. La falta de infraestructuras, el difícil acceso y los costes de conexión son las causas por las que todavía están las aldeas digitalmente aisladas

Una de estas personas que sufren la Falta de cobertura es Donaldo, quien se desplaza todos los fines de semana a su pequeño pueblo, ubicado en La Majada, El Negrito Yoro. Ya sabe que, en cuanto llegue, el aislamiento será mayor: internet rural todavía no cuenta con cobertura en esta pequeña aldea de apenas 200 habitantes. Ni ADSL ni fibra óptica, Donaldo tiene que recurrir a otras opciones para poder tener una conversación de WhatsApp con los amigos que ha dejado en la ciudad.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El operar enlaces de internet es un gran negocio en el que circula una gran cantidad de dinero, Las empresas buscan obtener grandes ganancias sacando el máximo provecho a los servicios de banda ancha que estos poseen. Finalmente, la adopción de banda ancha tiene un impacto positivo en el crecimiento económico.

Sin embargo, el acceso a internet en las zonas rurales no es muy lucrativo para las empresas, por lo tanto se olvida una de las partes más lucrativas del mercado como lo es la zona rurales, como es el caso de la aldea la Majada en el Negrito, Yoro.

Debido a esta, la aldea de la Majada es una de las tantas aldeas que no cuenta con algún tipo de conectividad a internet a nivel nacional. Esto causa que esta y muchas aldeas se encuentren aisladas completamente de las otras ciudades.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Los diferentes propietarios de fincas, ranchos y terrenos en sectores rurales se han visto afectados por la falta de conexiones inalámbricas e incluso de cobertura celular. Las empresas residentes en esas comunidades rurales no pueden evolucionar en cuanto al cumplimiento de procesos en el tiempo establecido o en cumplimiento de metas estándares para mantenerse a la par de la competencia ubicadas en otros puntos donde si se cuenta con enlaces de datos y cobertura móvil. Viéndose así, obligados a obtener una conexión inalámbrica urbana rural para poder generar mayor eficiencia en cuanto a la automatización y control de los diferentes mecanismos lot empleados en las propiedades, generando así un mejor rendimiento de las instalaciones agro industriales que se deseen instalar.



Ilustración 1-La Mojada, El Negrito, Yoro

Fuente: Elaboración Propia

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Cuál es la situación actual sobre la conectividad a internet de la aldea la Majada en el Negrito, Yoro?
- 2) ¿Qué tecnologías se podrían utilizar para el diseño del enlace de conectividad?
- 3) ¿Cómo afecta el medio de transmisión al rendimiento y eficiencia del enlace?

2.5 OBJETIVOS

En los objetivos se tratarán de definir el fin primordial del proyecto y la manera en cómo se responderán a las preguntas de investigación que se han planteado con anterioridad. Los objetivos son muy importantes ya que en la parte de resultados y análisis se tratarán de resolver y se dará la respuesta a los objetivos en las conclusiones.

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un enlace de conectividad a internet con el mejor rendimiento y mayor eficiencia posible para la aldea la Majada, el Negrito, Yoro.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar la situación actual sobre enlaces de conectividad a internet por parte de las empresas de telecomunicaciones para la aldea de la Majada en el Negrito, Yoro.
- 2) Evaluar las diversas tecnologías existentes en la actualidad para el diseño de un enlace, en la aldea de la Majada, en el Negrito, Yoro.
- 3) Definir el rendimiento y efectividad del enlace según el medio de transmisión utilizado.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

En el capítulo II se analizó sobre la problemática y una parte esencial de lo que trata esta investigación, en el capítulo III se dará a conocer más a fondo la parte teórica y aplicada de la conectividad en áreas rurales, también considerando que existe conectividad en distintas áreas como ser las rurales.

3.1 SITUACIÓN ACTUAL

El acceso a Internet ha avanzado de forma progresiva en Honduras desde principios de los años 1990, utilizando cables submarinos y conexiones satelitales. Decenas de empresas comenzaron a brindar el servicio de Internet desde inicios de la década de 1990 principalmente por medio del módem telefónico, con velocidades de 56 kbps en adelante, a un costo de 25 US \$ por mes de conexión mientras que los minutos de uso del teléfono se pagaba a Hondutel como llamada local. A finales de los años noventa el servicio se expandió y abarató, prestándose por muchos medios de comunicación, por medio de telefonía fija, telefonía móvil, cable o satelital existen en Honduras desde hace más de una década. (LaRochelle & Dobbins-Bucklad, 2015)

El ancho de banda que se brinda en Honduras es de velocidad alrededor de 1MBps por US\$25. En comparación a otros países más desarrollados, como Japón donde 1 Gbps cuesta menos de 50 US \$, Corea del Sur donde la velocidad promedio es 50 Mbps (cada Mbps cuesta 45 centavos US \$ al mes) o Chile donde 1 Mbps cuesta 40 \$ al mes. La velocidad promedio es de 1 Mbps (125 MBps) por un costo de 48 US \$, por lo general en paquetes (todo incluido) que incluyen: Cable para uno o más televisores, telefonía, etc. (LaRochelle & Dobbins-Bucklad, 2015)

Casi un millón de hondureños tienen acceso a Internet, lo que ubica al país como el quinto en la región con mayor cobertura del servicio. De acuerdo a Naciones Unidas, las facilidades que están dando los distintos proveedores de Internet y las compañías telefónicas permitieron que en los últimos 10 años los usuarios de la red en Honduras pasaran de 40,000 en 2001 a 958,500 en 2011. (Alvarenga & López, 2011)

El Instituto Nacional de Estadísticas, INE (2011), en la última Encuesta de Hogares correspondiente a 2010 hace un recuento de las personas que tienen acceso a Internet. Este

informe detalla que de la población total, un promedio de 905,996 personas tienen acceso. La ampliación en el uso de este recurso ha sido bastante equitativa si se toma en cuenta el desglose de quienes lo utilizan por género, edad y posición social.

Según una medición de la brasileña empresa de mercadeo y medición de audiencias Ibope Media, en los últimos tres meses al menos 1.2 millones de hondureños en las principales ciudades se han conectado a Internet. De ellos, 726,696 lo hicieron en la capital, mientras 476,114 entraron a la red en San Pedro Sula. (Alvarenga & López, 2011)

De los cibernautas, 52% son hombres y el restante 48% mujeres; además, 46% pertenecen a la clase media, 30% a la alta, 22% a la clase baja y el 2% a una clase muy baja. Otro aspecto equitativo lo representa la edad de los navegadores: 28% son adultos entre 25 y 39 años, 27% jóvenes entre 18 y 24 años, 25% niños entre 12 y 17 años y el 20% adultos entre 40 y 60 años. (Alvarenga & López, 2011)

Según las estadísticas oficiales de la INE (2010), 409,957 personas usaron Internet al menos una vez al día (45.2%), 381,429 lo hicieron una vez por semana (42.1%), 100,064 lo usaron al menos una vez al mes (11%). Y para ampliar la cobertura, la estatal Hondutel ha enfocado su mirada en el desarrollo del mercado del Internet. "Hondutel recientemente desarrolló una alianza estratégica con LatinCom, que permitirá que hayan disponibles 350,000 puertos, eso hace que podamos atender a lo largo y ancho del país en lo que es el Internet", declaró David Argueta, gerente regional de la empresa.

La Comisión Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL (2017), cuantifica 30 operadores de Internet en el país, el mayor de ellos es Amnet (51.10% de participación), seguido por el grupo Cable Sula (20.95%) y Mayavisión (3.5%). Sobre los lugares desde los que se conectan los sampegranos, según Ibope Media, el 54.01% lo hace desde su casa, el 18.2% usa los cibercafé, un 9.08% lo hace en la casa de otra persona, el 8.49% se conecta en el trabajo y el 2.49% en el centro de estudios. La INE agrega que 46,268 hondureños se conectan desde su teléfono celular. A pesar del auge del Internet en las principales ciudades del país, mucho se podría cuestionar el uso de éste.

Los datos de la empresa especialista en mercadeo y medición de audiencias Ibope Media indican que en la ciudad industrial, el 46.16% de la población usa Internet para revisar su correo electrónico, el 36.88% para enviar mensajes instantáneos y un 30.34% para inversión personal. Sólo el 4.12% son los que usan la red virtual para fines educativos. En cuanto al uso de las redes sociales, las más usadas son Facebook (44.98%) y Hi-5 (24.36%). Sólo el 8.04% tiene un perfil en Twitter. Para el experto en redes sociales, Paul Rodríguez, "los medios sociales cambiaron nuestra forma de comunicarnos. Ahora los encontramos por doquier y para cualquier uso", por lo que sugiere que las empresas se planteen objetivos claros para aprovechar este recurso frente a su público virtual.

3.2 SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

Se dice que los sistemas de comunicación por medio de radio se encuentran compuesto por dos componentes que son el receptor y transmisor, como se muestra en la ilustración 11. Un transmisor es un conjunto de uno o más dispositivos o circuitos electrónicos que convierte la información de la fuente original en una señal que se presta más a su transmisión a través de determinado medio de transmisión. El medio de transmisión transporta las señales desde el transmisor hasta el receptor, y puede ser tan sencillo como un par de conductores de cobre que propaguen las señales en forma de flujo de corriente eléctrica. También se puede convertir la información a ondas electromagnéticas luminosas, propagarlas a través de cables de fibra óptica hechas de vidrio o de plástico, o bien se puede usar el espacio libre para transmitir ondas electromagnéticas de radio, a grandes distancias o sobre terreno donde sea difícil o costoso instalar un cable físico. Un receptor es un conjunto de dispositivos y circuitos electrónicos que acepta del medio de transmisión las señales transmitidas y las reconvierte a su forma original. (Tomasi, 2003)

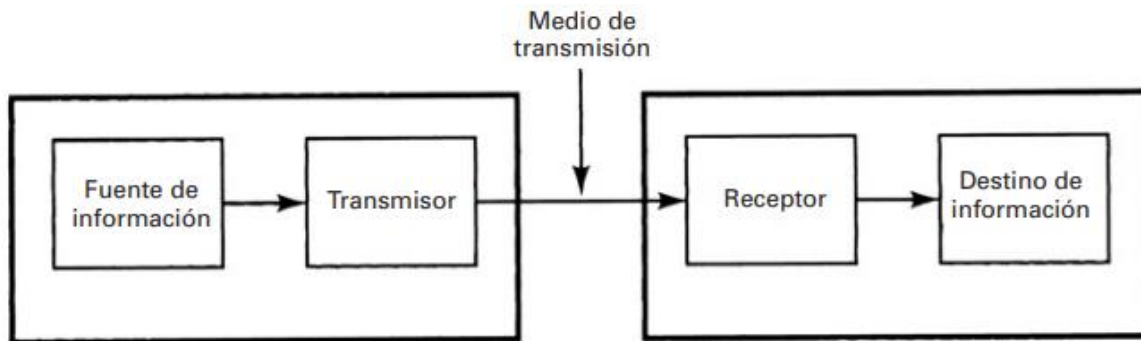


Ilustración 2-Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones

Fuente: (Tomasi, 2003)

La modulación se hace en un transmisor mediante un circuito llamado modulador. Una portadora sobre la que ha actuado una señal de información se llama onda modulada o señal modulada. La demodulación es el proceso inverso a la modulación, y reconvierte a la portadora modulada en la información original (es decir, quita la información de la portadora). La demodulación se hace en un receptor, con un circuito llamado demodulador (Alamouti, 1998). Además, se debe tomar el espectro electromagnético de frecuencias en el cual trabajar como se muestra en la tabla 2.

Tabla 1-Designacions de banda

Número de banda	Intervalo de frecuencias*	Designación
2	30 Hz-300 Hz	ELF (frecuencias extremadamente bajas)
3	0.3 kHz-3 kHz	VF (frecuencias de voz)
4	3 kHz-30 kHz	VLf (frecuencias muy bajas)
5	30 kHz-300 kHz	LF (bajas frecuencias)
6	0.3 MHz-3 MHz	MF (frecuencias intermedias)
7	3 MHz-30 MHz	HF (frecuencias altas)
8	30 MHz-300 MHz	VHF (frecuencias muy altas)
9	300 MHz-3 GHz	UHF (frecuencias ultra altas)
10	3 GHz-30 GHz	SHF (frecuencias super altas)
11	30 GHz-300 GHz	EHF (frecuencias extremadamente altas)
12	0.3 THz-3 THz	Luz infrarroja
13	3 THz-30 THz	Luz infrarroja
14	30 THz-300 THz	Luz infrarroja
15	0.3 PHz-3 PHz	Luz visible
16	3 PHz-30 PHz	Luz ultravioleta
17	30 PHz-300 PHz	Rayos X
18	0.3 EHz-3 EHz	Rayos gamma
19	3 EHz-30 EHz	Rayos cósmicos

Fuente: (Tomasi, 2003)

3.3 RADIOCOMUNICACIÓN

Se considera a la radiocomunicación como una forma de telecomunicación que se realiza a través ya sea de ondas de radio u ondas hertzianas, que conllevan movimientos los cuales se encuentran caracterizados por los movimientos generados por el campo eléctrico de la onda y de igual manera por el campo magnético (Murillo Fuentes, 2007). Con esto, la comunicación que es establecida por medio de un radio se realiza a través del espectro radioeléctrico, el cual posee diferentes propiedades que dependen proporcionalmente según sus bandas de frecuencias.

