



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TESIS  
ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DE REDES  
INALÁMBRICAS PARA CENTROS POBLADOS  
RURALES EN EL PERÚ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE SISTEMAS**

**Autor(a):**

**Bach. Rodríguez Vila, Rainer Carusso**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5138-1577>**

**Asesor(a):**

**Dr. Ramos Moscol, Mario Fernando**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3812-7384>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2020**

**APROBACIÓN DEL JURADO**

**ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS PARA CENTROS  
POBLADOS RURALES EN EL PERÚ**

---

**Br. Rodríguez Vila Rainer Carusso**  
Autor

---

**Dr. Ramos Moscol Mario Fernando**  
Asesor

---

**Mg. Ramos Moscol Mario Fernando**  
Presidente de Jurado

---

**Mg. Bances Saavedra David**  
Secretario de Jurado

---

**Mg. Mejía Cabrera Heber Iván**  
Vocal de Jurado

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por el apoyo constante que me brindaron para seguir en el camino de la lucha y la perseverancia.

A mis hijas, quienes colman mi vida de amor, felicidad y motivación para enfrentar la vida con esfuerzo y lograr mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor, el Dr. Mario Ramos Moscol, quien me brindó la guía necesaria en este largo proceso para culminar satisfactoriamente mi investigación.

A la Universidad Señor de Sipán, mi casa de estudio, por permitirme la experiencia de vida y de aprendizaje universitario durante los años de estudio.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, por impartir valiosos conocimientos en mi carrera profesional.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone el análisis de tecnologías de redes inalámbricas para centros poblados rurales en el Perú, principalmente para el centro poblado Corazón de Jesús, en el distrito de Pillco Marca, Departamento de Huánuco como caso de estudio. La investigación contiene el análisis de las tecnologías de redes inalámbricas Wimax, Wi-Fi y 4G LTE, mediante un estudio descriptivo comparativo; además, propone un diseño de red promoviendo la utilización de la tecnología inalámbrica Wi-Fi en su estándar IEEE 801.11 ac, bajo la metodología de sistema de radio enlaces, las cuales se realizaron mediante ambientes de simulación con el software AirLink, Radio Mobile y Google Earth para medir los criterios de calidad del modelo de red propuesto. El problema que afrontó la investigación ha sido la falta de prestaciones de servicios digitales, es decir, la escasa conectividad a internet y la carencia de cobertura de sistemas de telecomunicaciones para telefonía móvil. Los resultados obtenidos demostraron que la tecnología inalámbrica Wi-Fi IEEE 801.11ac, supera significativamente a las tecnologías Wimax y 4G LTE en ámbitos rurales; además, el resultado de la interacción ofrece variables de mediciones satisfactorias, las cuales determinaron la viabilidad de la propuesta de red para una futura aplicación en el centro poblado. Las conclusiones resaltan los beneficios de las tecnologías Wimax y 4g LTE, sin embargo, destaca el uso de la tecnología Wi-Fi en ambientes rurales a través de sistemas de radio enlaces, las cuales ofrecen mayor velocidad de transmisión de datos, menor costo en su instalación, mayor rango de cobertura y gran rendimiento; finalmente, se concluye que la propuesta de red inalámbrica es viable para ser aplicado en poblaciones rurales.

**Palabras clave:** Tecnologías de redes inalámbricas, Wi Fi, Wimax, 4G Lte, radio enlaces, población rural.

## ABSTRACT

This research work proposes the analysis of wireless network technologies for rural population centers in Peru, mainly for the Corazón de Jesús population center, in the district of Pillco Marca, Department of Huánuco as a case study. The research contains the analysis of Wimax, Wi-Fi and 4G LTE wireless network technologies, through a comparative descriptive study; In addition, it proposes a network design promoting the use of Wi-Fi wireless technology in its IEEE 801.11 ac standard, under the radio link system methodology, which was carried out through simulation environments with AirLink, Radio Mobile and Google software. Earth to measure the quality criteria of the proposed network model. The problem faced by the research was the lack of digital service provision, that is, the poor Internet connectivity and the lack of coverage of telecommunications systems for mobile telephony. The results obtained showed that Wi-Fi IEEE 801.11ac wireless technology significantly outperforms Wimax and 4G LTE technologies in rural areas; In addition, the result of the interaction offers satisfactory measurement variables, which determined the viability of the network proposal for a future application in the populated center. The conclusions highlight the benefits of Wimax and 4g LTE technologies, however, it highlights the use of Wi-Fi technology in rural environments through radio link systems, which offer higher speed of data transmission, lower cost in its installation, greater coverage range and great performance; Finally, it is concluded that the wireless network proposal is viable to be applied in rural populations.