Los fundamentos teóricos y matemáticos referentes a la propagación de ondas electromagnéticas, fueron mostrados por James Maxwell y Heinrich Hertz, entre los años 1887, además, fueron quienes validaron experimentalmente la teoría de Maxwell. El primer sistema práctico de comunicación que hacía uso de ondas de radio fue el ingeniero Guillermo Marconi, quien realizó la primera emisión trasatlántica radioeléctrica. (Murillo Fuentes, 2007)

3.3.1 PROPAGACIÓN DE ONDAS DE RADIO

Con el fin de lograr una instalación de calidad de una red inalámbrica y además de ubicar los puntos de acceso con el fin de obtener el máximo alcance posible, se debe tener conocimiento sobre los datos respecto a la propagación de las ondas de radio. Las ondas de radio son propagadas en líneas rectas y en varias direcciones al mismo tiempo, además, en vacío, estas ondas llegar a desplazarse a una velocidad hasta de 3,108 m/s. (Feynman, 1999)

La propagación de estas ondas de radio, hace se refiere al comportamiento que poseen las ondas de radio u ondas electromagnéticas cuando se trasladan a través del espacio, ya que estas son transmitidas, recibidas o propagadas de un punto a otro. Goldsmith (2005) menciona que las ondas electromagnéticas se propagan de diferente manera según sus características, en especial según la frecuencia a la que oscila la onda. Cuando la onda electromagnética se encuentra en frecuencias extremadamente bajas (ELF) y en frecuencias muy bajas (VLF), la magnitud de la longitud de onda es considerablemente mayor.

Todo sistema de telecomunicación debe diseñarse para que en el receptor se obtenga una relación señal-ruido mínima que garantice su funcionamiento (Goldsmith, 2005). Los servicios de radiocomunicaciones, radiodifusión, radiolocalización (radar), teledetección y radio ayudas a la navegación tienen en común el empleo de ondas electromagnéticas radiadas como soporte de la transmisión de información entre el transmisor y el receptor. Por lo tanto, Feynman (1999) menciona que se deben tener en cuenta diferentes factores que pueden llegar a debilitar a una onda, alguno de estos factores son los siguientes:

1) Reflexión

Se denomina reflexión de una onda al cambio de dirección que experimenta ésta cuando choca contra una superficie lisa y pulimentada sin cambiar de medio de propagación. Si la reflexión se produce sobre una superficie rugosa, la onda se refleja en todas direcciones y se llama difusión.

2) Refracción

La refracción hace referencia al cambio de dirección y de velocidad que es experimentada por la onda al pasar de un medio a otro con distinto índice refractivo, solamente la refracción es producida en el caso de que la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si estos poseen índices de refracción distintos.

3) Difracción

La difracción es considerado como un fenómeno característico que poseen las ondas, el cual está basado en la desviación de las mismas ondas al momento de encontrar un obstáculo o al atravesar una rendija.

4) Absorción

El fenómeno de la absorción es considerada como la parte de energía incidente, la cual es disipada al momento de esta estar en contacto con un material que afecta a la propagación de una onda. Cuando una onda alcanza una superficie, una gran parte de su energía es reflejada, sin embargo, un porcentaje de esta es absorbida por el nuevo medio, teniendo en cuenta que todos los medios absorben un porcentaje de la onda que está siendo propagada a través del espacio libre.

3.3.2 RECEPTOR

El receptor es considerado una pieza fundamental en una comunicación a través del uso de ondas electromagnéticas. En la actualidad, a pesar de los pasos agigantados que se han dado con respecto en el área de la televisión e internet, las comunicaciones por radio siguen siendo uno de los principales medios de divulgación, por esta y entre otras razones, los receptores de radio aún son el aparato electrodoméstico más difundido a nivel mundial. (Rohde & Bucher, 1988)

Rohde & Bucher (1988) afirman que un receptor es el agente que recibe el mensaje, señal o código emitido por un emisor, transmisor o enunciante; es el destinatario que recibe la información. El receptor realiza un proceso inverso al del emisor, ya que descifra e interpreta los signos utilizados por el emisor, es decir, decodifica el mensaje que recibe del emisor. El emisor y el receptor deben utilizar el mismo código para que la comunicación sea efectiva. El receptor capta la información ya enviada por un emisor. Este receptor trata de comprender el mensaje y probablemente mandar uno nuevo.

Vargas et al. (2007) mencionan que el receptor posee diferentes funciones, de las cuales las principales son las siguientes:

- 1) Amplificar la señal hasta el nivel de entrada al demulador
- 2) Eliminar interferencias y ruido que llegan al sistema receptor
- 3) Demodular la portadora para obtener la señal de banda base

Los receptores poseen un funcionamiento específico, en el cual estos, interceptan una señal u onda electromagnética a través de la antena, seguidamente, la señal es amplificada para obtener una mejor claridad de esta señal con el fin de que pase a por medio del proceso de modulación, donde posteriormente, esta es reproducida con la misma modulación con que fue enviada desde una estación remota, este proceso se detalla de una manera gráfica, como se puede observar en la ilustración 3. Los distintos modelos difieren en la forma como procesan internamente la señal original y en los circuitos empleados para tales efectos. (Qizheng Gu, 2005)



Ilustración 3-Diagrama de bloques del receptor

Fuente: (Qizheng Gu, 2005)

Qizheng Gu (2005) menciona que en la actualidad, existen diferentes tipos de receptores, los cuales se presentan a continuación:

1) Receptores Homodinos

Este tipo de receptores, ver ilustración 7, cuenta con una mayor sencillez en su diseño, además de un bajo costo para su fabricación, sin embargo, presenta algunos inconvenientes, como ser un difícil filtrado en caso de que la radio frecuencia es mayor a 100 dB, además, de que presenta una alta ganancia en los amplificadores de radio frecuencia con posibilidad de oscilación.

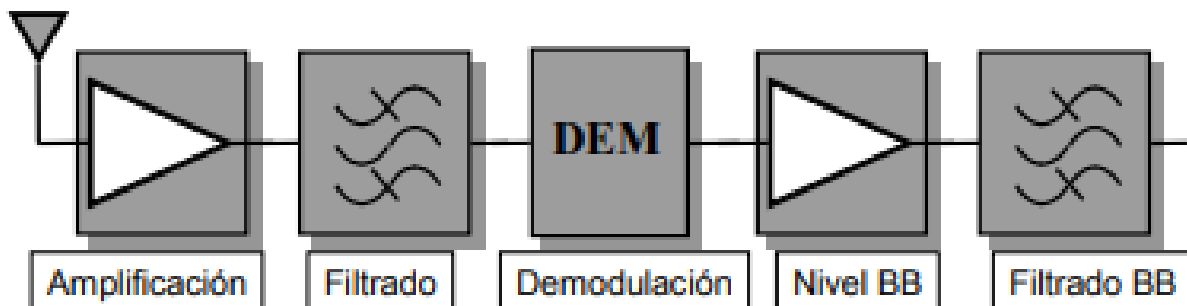


Ilustración 4-Diagrama de bloques de un receptor homodino

Fuente: (Qizheng Gu, 2005)

2) Receptores Heterodinos

Los receptores heterodinos, ver ilustración 5, son un tipo de receptores en los cuales el filtrado se hace sobre una frecuencia más baja y se amplifica en dos etapas de diferentes frecuencia, sin embargo, debido a esto, este tipo de receptor posee una mayor complejidad y mayor costo, otro inconveniente que presente es que se debe eliminar la banda imagen para su mejor procesamiento de recepción del mensaje.

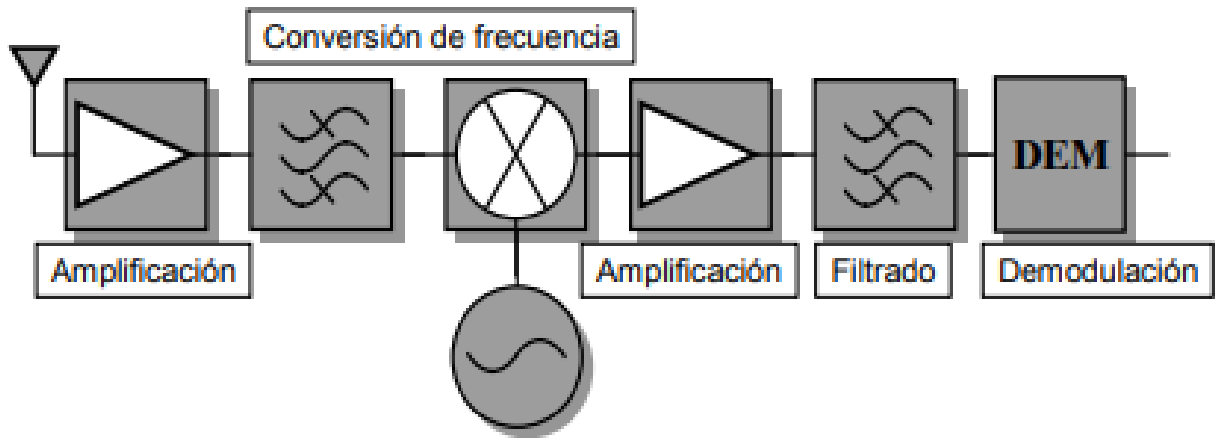


Ilustración 5-Diagrama de bloques de un receptor heterodino

Fuente: (Qizheng Gu, 2005)

3.2.2.1 Parámetros del Receptor

Sierra Pérez et al. (2003) menciona que los receptores poseen diferentes parámetros que se deben tener en cuenta para su aplicación, los cuales son:

1) Sensibilidad

La sensibilidad se refiere a la capacidad de recibir señales débiles, la cual se mide como la tensión en la entrada necesaria con el fin de obtener una relación determinada entre la señal y el ruido de la salida.

2) Selectividad

La selectividad es la capacidad de rechazar las frecuencias indeseadas entrantes, la cual se mide como el cociente de potencias de entrada de las señales de frecuencias indeseadas y de la deseada que generan la misma señal de salida.

3) Fidelidad

La fidelidad es considerada como la capacidad de reproducir las señales de banda base para una distorsión especificada.

4) Margen Dinámico

El margen dinámico es el cociente entre los niveles máximos y mínimos de la potencia que entra al receptor, el cual garantizan el funcionamiento correcto del mismo.

5) Frecuencia de la Portadora

6) Señal de Banda Base

7) Tipo y Profundidad de Modulación

8) Ancho de Banda de Recepción

9) Protección Contra Interferencias

10) Ruido de Recepción

3.3.3 TRANSMISOR

El transmisor es considerado como otro componente fundamental para el buen establecimiento de una comunicación a través del uso de la radiocomunicación, con ondas electromagnéticas. Este es el dispositivo que posee la tarea de irradiar las ondas electromagnéticas, o en otras palabras, transmitir el mensaje, el cual contiene la información que necesita ser comunicada de esta manera. Es el dispositivo de radiocomunicación encargado de convertir las señales originales en otras susceptibles de ser transmitidas por algún medio a un dispositivo receptor, donde vuelven a ser tratadas para obtener nuevamente la señal original. (García Rodrigo & Morales Santiago, 2012)

Haykin (2005) afirma que el transmisor tiene como principales misiones realizar las siguientes acciones:

1) Generar la señal portadora

2) Modular la señal portador con el mensaje

3) Amplificar la señal modulada con el mensaje hasta el nivel deseado

4) Filtrar la señal modulada para irradiarla por medio de la antena

3.3.3.1 Partes Principales

Ramírez Luz (2015) menciona que el transmisor cuenta con diferentes partes principales que hacen que este logre establecer una correcta comunicación con la parte receptora del sistema, estas partes se detallan gráficamente en la ilustración 6.

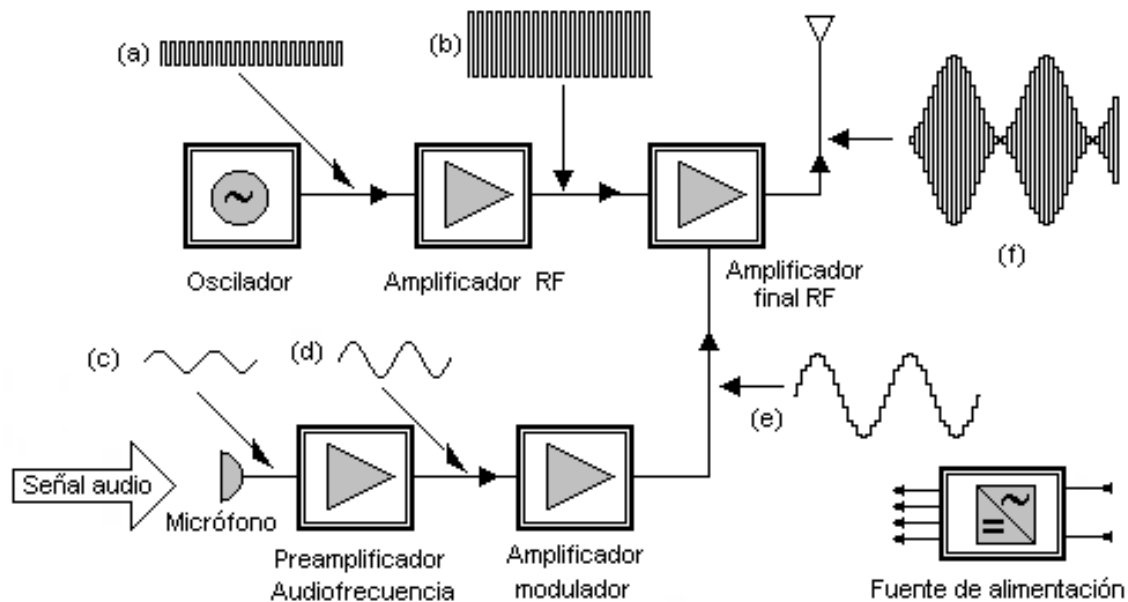


Ilustración 6-Diagrama de bloques de un transmisor AM

Fuente: (Ramírez Luz, 2015)

1) Oscilador

La parte del oscilador, es la encargada de generar las frecuencia a una determinada cantidad de Hertz, comúnmente, este es un oscilador de cristal, solamente con el fin de garantizar la exactitud y pureza de la frecuencia que es generada.

2) Preamplificador de Audiofrecuencia

El preamplificador de audiofrecuencia es básicamente un amplificador de audio de baja potencia con la finalidad de elevar la señal de muy bajo nivel generada, o entrante, podría venir de cualquier fuente de señal de bajo nivel para obtener una señal de nivel superior con que entrar al amplificador modulador.

3) Amplificador Modulador

El amplificador modular es un amplificador encargado de generar una señal la cual modulará a la onda portador, esto se realiza para variar la amplitud de la onda, (en este caso que se toma como referencia un transmisor con modulación por amplitud), de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir.

4) Amplificador de RF

Este amplificador de radiofrecuencia es el encargado de cumplir con dos funciones específicas, la primera es la de elevar el nivel de la portador generada por el oscilador y la otra, es que sirve como amplificador separador, con el fin de asegurar que el oscilador no es afectado por variaciones de tensión o impedancia en las etapas de potencia.

5) Amplificador de Potencia RF

El amplificador de potencia de la radio frecuencia básicamente, produce un aumento de la potencia de la señal, generada con anterioridad, hasta que los niveles requeridos sean alcanzados para ser transmitida por la antena.

3.4 MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN DE UNA SEÑAL

Comúnmente no se propagan señales de información por medio de cableado, ya sea metálico o de fibra óptica, frecuentemente, es necesario modular la información de la fuente, mayormente cuando es una señal analógica. La señal portadora, básicamente, es la señal que transporta de un punto a otro la información a través del sistema. La señal de la información es la que modula a la portadora, esta modulación puede ser al cambiar su amplitud, frecuencia o inclusive hasta la fase de la señal, por lo tanto, se dice que la modulación es el proceso de cambiar una o más propiedades de la portadora proporcionalmente con la señal de la información. (Mendes & Baldini, 2005)

Freeman (2007) menciona que existen dos tipos fundamentales de comunicaciones electrónicas, las cuales son las comunicaciones analógicas y las digitales. Una sistema de comunicación analógico es considerado como aquel sistema en el cual la energía es transmitida y se recibe de

forma analógica, lo que presenta una señal de variación continua con respecto al tiempo, en este tipo de sistemas tanto la portadora como la señal del mensaje, son ondas de señales analógicas, por ejemplo, como ser una onda senoidal. Por el contrario, las comunicaciones digitales, inclusive, abarca una amplia variedad de técnicas de comunicación, donde ya se utilizan señales digitales o básicamente de pulsos.

Las señales de transmisión se transportan entre un transmisor y un receptor a través de alguna forma de medio de transmisión. Sin embargo, casi nunca tienen las señales de información una forma adecuada para su transmisión. En consecuencia, se deben transformar a una forma más adecuada. El proceso de imprimir señales de información de baja frecuencia en una señal portadora de alta frecuencia se llama modulación. La demodulación es el proceso inverso, donde las señales recibidas se regresan a su forma original. (Freeman, 2007)

En la modulación, independientemente esta sea digital o analógica, existe un componente vital para su correcto funcionamiento y transmisión, este componente o elemento es la portadora. La portadora es una onda que puede llegar a ser modificada en alguno de sus parámetros por la señal de información para obtener una señal modulada, además, el uso de esta onda portadora, da solución a diferentes problemas de circuito, antena, propagación y ruido. Por esta razón, una antena práctica debe tener un tamaño aproximado al de la longitud de onda de la onda electromagnética que es transmitida. (Freeman, 2007)

Freeman (2007) considera que uno de los objetivos que se posee en las telecomunicaciones, es el de utilizar una frecuencia portadora como la frecuencia básica de la comunicación, sin embargo, se debe modificar a través del seguimiento de un proceso de modulación para codificar la información dentro de la onda portadora, por lo tanto, se presenta las formas básicas para la modulación de una señal.

1) Amplitud

1.1) Modulación en Amplitud - Doble Banda Lateral con Portadora AM

1.2) Doble Banda Lateral Sin Portadora (DBL-SP)

1.3) Banda Lateral Única (BLU)

2) Angular

2.1)Modulación en Frecuencia (FM)

2.2)Modulación en Fase (PM)

3.4.1 MODULACIÓN QPSK

La modulación por desplazamiento cuadrifásica (QPSK, por sus siglas en inglés) se refiere a una técnica para variar la fase de una onda portadora --una onda de amplitud y de frecuencia fija-- mediante la aplicación de una señal digital, de modo que pueda llevar una señal en las transmisiones de radio o televisión. La fase de una onda portadora es una medida de cuán lejos el movimiento de las ondas ha procedido a través de su ciclo, medido en grados o radianes. En su forma más simple, la modulación digital de fase, o fase de modulación por desplazamiento, cambia la fase de la onda portadora mediante el uso de datos digitales para cambiar entre dos señales de la misma frecuencia, pero de fase opuesta. Sin embargo, el número de desplazamientos no está limitado a solo dos estados y en la modulación QPSK la onda portadora se somete a cuatro cambios de fase, correspondientes a 0, 90, 180 y 270 grados de posición dentro de la forma de onda. (Oetting, 1979)

En PSK, en cada período de tiempo la fase de la onda portadora se puede cambiar solamente una vez mientras que la amplitud se mantiene constante. Sin embargo, en QPSK, cuatro fases -- con cada cambio de fase finita que representa datos digitales únicos-- son posibles por lo que dos dígitos binarios, o "bits" de información, pueden ser transmitidos dentro de cada período de tiempo. En otras palabras, la tasa de cambio de la señal QPSK permite que la onda portadora transmita dos bits de información en lugar de uno y efectivamente duplica el ancho de banda, o capacidad de transmisión, de la onda portadora. (Oetting, 1979)

La modulación QPSK toma bits de entrada, dos a la vez, y crea un símbolo que representa una de las cuatro fases. Sin embargo, el rendimiento de la modulación QPSK se puede mejorar mediante el uso de una técnica conocida como codificación Gray. La codificación Gray asigna cada dos bits de entrada a uno de los cuatro símbolos únicos de tal manera que los pares de bits varían por sólo un único bit de símbolo a símbolo. Si se recibe un símbolo de error,

contendrá sólo un bit erróneo si fue recibido por error a un símbolo adyacente. (Noguchi et al., 1986)

Esta modulación digital es representada en el diagrama de constelación por cuatro puntos equidistantes del origen de coordenadas. Con cuatro fases, QPSK puede codificar dos bits por cada símbolo. La asignación de bits a cada símbolo suele hacerse mediante el código Gray, que consiste en que, entre dos símbolos adyacentes, los símbolos solo se diferencian en 1 bit, con lo que se logra minimizar la tasa de bits erróneos. (Noguchi et al., 1986)

Respecto a un ancho de banda predeterminado, la ventaja de QPSK sobre BPSK está que con el primero se transmite el doble de la velocidad de datos en un ancho de banda determinado en comparación con BPSK, usando la misma tasa de error. Como contraparte, los transmisores y receptores QPSK son más complicados que los de BPSK, aunque con las modernas tecnologías electrónicas, el costo es muy moderado. Como ocurre con BPSK, hay problemas de ambigüedad de fase en el extremo receptor, y a menudo se utiliza QPSK codificado en forma diferencial en la práctica. (Noguchi et al., 1986)

Aunque QPSK puede ser vista como una modulación cuaternaria, es más fácil de verla como dos portadoras en cuadratura moduladas de forma independiente. Con esta interpretación, los bits pares (o impares) se utilizan para modular la componente en fase de la portadora, mientras que los demás bits se utilizan para modular la componente en cuadratura de fase de la portadora. BPSK se utiliza en ambas portadoras y pueden ser independientemente demoduladas. (Noguchi et al., 1986)

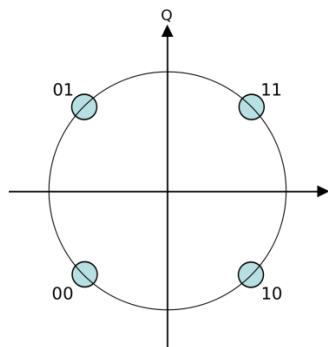


Ilustración 7-Diagrama de constelación para QPSK con código Gray

Fuente: (Noguchi et al., 1986)

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

Como menciona el autor Garro (2009) "la metodología de la investigación es el estudio formal de los procedimientos utilizados en la adquisición o exposición del conocimiento, una metodología de investigación se requiere la formulación de los problemas científicos y la aplicación de métodos científicos". Una vez detallado el problema, así como los conceptos que fundamentan la presente investigación. Se prosigue con la metodología usada para obtener los objetivos y alcances establecidos en el planteamiento del problema, capítulo II. En el cuál se detallará los métodos, instrumentos, técnicas y procedimientos que permitieron determinar las mediciones de las variables a investigar.

4.1 ENFOQUE

La presente investigación fue realizada bajo un enfoque mixto. El enfoque cuantitativo es debido a que unas de las variables a investigar son cuantificables, permitiendo hacer procedimientos basados en la medición de los valores de estas variables, además, de que permite un mayor nivel de control e inferencia. Se describieron, estudiaron y analizaron variables de datos numéricos relacionados al enlace de conectividad diseñado. Como un enfoque cualitativo, se presentan datos que en principio son no cuantificables y están basados en la observación.

Con el fin de poder manipular las variables de investigación en condiciones controladas, se estableció la presente investigación como experimental, permitiendo modificar el equipo a utilizar en el enlace así como sus parámetros para adaptarlos, para obtener el mejor rendimiento del enlace.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a lo que expresa Arias (2012) "las variables de investigación de cualquier proceso de investigación o experimento científico son factores que pueden ser manipulados y medidos". Las variables a investigar se presentan en la ilustración 8.

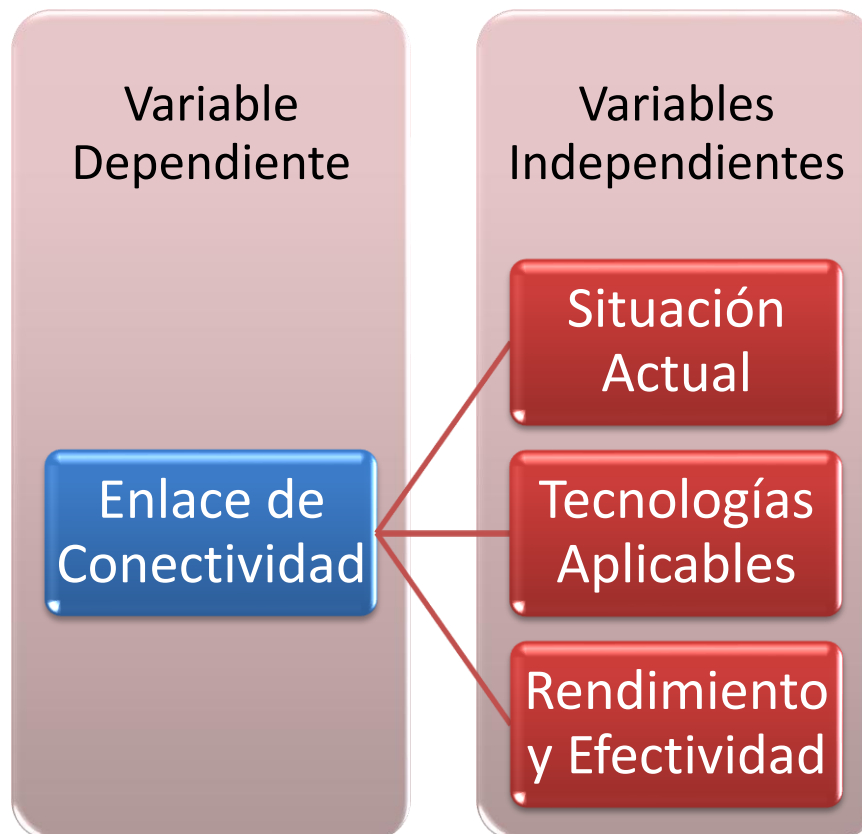


Ilustración 8-Variables de investigación

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Se determinó como variable dependiente el rendimiento del enlace de conectividad, el cual depende de las respectivas variables independientes de manera proporcional. Dentro del rendimiento del enlace o la red se utilizaron las siguientes medidas:

- 1) Capacidad de Transferencia: Medidos en bits/segundo, haciendo referencia a la velocidad máxima en la que la información puede ser transferida.
- 2) *Throughput*: Esta es la tasa real de que la información es transferida.
- 3) Latencia: La cual es la demora entre el envío desde el emisor y descifrado por el receptor, esto es principalmente una función del tiempo de viaje de las señales, y el tiempo de procesamiento en los nodos que la información atraviesa.
- 4) *Jitter*: Es la variación en el tiempo de llegada al receptor de la información.

5) Tasa de Error: Es el número de bits corruptos expresado como fracción del total enviado.

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Se establecieron una total de 3 variables independientes que afectan directamente en la variable dependiente de investigación que es el rendimiento del enlace a diseñar, Inicialmente, se evalúa la situación actual para determinar la viabilidad de realizar el enlace. Posteriormente, se evalúan las tecnologías a utilizar para el enlace de conectividad y de evalúa el rendimiento y efectividad del enlace, esto se realiza con los siguientes 5 parámetros.

4.2.2.1 Margen del Enlace

El margen del enlace es un valor muy crítico dentro de un enlace, debido que este valor, es calculado a través de la sumatoria de las ganancias que tiene el sistema menos las pérdidas que este tiene, incluyendo la potencia de transmisión, el valor obtenido es representado en la dimensión decibelios dB.

4.2.2.2 Potencia del Transmisor

La potencia del transmisor, con dimensión de dBm, afecta directamente el rendimiento del enlace, siendo la potencia con la cual la señal es transmitida, este valor, de igual manera, dependía del equipo y sus capacidades y parámetros.

4.2.2.3 Sensibilidad

La sensibilidad de un sistema de comunicación posee una gran relevancia debido a que este valor es el umbral para la buena recepción de la señal transmitida, de igual manera, esta variable independiente, está vinculada con el equipo seleccionado junto con sus capacidades y parámetros. La dimensión de análisis para esta variable independiente es en dBm.

4.2.2.4 Ganancia

Otra variable a considerar dentro de la presente de investigación es la ganancia de cada dispositivo que se obtiene dentro del enlace, generalmente, son las antenas que dan una ganancia, o amplificación de la potencia del sistema, cuya dimensión es en dBi, sin embargo,

también, se puede presentar algún amplificador electrónico que aporte más potencia de transmisión dentro del enlace de comunicación, con dimensión de dB.