**Keywords:** Wireless network technologies, Wi Fi, Wimax, 4G Lte, Radio links, rural population.

# Índice

I. INTRODUCCIÓN .....	8
1.1 Realidad Problemática.....	9
1.2 Trabajos previos. ....	15
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	20
1.4 Formulación del problema.....	46
1.5 Justificación e importancia del estudio.....	47
1.6 Hipótesis .....	48
1.7 Objetivos.....	49
1.7.1 Objetivo general .....	49
1.7.2 Objetivos específicos .....	49
II MATERIAL Y MÉTODO .....	50
2.1 Tipo y Diseño de Investigación .....	50
2.2 Población y Muestra .....	50
2.3 Variables y operacionalización .....	51
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y .. confiabilidad.....	52
2.5 Procedimiento de análisis de datos .....	53
2.6 Criterios éticos .....	54
2.7 Criterios de rigor científico .....	54
III.RESULTADOS .....	55
3.1 Resultados en tablas y gráficos. ....	55
3.2 Discusión de resultados.....	136
3.3 Aporte Práctico .....	138
IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	141
4.1 Conclusiones .....	141
4.2 Recomendaciones .....	142
Referencias .....	143
Anexos .....	150

## I. INTRODUCCIÓN

En las regiones del Perú, las poblaciones rurales no disponen de servicio de internet, debido a la falta de políticas de inclusión tecnológica por parte del Gobierno e inversiones por parte de la Empresa privada; estos factores impiden el desarrollo y crecimiento sostenible de los pueblos, quienes se sienten excluidos de acceder a prestaciones de servicios digitales.

En el departamento de Huánuco, gran parte de estos centros poblados que conforman la provincia de Huánuco no cuentan con cobertura para conectividad de internet y en algunos casos son deficientes, razón por la cual, la presente investigación se orienta al estudio y análisis de las diferentes tecnologías de redes inalámbricas para determinar que tecnología se adapta a los requerimientos de la población rural y determinar la viabilidad de la red inalámbrica propuesta para el caso de estudio.

Actualmente en el centro poblado corazón de Jesús, ubicado en el departamento de Huánuco, no se han evidenciado avances significativos en cuanto a servicios de telecomunicaciones por la falta de una adecuada arquitectura tecnológica, inversiones para implementación y despliegue de una red; estos aspectos considerados como parte de la situación problemática, motivaron establecer los objetivos para el desarrollo de la investigación, realizando un estudio y análisis de las tecnologías Wimax, Wi Fi y LTE 4G, todas con características adaptables a las necesidades de la población de los centros poblados del Perú y principalmente del centro poblado que conforma el caso de estudio de esta investigación, donde se ha evidenciado que la empresa privada y organismos públicos no poseen la capacidad de gestión tecnológica para proveer y mejorar la prestación de servicios digitales orientados a los ciudadanos.

En el primer capítulo de la investigación, se describe la situación problemática presentada en los centros poblados del Perú, principalmente, en el centro poblado corazón de Jesús en la región Huánuco; de acuerdo a ello, se realiza la formulación del problema, justificación e importancia, además, se establece el objetivo general y objetivos específicos, como la respectiva hipótesis propio de la investigación que se orienta al caso de estudio, así mismo, se presenta una síntesis de los artículos e investigaciones previamente revisados y consultados en distintas fuentes bibliográficas; estos estudios que ya fueron concluidos, nos presentan resultados, métodos, técnicas, instrumentos y conclusiones de investigaciones afines al presente estudio, finalmente, se presenta la literatura relacionada a las tecnologías de redes inalámbricas Wimax, Wi-Fi y 4G Lte.

El siguiente capítulo corresponde al material y método, donde se describen el tipo y diseño de la investigación, población y muestra, variables y operacionalización (dependiente e independiente), métodos, técnicas e instrumentos, procedimiento de análisis de datos, criterios éticos y de rigor científico.

### **1.1 Realidad Problemática**

En la diversidad de pueblos andinos de nuestro país, se aprecian las poblaciones rurales, estas comunidades se caracterizan por el desarrollo de actividades nativas como la agricultura, ganadería, artesanía, etc; entre las muchas limitaciones que se presentan en estos ámbitos rurales, es el acceso limitado a la comunicación, tecnología e información; esta necesidad surge por la falta de inversión privada, gestión del gobierno, infraestructura vial para acceso por carretera y la lejanía de su ubicación geográfica, en ese sentido, la falta de comunicación y tecnología en estas comunidades afecta principalmente las actividades en los sectores públicos, privados y población general.

La presente investigación se orienta al análisis de tecnologías de redes inalámbricas Wimax, Wi-Fi y 4G Lte, todas aplicables e idóneas para implementarse en centros poblados en el Perú, principalmente para el caso de estudio realizado en el centro poblado corazón de Jesús, en la provincia de Huánuco. En esta comunidad, la brecha digital impide una adecuada comunicación y acceso a información, específicamente en tres organizaciones relacionadas al sector

educación, gestión municipal, y gestión privada comunal, tal como se describe a continuación:

### Sector Educación

En el centro poblado, se ubica la Institución educativa inicial N°231 “Mi Pequeño Mundo”, fundada el 5 de Agosto de 1986, con código CP Minedu 114613 y ubigeo 100111 con código modular 0807503, representada por la Directora Lic. Katy Trujillo Galeano; dicha Institución alberga 119 niños en el nivel inicial distribuidas en 5 aulas para las edades de 3 ,4 y 5 años respectivamente, así mismo, cuenta con 5 docentes especializadas en nivel inicial y un auxiliar. Su latitud es -9.92 y su longitud -76.2434 según datos de ESCALE (Estadística de la calidad educativa).

En el aspecto tecnológico, la institución no cuenta con conexión de internet, y solo cuenta con 1 computadora de escritorio y una impresora para el área de Dirección. Para el desarrollo de las actividades académicas, registros y consultas al Sistema de información de apoyo a la gestión de la Institución Educativa (SIAGE) las docentes y la directora tienen que acceder a internet desde sus conexiones domiciliarias y cabinas de internet.



**Figura 1.** Mapa de escuela de la IE. Fuente: (Estadística de la calidad educativa ESCALE, 2019)



**Figura 2.** Vista exterior de la I.E. Mi pequeño Mundo. Fuente: elaboración propia (2019)

## Sector Público

La conforma la Municipalidad del centro poblado corazón de Jesús, representada por el alcalde, el Sr Frank Henry Ramírez Bonilla y 5 regidores de distintos partidos políticos, cuyas funciones se enmarcan a administrar los ingresos económicos (arbitrios), promover políticas de inclusión social y desarrollar actividades sociales a través de una gestión participativa e innovadora en beneficio de la Comunidad.

Para el desarrollo de las actividades que realiza la Municipalidad, cuenta con una infraestructura básica, donde se distribuye 2 ambientes destinados al área de Administración. Estas cuentan con 2 Computadoras de escritorio, 1 impresora, 1 fotocopiadora y 1 laptop personal del alcalde y no cuentan con el servicio de internet. El personal que labora realiza consultas en algunas aplicaciones y plataformas Web a través de sus propios teléfonos móviles con conexión a internet.



**Figura 3.** Vista exterior de la Municipalidad corazón de Jesús. Fuente: elaboración propia (2019)

## **Sector social: Junta administradora del servicio de saneamiento JASS Rosavero**

Esta Empresa cuyo rubro es de comercializar agua potable a las Comunidades de Yanag, Rosavero y Pitumama, fue fundada en el año 1991, por un grupo de comuneros sin fines de lucro con el objetivo principal de proveer el recurso vital a toda la comunidad con un costo sumamente bajo. Esta organización social está representada por el Sr Roberto Zambrano Ramos y una junta directiva conformada por pobladores de la comunidad. Actualmente se estima más de 2000 consumidores finales del servicio.