4.2.2.5 Pérdidas

Las pérdidas se consideran como una variable de investigación de mucha relevancia, ya que con este valor se obtiene el margen de ganancia y si existe un buen rendimiento del enlace, algunas de las pérdidas consideradas fueron las pérdidas en la propagación, en el espacio libre, en los conectores, entre otras, fueron medidas con la dimensión de dB.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Con el fin de sustentar de manera adecuada la presente investigación fue necesario la recolección de información y datos confiables, obtenidos de las fuentes adecuadas como ser fuentes de información confiables y conocimiento técnico de especialistas en la temática.

Para diseñar el enlace y tener la ubicación exacta entre el transmisor y receptor del enlace, se apoyó del software RadioMobile, para simular el establecimiento de una enlace, y de tal manera evaluar diversas opciones hasta obtener la más eficiente. Además, para determinar la situación actual sobre la población de la aldea la Majada en el Negrito, Yoro, respecto a su conectividad a internet, se aplicó el instrumento de la entrevista a diversos de los pobladores de esta aldea.

4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

En el estudio de la presente investigación se estableció una población, la cual es en la aldea de la Majada en la ciudad del Negrito, Yoro, en la cual se encuentran, aproximadamente, un total de 200 viviendas.

4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Para responder al problema de investigación planteado con anterioridad, fue de suma importancia seguir una metodología de estudio, la cual describe los procedimientos, actividades con el fin obtener resultados contundentes. De esta manera, la presente investigación, fue desarrollada a través de un proceso esquematizado y secuencial, el cual consta de 4 etapas detalladas en la ilustración 9.

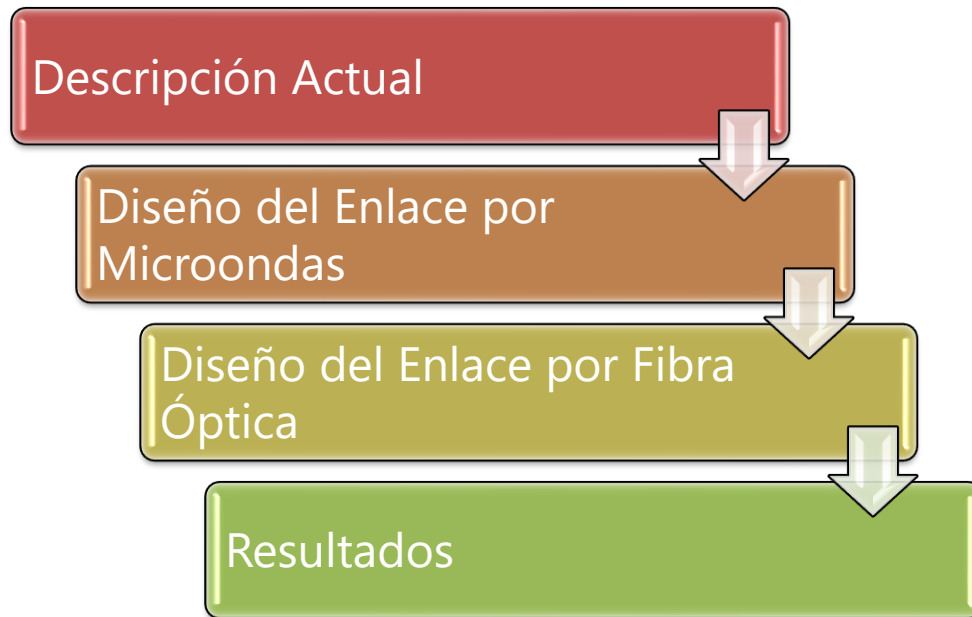


Ilustración 9-Metodología de estudio

Fuente: Elaboración Propia

En la primera etapa, descripción actual, se recolectó y detalló información sobre la situación actual en la aldea de la Majada, respecto a la conectividad de internet que ellos poseen y la determinar la fiabilidad para la adquisición del servicio de internet que sea proveído a través del diseño de este enlace. Para determinar la mejor forma de obtener un mejor rendimiento del enlace, se realizó un diseño del enlace por microondas, a través de señales electromagnéticas y también un enlace de fibra óptica, enviando la información por medio de pulsos de luz por un medio físico. Con esto finalmente se presentan los resultados obtenidos de la presente investigación, respondiendo, de tal manera, los objetivos y el alcance establecidos con anterioridad en la investigación.

4.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El desarrollo de la presente investigación fue ejecutado a lo lapso de un tiempo determinado de manera secuencial, se realizaron diferentes actividades que permitieron la finalización adecuada de la investigación, el tiempo total fue de 10 semanas, como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2-Cronograma de actividades

Actividades Desarrolladas	Semanas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Propuestas de Investigación	■									
Planteamiento del problema		■								
Recopilación de la teoría de sustento			■							
Presentación de la metodología				■						
Diseño del enlace de microondas				■	■					
Diseño del enlace de fibra óptica						■	■	■		
Resultados									■	
Conclusiones y recomendaciones										■

Fuente: Elaboración Propia

Se inicia con las diversas propuestas de investigación realizadas, Teniendo como resultado la presente investigación, seguidamente, se planteó el problema, detallando el problema, definiéndolo, justificándolo y estableciendo un alcance. Luego, se obtuvo la teoría de sustento que fueron las bases de la presente investigación. Después, se muestra la metodología a seguir, que permitió la realización de la presente investigación. Posteriormente, se continuó con el diseño del respectivo enlace de conectividad, presentando los resultados obtenidos y conclusiones junto con recomendaciones.

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos con su respectivo análisis, del diseño del enlace de conectividad, todo siguiendo una metodología de estudio establecida en el capítulo anterior.

5.1 DESCRIPCIÓN ACTUAL

Actualmente, la aldea de la Majada, en el Negrito, Yoro, cuenta con aproximadamente 200 viviendas, para determinar el estado actual respectivo a su satisfacción sobre la conectividad actual que algunos poseen, fue aplicada una entrevista, la cual se presenta en el anexo 1. A través de las entrevista realizada a diversos pobladores, se logró determinar que actualmente, los únicos proveedores de internet que se encuentran dentro de esta comunidad son Claro, con cable satelital, y Tigo, sin embargo, recalcaron que la señal de Tigo tiene poco alcance y no es la más estable. Además, mostraron mucho interés en obtener un proveedor de internet que les proporcione un mejor servicio, a través de una conectividad al internet estable y rápida, de igual manera, buscan los mayores beneficios al menor costo, de igual forma, están dispuestos a acceder a una contrato por un plan ya sea de 6 o 12 meses por un buen servicio de internet.. El proveedor Claro, solamente de acceso a internet por cable, canales sin datos, pagan un promedio de 750 lempiras. Y para Tigo, solamente tienen acceso a los datos a través de las señales de telefonía móvil, obteniendo un servicio a través de sus paquetes de servicio de acceso a internet.

5.2 DISEÑO DEL ENLACE

Inicialmente, se diseñó un enlace de microondas para la aldea de la Majada en el Negrito, Yoro. Para el diseño de este enlace, se determinó la distancia que debe tener el enlace, desde del transmisor hasta el receptor. Se determinó que la distancia existente de este enlace es de 4.92 kilómetros, en donde se ubicaran las torres para lograr establecer la comunicación necesario para el acceso a internet de los pobladores. En la ilustración 10, se muestra la ubicación de las dos torres.

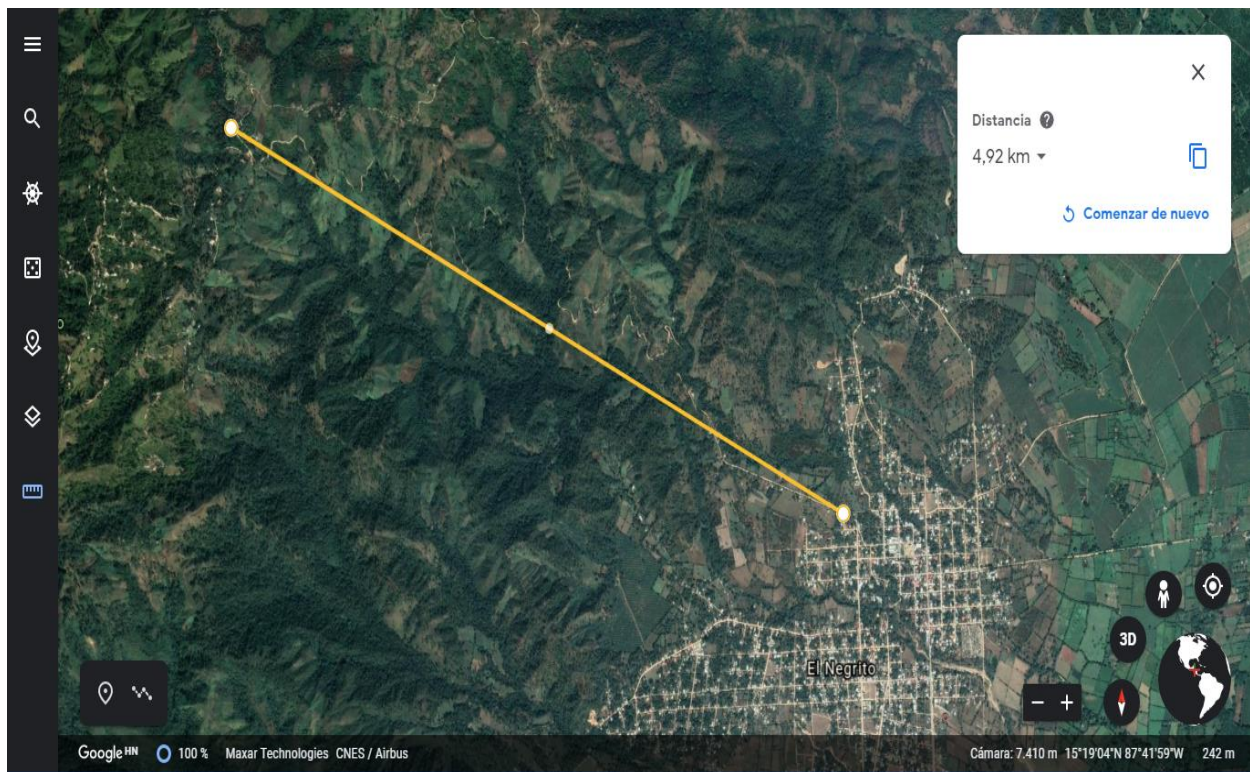


Ilustración 10-Distancia del enlace

Fuente: Elaboración Propia

5.2.1 LINEA DE VISTA

Se realizaron simulaciones y pruebas del enlace de microondas a través del uso del software Radio Mobile, en el cual se permite tener un contexto de la superficie del terreno que atraviesa en el enlace, permitiendo tener una perspectiva objetiva del enlace de microondas a establecer. Como se muestra en la ilustración 11, se realizó la primera prueba de línea de vista entre las dos torres, estableciendo los respectivos parámetros en Radio Mobile. El enlace no se genera porque el nivel de recepción tiene que estar entre -80 y -40 y en este caso está en -147. Esto se debe a que no existe una línea de vista clara, a causa que se encuentre una montaña enfrente de la torre de recepción, por lo tanto, se realizó otra prueba pero con la diferencia que se le asignó una mayor altura a la torre, la necesaria para que exista una línea de vista clara entre el transmisor y el receptor.

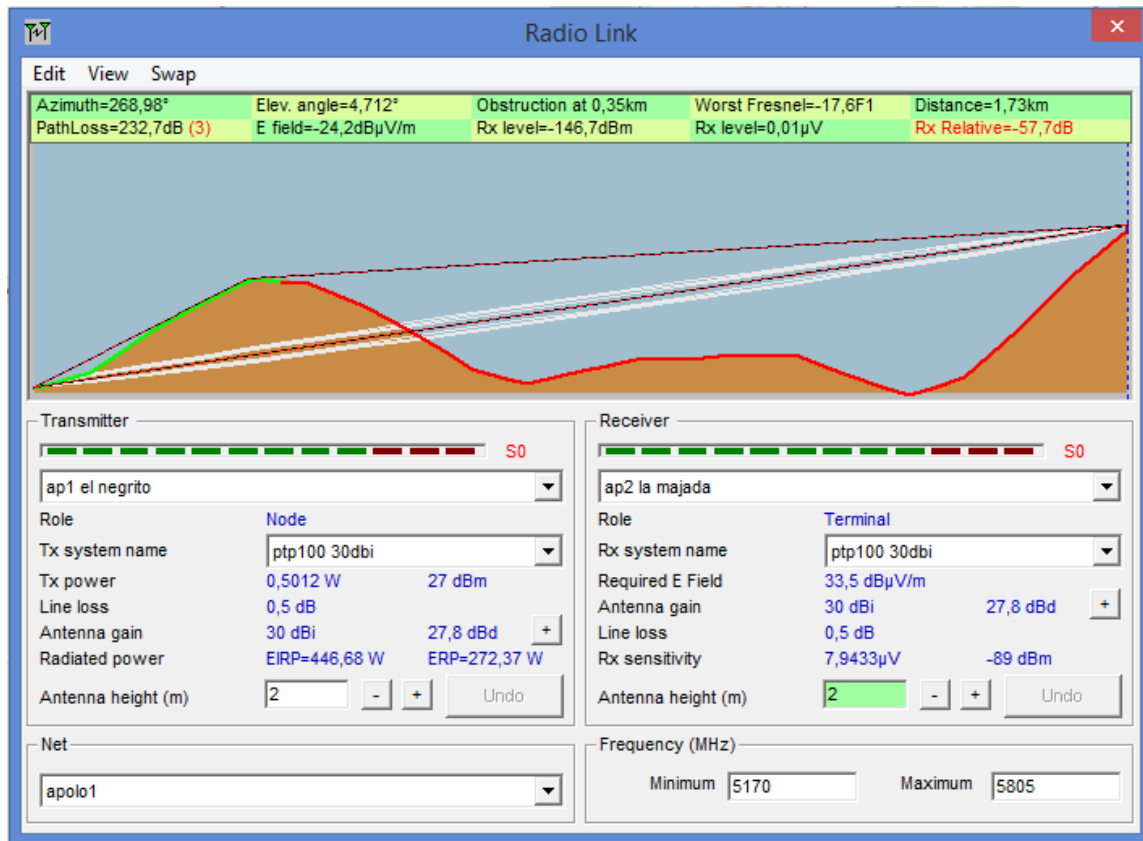


Ilustración 11-Prueba 1 línea de vista

Fuente: Elaboración Propia

Tal como se muestra en la ilustración 11, con una potencia de transmisión de 27 dBm y una altura de 2 metros de la antena, no existe una conexión entre el transmisor y el receptor debido a que existen una gran de pérdidas a causa de transferencias en la emisión de la onda electromagnética. Por lo tanto, para el establecimiento de la conexión entre estas dos torres, se aumentó la altura de la torre de la antena emisora a 90 metros, teniendo una mejor línea de vista con respecto al anterior, como se muestra en la ilustración 11. Con respecto al rendimiento del enlace y la conectividad, se obtuvieron buenos resultados con este cambio de la altura de la antena, sin embargo, debido a esto el costo de instalación, construcción y operativo aumentan considerablemente, por lo tanto, no es viable.

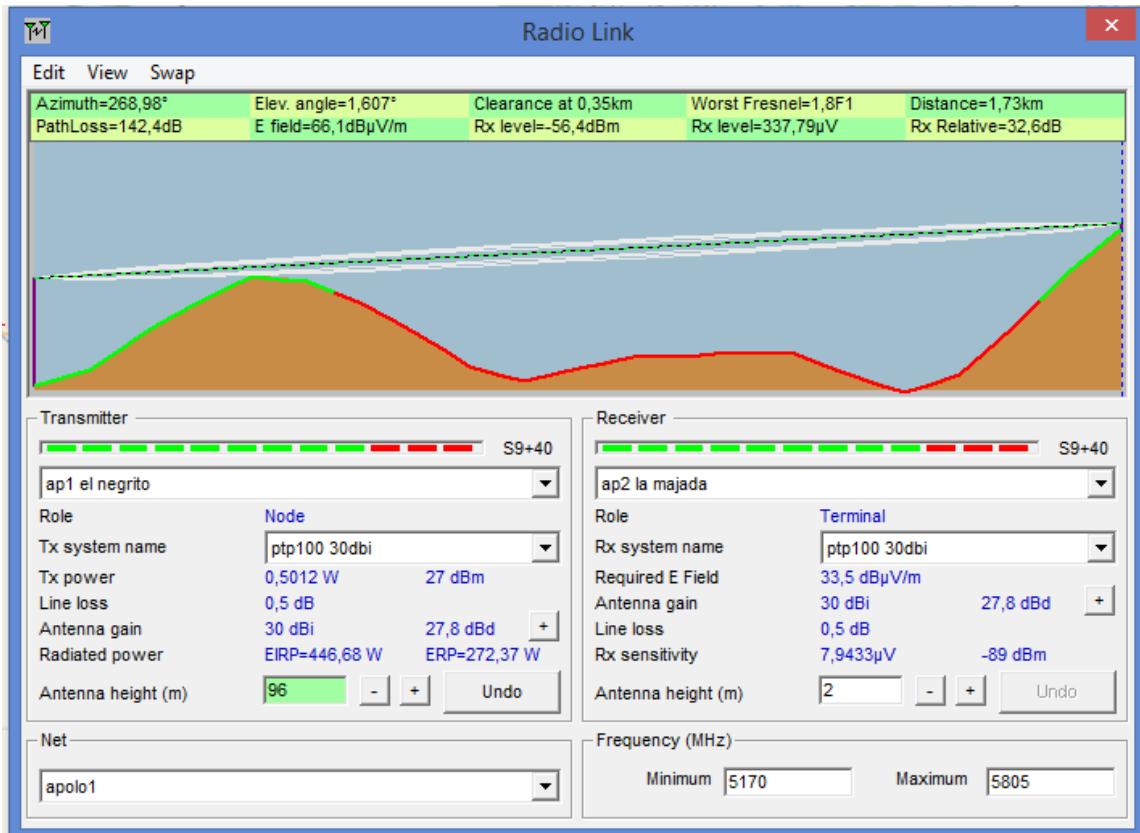


Ilustración 12-Prueba 2 línea de vista

Fuente: Elaboración Propia

Como se presenta en la ilustración 12, con la misma potencia de transmisión pero con una altura total de 96 metros, el enlace posee una línea de vista adecuada. Sin embargo, a causa de su alto costo, se buscaron otras alternativas, para solucionar esto se cambia la frecuencia de transmisión, utilizando específicamente una frecuencia de 900 MHz, como se presenta en la ilustración 13. En la ilustración 14, se presentan las especificaciones que posee este enlace, la cual tiene una potencia de recepción de 30.4 dB, con una pérdida de propagación total de 144.6 dB.

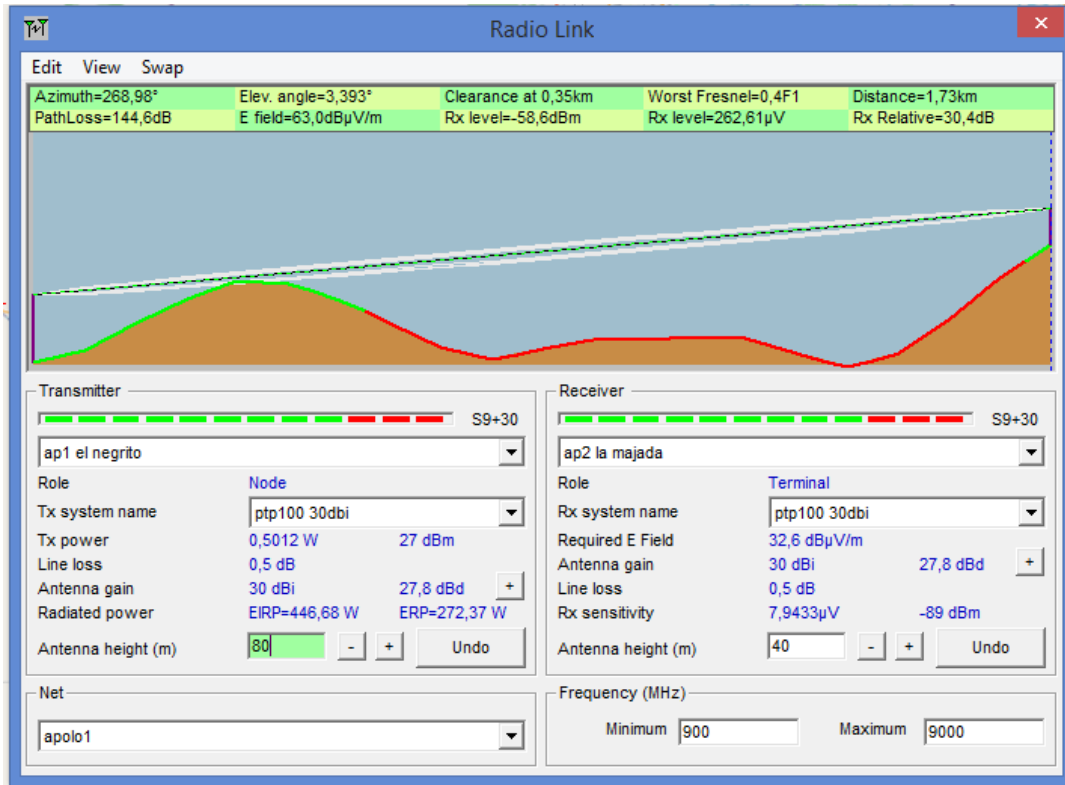


Ilustración 13-Prueba 3 cambio de frecuencia

Fuente: Elaboración Propia

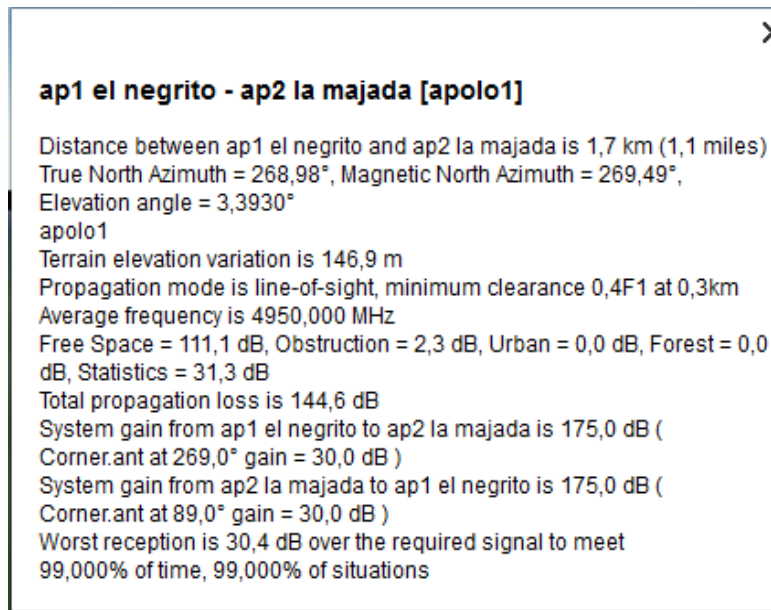


Ilustración 14-Especificaciones del enlace

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, aun así, a causa de la altura de las antenas, este enlace no es el más conveniente, por esta razón, se buscó otra ubicación estratégicamente, para la conexión del enlace, en la ilustración 15, se muestre las nuevas ubicaciones del enlace y su respectiva línea de vista.

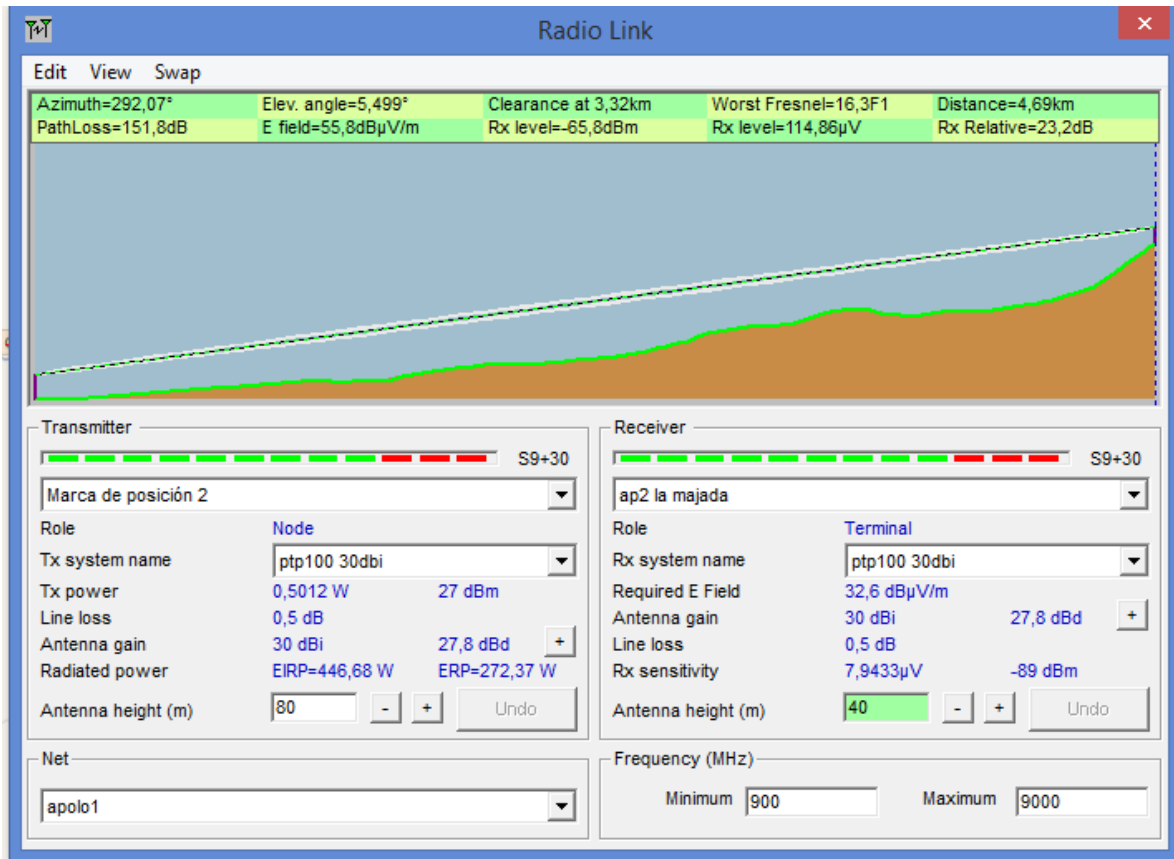


Ilustración 15-Prueba 3 cambio de ubicación

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la ilustración 15, con estas nuevas ubicaciones, no existe alguna superficie que interfiera con el enlace, por lo tanto, existe una conectividad adecuada, esto es utilizando una torre de una altura de 80 metros para la antena de transmisión y una torre de una altura de 40 metros para la antena de recepción, obteniendo una potencia de recepción de 23.2 dB con una pérdidas total de 151.8 dB. Sin embargo, para reducir el costo operativo, la altura de ambas torres fue igualada a 20 metros, aun obteniendo una buena conectividad del enlace con una adecuada línea de vista como se muestra en la ilustración 16. En la ilustración 17, se presenta el enlace entre las dos torres.

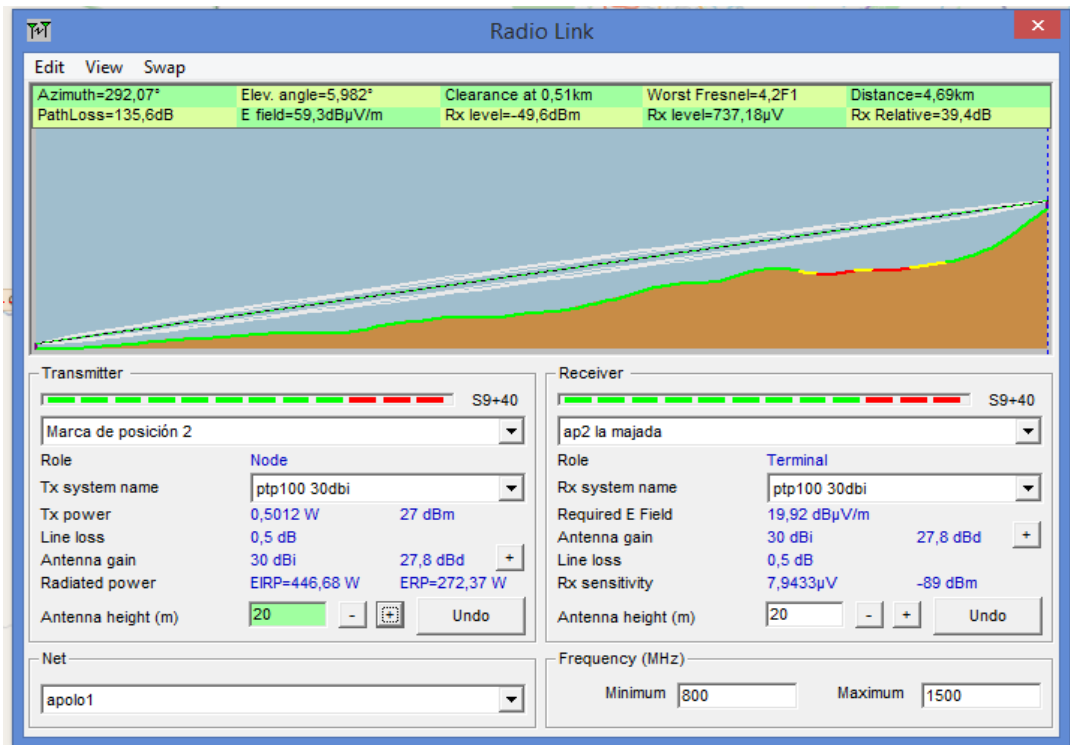


Ilustración 16-Prueba 4 cambio de altura de torres

Fuente: Elaboración Propia

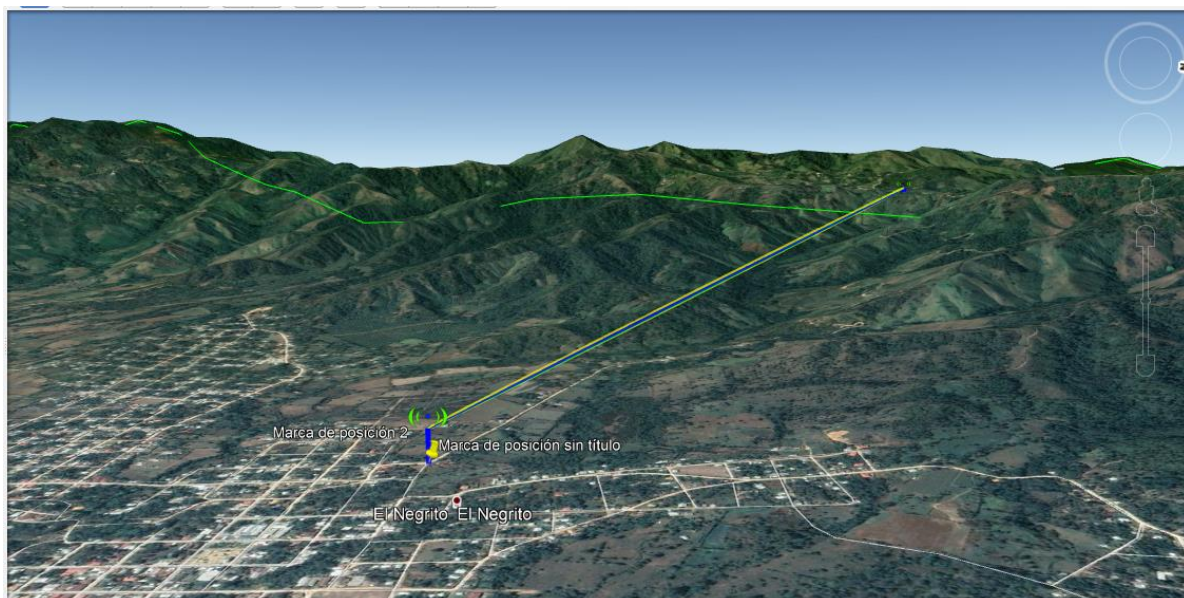


Ilustración 17-Ubicación de las torres

Fuente: Elaboración Propia

5.3 SELECCIÓN DE EQUIPO

La selección de equipo representa una parte fundamental en el diseño del enlace, esto debido a que dependiendo de estos, influyen en las variables independientes de la investigación, lo que consecuentemente, influye sobre la variable dependiente de la investigación. La selección del equipo se basó en que existiera buena conectividad en el enlace, y además, la cobertura total de la población establecida, 200 viviendas en la aldea de La Majada, en el Negrito, Yoro.

5.3.1 ANTENAS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN LOS NODOS PRINCIPALES

Inicialmente, para el enlace de conectividad de punto a punto, se seleccionó el radio conocido como AirFiber5xHD, ver ilustración 18. Está diseñado específicamente, para la industria de ISP inalámbricos desde cero, utiliza la tecnología LTU desarrollado por ubiquiti Además, permite la conexión de modo punto a punto (P2P) y también, punto multipunto (PMP). Cuenta con el radio integrado, el nivel de potencia de transmisión de las radios se puede programar hasta +29 dBm Puede dividir el tráfico de enlace descendente y ascendente y admite tráfico asimétrico según sea necesario. Las relaciones DL / UL incluyen 25%, 33%, 50%, 67% y 75%. La relación DL / UL es una parte esencial de la funcionalidad de sincronización GPS; debe ser el mismo en todos los AP que desea sincronizar.



Ilustración 18-AirFiber5xHD

Fuente: Elaboración Propia

Es necesario tener en cuenta los parámetros o características que posee este equipo, por lo tanto, en la tabla 3, se presenta las características de este equipo.

Tabla 3-Características del airFiber5XHD

Dimensiones	224x82x48 mm
Peso	0.35 kg (12.3 oz)
Conectores RF	RP-SMA a prueba de agua
Fuente de Alimentación	24 V, 1 A, Adaptador Gigabit PoE
Método de Alimentación	Passive Power over Ethernet (PoE)
Temperatura de Operación	-40 a 55 °C (-40 a 131 °F)
Rango Máximo	100 kilómetros
Paquetes por Segundo	2+ Millones
Latencia	1.5 ms a 3.5 ms
Encriptación	AES-256
Potencia Máxima de Transmisión	29 dBm
Precisión de Frecuencia	< 2 ppm
Frecuencia de Operación	4800 – 6200 MHz

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3, se presentan las diferentes características que se debe tomar en cuenta para la utilización de este radio, como ser la dimensiones y peso, para determinar el lugar específico donde este será ubicado, teniendo una ventaja, de que su fuente de alimentación es a través de potencia sobre Ethernet (PoE), con un rango máximo de 100 kilómetros, sin embargo, esta distancia puede variar según la condiciones ambientales, a pesar de ello el enlace diseñado cuando con una distancia mucho menor, por lo tanto, aun con dificultades ambientales, se mantendrá una conexión adecuada. Con una frecuencia de operación de 4.8 a 6.2 GHz, con una latencia de va de 1.5 a 3.5 ms, que está basado en una trama de 2 ms. Además, con una transmisión de más de 2 millones de paquetes por segundo, específicamente, cuando el hardware se encuentra configurado como un puente. Otro detalle a tener en cuenta es la sensibilidad en la recepción de este radio, la cual varía según el tipo de modulación y el ancho de banda, en la tabla 4, se presenta la sensibilidad según estos parámetros.

Tabla 4-Sensibilidad del airFiber5XHD

Modulation Rate	Modulation	Sensitivity							
		10 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	50 MHz	60 MHz	80 MHz	100 MHz
12x	4096QAM	-56	-53	-51	-49	-47	-44	-42	-39
10x	1024QAM	-66	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51
8x	256QAM	-72	-69	-67	-65	-63	-61	-59	-57
6x	64QAM	-78	-75	-73	-71	-69	-67	-65	-63
4x	16QAM MIMO	-84	-81	-79	-77	-75	-73	-71	-69
2x	QPSK MIMO	-88	-85	-83	-82	-81	-80	-79	-78
1x	½ Rate QPSK xRT	-90	-87	-85	-84	-83	-82	-81	-80

Fuente: Elaboración Propia

El radio airFiber5XHD fue utilizado tanto como transmisor y receptor del enlace de conectividad punto a punto, por lo tanto, es de vital importancia tomar en cuenta la sensibilidad del radio receptor, se determinó el uso de un ancho de banda de 20 MHz, y una modulación QPSK MIMO, por lo tanto, la sensibilidad del radio receptor es de -85 dBm. La distancia total del enlace es de 4.64 kilómetros. La antena transmisora se encuentra a una altura de 25 metros, de igual manera, la antena receptora se encuentra a una altura de 25 metros.

Cabe destacar, que este dispositivo posee integrado tanto el radio como la antena, por lo tanto, no es necesario agregar una antena aparte, sin embargo, en el caso de que se necesite añadir una ganancia para no sobrepasar el umbral de sensibilidad de este equipo se puede utilizar una antena. En la ilustración 19, se presenta el enlace con el uso de este equipo tanto como transmisor y receptor del enlace punto a punto diseñado.

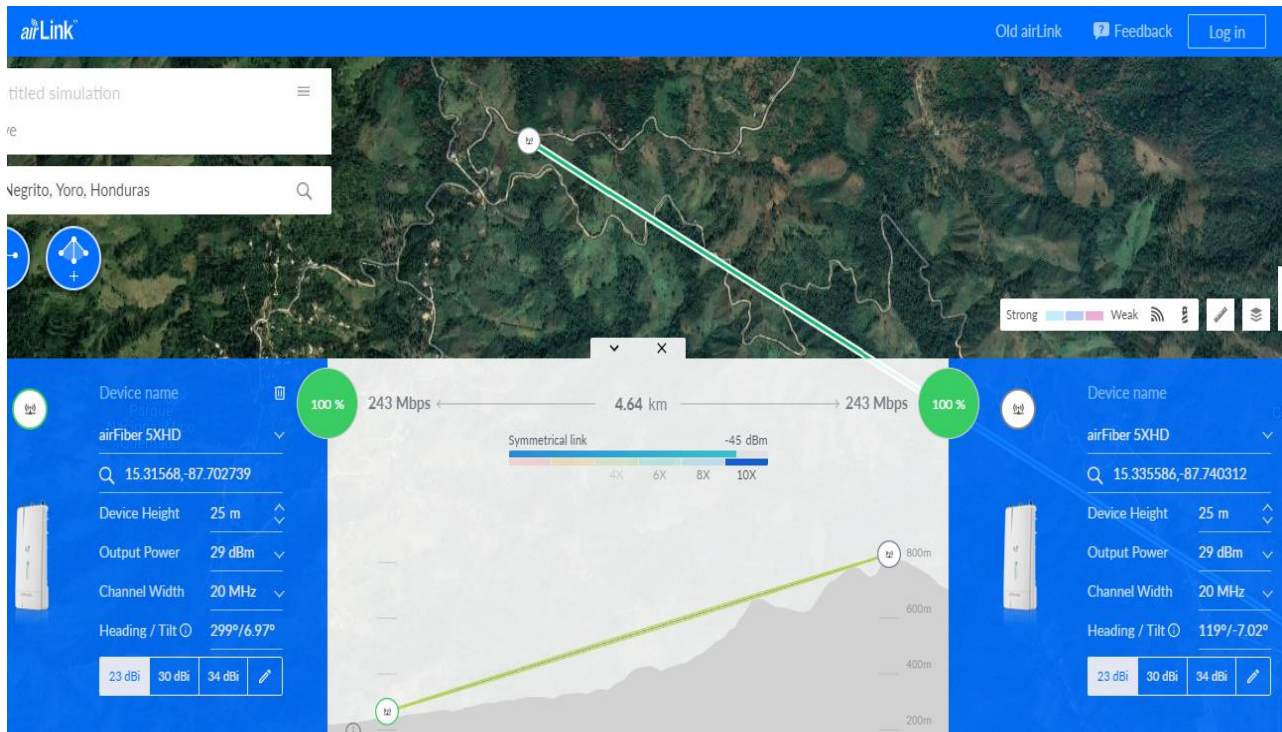


Ilustración 19-AirFiber5xHD

Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente, en caso de que sea necesario dar más potencia al enlace, se puede anexar una antena para el mejor la potencia del sistema de conectividad. Existen dos modelos de antena compatibles con este tipo de radio, por lo tanto, en case de necesitarlo se utilizaría alguno de ellos, en la tabla 5, se presenta el nombre o descripción de la antena y su respectivo modelo.

Tabla 5-Antenas compatibles con airFiber5XHD

Modelo	Antena airFiber X			RocketDish	
Característica	AF-5G23-S45	AF-5G30-S45	AF-5G34-S45	RD-5G30	RD-5G34
Frecuencia	5 GHz	5 GHz	5 GHz	5 GHz	5 GHz
Ganancia	23 dBi	30 dBi	34 dBi	30 dBi	34 dBi

Fuente: Elaboración Propia

Las antenas airFiber X están especialmente diseñadas con una polaridad inclinada de 45 ° para una integración perfecta con el AF-5XHD. También se puede emparejar el AF-5XHD con una de las antenas RocketDish que se muestran en la tabla 5, sin embargo, para utilizar este modelo se debe utilizar el Soporte Universal incluido o utilizando un kit para convertir el RocketDish a una polaridad inclinada de 45 °. El kit de conversión de antena RocketDish a airFiber de 5 GHz (modelo AF-5G-OMT-S45) convierte la antena RocketDish RD-5G30 o RD-5G34 para usar con el AF-5XHD.

Tabla 6-Capacidad TDD en Mbps

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

Fuente: Elaboración Propia

Otro parámetros a determinar, es la capacidad de transmisión en Megabits por segundo (Mbps) que se puede obtener a través de la duplexación por división en el tiempo (TDD), esto depende directamente del tipo de modulación a utilizar y también en ancho de banda, tal como se presenta en la tabla 6. Como se mencionó con anterioridad, la modulación a seleccionada es QPSK MIMO, con un ancho de banda de 20 MHz, por lo tanto, la capacidad máxima de subida y bajada es de 24.32 Mbps, siendo una red síncrona.

5.3.2 ANTENAS DE RADIACIÓN

En la sección anterior, se determinó las antenas a utilizar en los nodos principales, del nodo 1 al nodo 2, donde el nodo 1, se encuentra en el negrito, y el nodo 2 se encuentra en la Majada, con la selección de las antenas anteriores se estableció una conectividad entre estos dos nodos. Por lo tanto, ahora, se muestra la selección del equipo para la propagación de la señal de internet sobre la población total de la aldea de la Majada, en el Negrito, Yoro.

El equipo a utilizar para la propagación de la señal es el Rocket Prism 5AC Gen 2, el cual ofrece una cobertura completa del espectro de 5 GHz con un solo radio. El Rocket Prism 5AC Gen 2 permite flexibilidad en la configuración de los anchos de banda del canal (sujeto a las regulaciones locales del país). Siendo un equipo muy útil para establecer un enlace de Punto a MultiPunto (PtMP), este equipo utiliza el protocolo airMax ac. El protocolo airMAX ac permite a cada cliente enviar y recibir datos utilizando intervalos de tiempo designados previamente programados por un controlador inteligente AP. Este método de intervalo de tiempo elimina las colisiones de nodos ocultos y maximiza la eficiencia del tiempo aire, por lo que la tecnología airMAX ac proporciona mejoras de rendimiento en latencia, inmunidad al ruido, escalabilidad y rendimiento en comparación con otros sistemas al aire libre en su clase.

Los productos airMAX ac admiten hasta 500+ Mbps (ancho de canal máximo de 80 MHz) rendimiento TCP / IP real, hasta triplicar el rendimiento de los productos airMAX estándar. En la ilustración 20, se muestra el equipo Rocket Prism 5AC Gen 2.



Ilustración 20-Rocket Prism 5AC Gen 2

Fuente: Elaboración Propia

Para la utilización de cada equipo, es necesario tener en cuenta la características o especificaciones que estos poseen, por lo tanto, en la tabla 7, se presentan las especificaciones del equipo Rocket Prism 5AC Gen 2. Las dimensiones, el peso y el tipo de conectores, son necesarios saberlos para la ubicación del equipo en su respectiva ubicación. Este equipo cuenta con la ventaja de utilizar la opción de fuente de alimentación el PoE, siendo muy útil para este tipo de redes. La frecuencia de operación es de 5.15 a 5.9 GHz, tomando en cuenta que la temperatura de operación debe encontrarse en el rango de -40 a 80 °C, de igual manera, la humedad debe ser de 5 a 95%, de lo contrario, el equipo podría presentar fallas afectando directamente el enlace de conexión.

Tabla 7-Características de Rocket Prism 5AC Gen 2

Dimensiones	88x40x230 mm
Peso	400 g
Conectores RF	RP-SNA y GPS
Máxima Potencia de Consumo	9.5 W
Fuente de Alimentación	24 V, 1 A Adaptador Gigabit PoE
Método de Alimentación	Passive PoE
Memoria	128 MB DDR2 SDRAM
Tamaño de Ancho de Banda (PtP)	10/20/30/40/50/60/80 MHz
Tamaño de Ancho de Banda (PtMP)	10/20/30/40 MHz
Temperatura de Operación	-40 a 80 °C
Humedad de Operación	5 a 95 %
Modos	Estación, Punto de Acceso
Servicios	Web Server, SSH, SNMP, Telnet, NAT, DHCP
Frecuencia de Operación	5150 a 5875 MHz

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8-Especificaciones de la potencia de transmisión

Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (1/2)	28 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (1/2)	28 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (3/4)	28 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/2)	28 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (3/4)	28 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (2/3)	28 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (3/4)	27 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (5/6)	26 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (3/4)	24 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (5/6)	22 dBm	± 2 dB

Fuente: Elaboración Propia

Este equipo fue será utilizado como un transmisor hacia las viviendas, por lo tanto, se debe tomar en cuenta la potencia de transmisión del mismo. En la tabla 8, se presenta las especificaciones de la potencia de transmisión. Se necesita determinar el tipo de antena a utilizar, esto varía según el tipo de enlace a utilizar con el equipo, en la ilustración 21, se muestra el modelo de la antena con su respectivo tipo, que son compatibles con el equipo Rocket Prism 5AC Gen 2. Ya que con este equipo se diseñó una conexión de punto a multipunto (PtMP), por lo tanto, el tipo de antena a utilizar es sectorial.

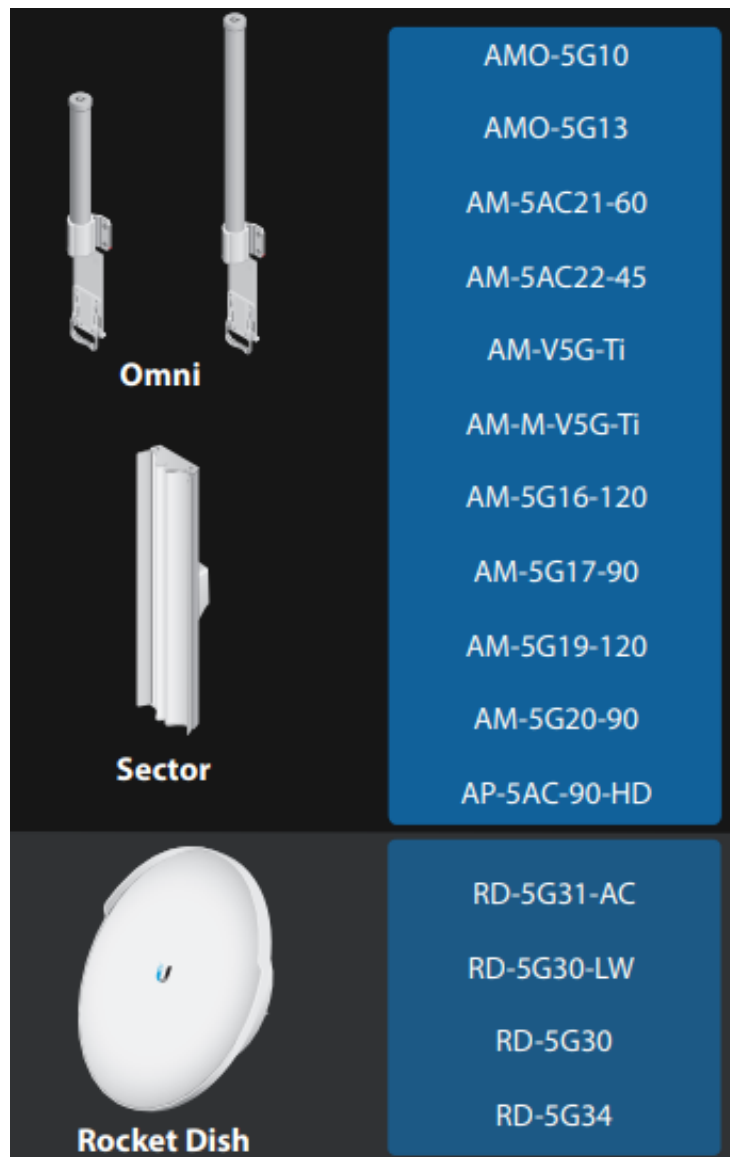


Ilustración 21-Antenas compatibles con Rocket Prism 5AC Gen 2

Fuente: Elaboración Propia

Para tener cobertura sobre la población total de la Majada en el Negrito, Yoro, es necesario utilizar un total de tres de estos equipos, Rocket Prism, cada uno con una antena sectorial, de la ilustración 22 a 24, se presenta la ubicación entre otros parámetros de estas 3 antenas de la propagación de la señal sobre toda la aldea.



Ilustración 22-Antena de radiación 1

Fuente: Elaboración Propia

Para la antena de radiación 1, se ubicó a una altura de 12 metros, con una potencia de transmisión de 28 dBm, con un ancho de banda de 20 Mhz, de igual manera para la antena 2.

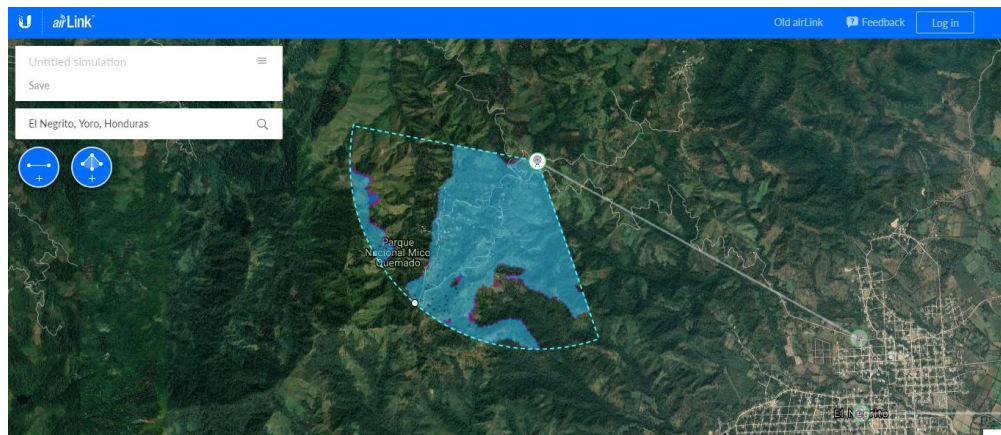


Ilustración 23-Antena de radiación 2

Fuente: Elaboración Propia

Para la tercera antena de radiación, ver ilustración 23, se estableció a una altura de 20 metros con una potencia de transmisión de 28 dBm y un ancho de banda de 20 MHz.

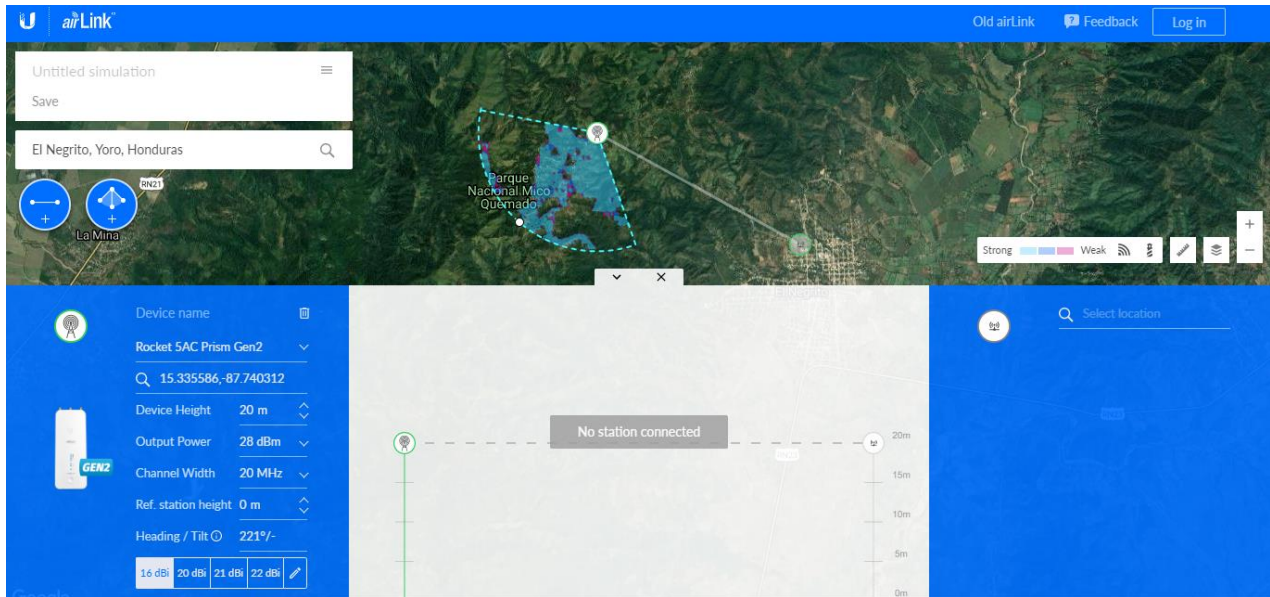


Ilustración 24-Antena de radiación 3

Fuente: Elaboración Propia

5.3.3 ANTENA DE RECEPCIÓN EN LA VIVIENDA

Para la recepción de la señal en las viviendas se utilizó la antena LiteBeam AC Gen 2, ver ilustración 25.



Ilustración 25-LBE-5AC-Gen2

Fuente: Elaboración Propia

El LiteBeam 5AC Gen 2 dirige la energía de RF en un ancho de haz más estrecho. Con el enfoque en una dirección, el LiteBeam 5AC Gen 2 bloquea o filtra espacialmente el ruido, por lo que se mejora la inmunidad al ruido. Esta característica es especialmente importante en un área llena de otras señales de RF de la misma frecuencia o similar. En la tabla 9, se presenta las especificaciones de este equipo.

Tabla 9-Características del LBE-5AC-Gen2

Dimensiones	358x271.95x272.5 mm
Peso	800 g (Sin Montura) y 980 g (Con Montura)
Fuente de Alimentación	24 V, 0.3 A Adaptador de Gigabit PoE
Método de Alimentación	Passive PoE
Ganancia	23 dBi
Ancho de Banda (Modo PtP)	10/20/30/40/50/60/80 MHz
Ancho de Bando (Modo PtMP)	10/20/30/40 MHz
Temperatura de Operación	-40 a 70 °C
Humedad de Operación	5 a 95 %
Frecuencia de Operación	5150-5875 MHz

Fuente: Elaboración Propia

Las dimensiones y el peso de esta antena mostradas en la tabla 9, se deben tomar en consideración para la ubicación e instalación de esta antena. Al igual que las otras antenas seleccionadas, posee la ventaja de utiliza como método de alimentación PoE, de esta manera, solamente se realiza una conexión, tanto de comunicación como de alimentación. Esta antena posee una ganancia de 23 dBi, y se debe tener en cuenta la temperatura y humedad de operación para su mejor rendimiento, de lo contrario se puede ver afectado el enlace de conexión. La frecuencia de operación de esta antena es de 5.15 a 5.9 GHz. Debido a que esta antena estará ubicada en las viviendas de los pobladores de la aldea de la Majada, se toma a esta antena como la receptora, por lo tanto, es indispensable, determinar la sensibilidad que esta antena posee, la cual varía, en la tabla 10, se presenta las especificaciones de la potencia de recepción.

Tabla 10-Especificaciones de la potencia de recepción

Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (1/2)	-96 dBm Min.	± 2 dB
	2x QPSK (1/2)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (3/4)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/2)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (3/4)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (2/3)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (3/4)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (5/6)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (3/4)	-69 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (5/6)	-65 dBm	± 2 dB

Fuente: Elaboración Propia

5.4 DISEÑO FINAL DEL SISTEMA

Por lo tanto, en resumen, el enlace principal estará en el negrito, Yoro, en donde se diseñó un enlace a través de microondas, desde el nodo 1, ubicado en el Negrito, y el nodo 2, que se encuentra ubicado en la aldea de la Majada. Las antenas a utilizar en los nodos son las airFiber5xHD, para distribuir o irradiar la señal sobre toda la aldea, cubriendo el total de las viviendas, se utilizó tres antenas sectoriales Rocket Prism 5AC Gen 2. Y para la recepción de la señal sobre cada vivienda se utilizó la antena LiteBeam AC Gen 2. En la ilustración 26, se presenta el sistema final diseñado. Metronet fue considerada como la red ISP, que proporciona una llegada de datos de 10 Mbps dedicados, a través de un medio físico, de fibra óptica, que llega al nodo 1 del enlace de microonda ubicado en el Negrito que permite la conectividad al internet con el nodo 2 en la Aldea de la Majada.

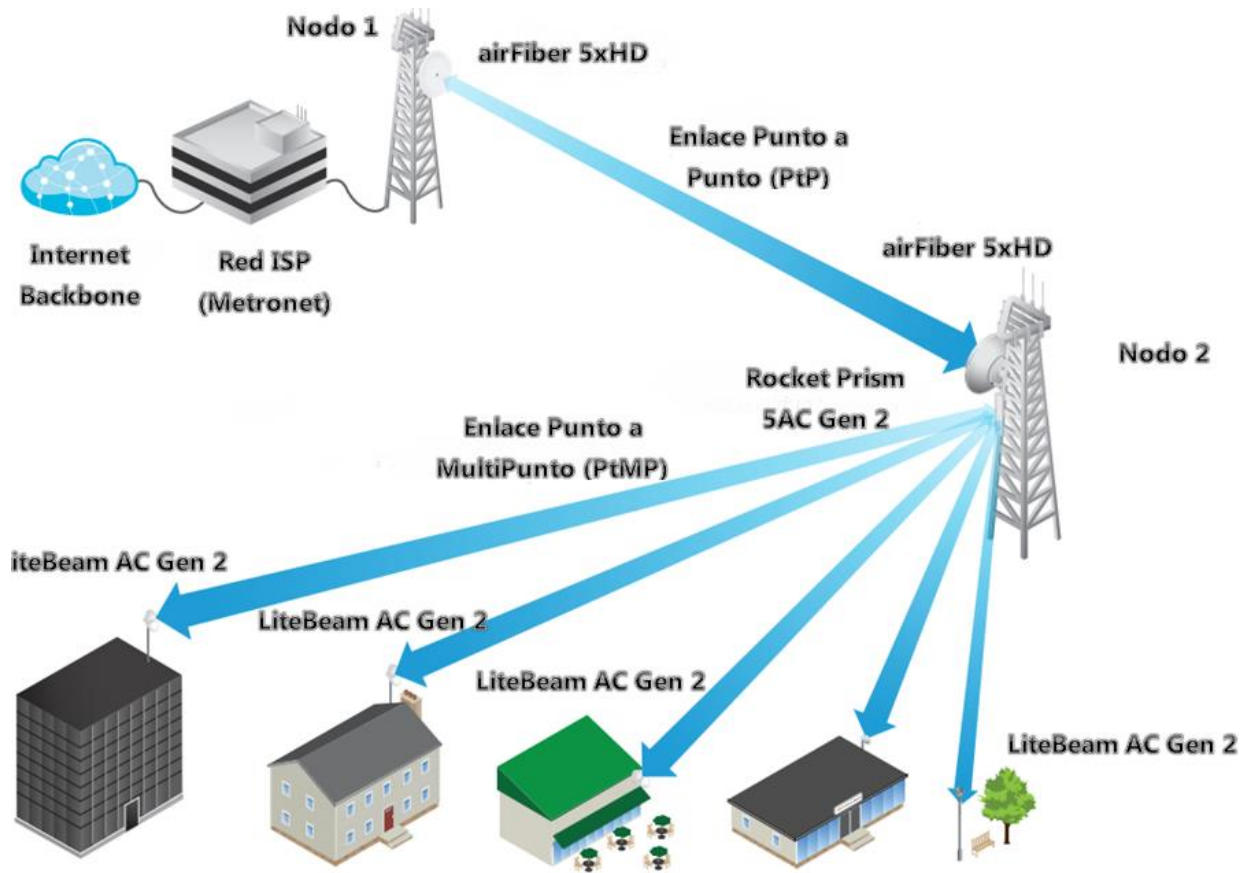


Ilustración 26-Diseño del sistema de conectividad final

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

En el presente capítulo se detallan las conclusiones establecidas de la investigación, obtenidas a partir de todas las pruebas y análisis mostrados en el capítulo anterior.

6.1 CONCLUSIÓN GENERAL

Se logró diseñar un enlace de conectividad que permite le permite la conexión a internet a la aldea de la Majada, el Negrito, Yoro. Para esto, se utilizó un enlace de microonda, en el cual se establecieron dos nodos principales, el cual interconectaba a la aldea de la Majada con el Negrito, siendo este enlace el que permite el acceso a internet. Además, el acceso de internet es proporcionado por un ISP a través de una medio físico de fibra óptica al nodo ubicado en el Negrito, por lo tanto, se afirma que la red utilizada para dar acceso a internet a la aldea de la Majada es una red híbrida de microonda y fibra óptica.

6.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- 1) La situación actual sobre la conectividad al internet en la aldea de la Majada, en el Negrito, no es la más adecuada para lograr establecer una conexión a internet, debido a que cuentan con muy pocas opciones de proveedores de internet, más aún, el servicio proveído no tienen la mejor calidad, actualmente, esta aldea cuenta con aproximadamente 200 viviendas, de los cuales mostraron mucho interés en tener una buena conectividad a internet de calidad.
- 2) Para el diseño del enlace se evaluaron los equipos de transmisión de señales electromagnéticas, teniendo en cuenta sus parámetros de operación, además, se determinó la localización en donde las antenas de los nodos principales fueron colocadas, evaluando diferentes alturas donde serán ubicadas estas antenas con la finalidad de tener una línea de vista limpia y adecuada para la transmisión de la información.
- 3) Se utilizó la modulación digital QPSK MIMO, la cual permite una velocidad máxima de transmisión de 24.32 Mbps tanto de subida como bajada, siendo una red simétrica, con un ancho de banda de 20 MHz. Para los nodos principales se utilizó la antena conocida comercialmente como airFiber 5xHD, para la radiación de la señal sobre las población total

de la aldea de la majada, se utilizó tres antenas sectoriales Rocket Prism 5AC Gen 2 y para la recepción de la señal en las viviendas, se utilizó la antena LiteBeam AC Gen 2.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones establecidas, se detallan algunas recomendaciones para la presente investigación.

- 1) En caso de que los usuarios, de la aldea de la Majada, soliciten una mayor velocidad de transmisión de datos, se recomienda utilizar un canal de transmisión con un mayor ancho de banda, o el uso de una modulación digital multi-bit con una mayor cantidad de bits de salida, de igual manera, el ISP deberá proveer una mayor cantidad de capacidad de transmisión de datos.
- 2) Como método alternativo para entregar al cliente se recomienda utilizar cable coaxial para distancias de 1km para obtener velocidades de hasta 10Mbps. En determinado caso que el cliente desee instalar cámaras de seguridad, cercas eléctricas u otros dispositivos controlados por internet se deberá utilizar cable par trenzado para una mayor transferencia de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alamouti, S. M. (1998). A simple transmit diversity technique for wireless communications. *IEEE J. Select. Areas Commun*, 16, 1451–1458.
- Alvarenga, F., & López, L. (2011, August 26). Casi un millón con acceso a internet en Honduras. *La Prensa*.
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Episteme.
- CONATEL. (2017). Desempeño del Sector de Telecomunicaciones en Honduras. *Comisión Nacional de Telecomunicaciones*.
- Feynman, R. P. (1999). *Física: Electromagnetismo y Materia* (Volumen II). Pearson Educación, S. A.
- Freeman, R. L. (2007). *Radio System Design for Telecommunications* (3rd Ed). John Wiley & Sons, Inc.
- García Rodrigo, J., & Morales Santiago, G. (2012). *Instalaciones de Radiocomunicaciones* (1a Ed). Ediciones Paraninfo, S. A.
- Garro, M. (2009). *Metodología de la Investigación Científica*. Chimbote Peru.
- Goldsmith, A. (2005). *Wireless Communications* (1a ed). Cambridge University Press.
- Haykin, S. (2005). *An introduction to analog and digital communications*. (1 ed). John Wiley & Sons, Inc.
- INE. (2010). Informe Uso de Internet por Parte de la Población Hondureña. *Instituto Nacional de Estadísticas*.

- INE. (2011). Encuesta de Hogares. *Instituto Nacional de Estadísticas*.
- LaRochelle, E. P. M., & Dobbins-Bucklad, J. A. (2015). Where there is no Internet: Experiences from rural Honduras 2013–2015: Phase I implementation. *2015 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 1–5.
- Mendes, L. L., & Baldini, R. (2005). Uma Abordagem sobre Diversidade de Transmissao para Redes WLAN. *Revista Científica Periódica INATEL-Telecomunicaciones*, 8(2).
- Murillo Fuentes, J. J. (2007). *Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación* (1a Ed). Escuela Técnica Superior de Ingenieros.
- Noguchi, T., Daido, Y., & Nsek, J. A. (1986). Modulation techniques for microwave digital radio. *IEEE Communications Magazine*, 24, 21–30.
- Oetting, J. (1979). A Comparison of Modulation Techniques for Digital Radio. *IEEE Transactions on Communications*, 27(12), 1752–1762.
- Qizheng Gu. (2005). *RF System design of transceivers for wireless communications* (1a Ed). Springer.
- Ramírez Luz, R. (2015). *Sistemas de Radiocomunicaciones* (1a Ed). Ediciones Paraninfo, S. A.
- Rohde, U. L., & Bucher, T. T. N. (1988). *Communications Receivers* (1a Ed). McGraw-Hill Interamericana.
- Sierra Pérez, M., Galocha Iragüen, B., & Fernández Jambrina, J. L. (2003). *Electrónica de Comunicaciones* (1a Ed). Pearson-Prentice Hall.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (4ta Ed). Pearson Educación, S. A.

Vargas, C. V., López, W. E., & Da Rocha, C. F. (2007). Sistemas de Comunicación Inalámbrica MIMO-OFDM. *Acta Nova*, 3(4), 771–777.

ANEXOS

Anexo 1-Entrevista

- 1) ¿Cuáles son los proveedores de internet que están en su comunidad?
Cable satelital proveedor claro
Señal Tigo de poco alcance.
- 2) ¿Estaría dispuesto usted a cambiar de proveedor de internet?
Si
- 3) ¿Cuál sería la motivación de cambiarse de proveedor?
Mejorar la pérdida de señal. Mantener estable el enlace
Mejor precio
- 4) ¿Cuánto paga usted actualmente por el servicio de datos?
En claro pagamos 750 lps solo por el acceso a cable. Canales sin datos
Y en Tigo solo los paquetigos de datos en otras palabras, 100 lps semanales para poder estar con internet toda la semana
- 5) ¿Estaría dispuesto a contratar un plan por 6 a 12 meses con una cuota mensual por el servicio de internet?
Si
- 6) ¿Estaría dispuesto usted a pagar 500 lps por 2 megas de internet?
Sí. Siempre y cuando la calidad del enlace sea mejor.
- 7) ¿Le gustaría tener acceso a televisión ip?
No estamos muy familiarizados con eso pero si es por el mismo precio si.
- 8) ¿En que utiliza sus datos móviles?
En whatsapp fb llamadas de whatsapp, búsqueda de tareas escolares y a veces música.
Pero siempre hay nuevas actividades en que ocuparse
- 9) ¿Cree usted que sería bueno tener internet en las escuelas gratis?
Sería una excelente iniciativa como compañía y así podríamos colaborar con el aprendizaje de nuestros jóvenes
- 10) ¿Estarían dispuestos a cuidar y mantener en buenas condiciones los equipos instalados para proveerles internet?
Desde luego que sí, y más ahora que nos beneficiara como comunidad.

Esta encuesta fue realizada en agrupación y todas las respuestas fueron contestadas por mayoría de personas. Resumiendo así las opiniones de toda la comunidad de la majada.