El proceso operativo inicia cuando realizan la captación del agua de unos manantiales ubicados en las alturas de la comunidad de Rosavero, para trasladarlos a los reservorios donde se realizan distintos tipos de tratamiento para mejorar la calidad del producto. Luego de realizar esta operación el agua es trasladada a los domicilios a través de redes de conexiones domiciliarias para su consumo final. La determinación del consumo del agua se controla mediante medidores instalados en las viviendas por un costo de s/ 1.00 por m<sup>3</sup>.

El proceso administrativo corresponde principalmente a la atención del cliente, donde el personal (un comunero que hace la tarea de secretario) atiende solicitudes de instalación, pagos por consumo del recurso, quejas, sugerencias, entre otras tareas.

En cuanto al aspecto tecnológico, la Empresa comunal solo cuenta con 2 computadoras y una impresora para labores de registro y consulta de información, así mismo carece del servicio de conexión a internet, razón por la cual no cuentan con un adecuado sistema de gestión para mejorar sus procesos y el personal solo posee conocimientos básicos en manejo de aplicaciones informáticas debido a la condición del puesto (cargo ad honorem).

La falta de presencia del servicio de internet en la zona, constituye una brecha tecnológica que se reflejan en el uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación ajenas para el centro poblado en general, a esta situación también le sumamos la falta de inversión privada y el apoyo del Gobierno de la región Huánuco y otras autoridades competentes.



**Figura 4.** JASS manantial Rosavero- Yanag. Fuente: (Facebook: Jass Rosavero-Yana,2019).

## **1.2 Trabajos previos.**

De acuerdo a investigaciones que se realizaron con respecto a conectividad de redes inalámbricas en áreas rurales, muchas coinciden que la aplicación de las tecnologías Wifi, Wimax y 4G LTE, frente a otras tecnologías resultan muy beneficiosos y viables para su aplicación en zonas de difícil acceso, porque ofrecen grandes ventajas como alta seguridad, ancho de banda y tasas de velocidad para datos y voz, sin embargo, debemos considerar una tecnología que se adapte mejor a los requisitos del diseño de red propuesto en la presenta investigación, en ese sentido, se presentan los siguientes antecedentes :

### **Nivel Nacional**

Alvarado y Alvarado (2018) e su investigación, “Diseño e implementación de una red inalámbrica en alta montaña para la transmisión de datos hidrometeorológicos desde la quebrada cojup hasta la ciudad de Huaraz. 2018” para lo cual, establecieron como objetivo diseñar e implementar una red inalámbrica para brindar cobertura. Esta investigación afrontó como problema la inexistencia de un sistema de telecomunicaciones a lo largo de la zona estudiada, en ese sentido, diseñaron un enlace punto a punto desde la quebrada Cojup hasta la ciudad de Huaraz en la frecuencia 5.8 GHz con un ancho de banda de 20 MHz con sistema fotovoltaicos para ofrecer energía a los equipos de la serie Ubiquiti. El resultado de la investigación es una propuesta de telecomunicaciones bajo la tecnología Wimax para la transmisión de datos, voz y video.

Reinosa y Caro (2018) “ propuesta de diseño de una red de banda ancha para mejorar los servicios de telecomunicaciones de las zonas rurales de la provincia de Piura” cuyo objetivo fue de diseñar una red de banda ancha en la provincia de Piura utilizando tecnología Wimax ,para lo cual realizaron un estudio demográfico para determinar el ancho de banda, además, realizaron cálculos de distancias desde el nodo de agregación hacia los nodos de distribución para seleccionar los equipos de conexión para asegurar la calidad de transmisión; el problema de esta investigación se basa en la brecha digital, principalmente en zonas rurales, donde no existe un sistema de telecomunicaciones que brinde conectividad a la población rural, para lo cual, realizaron el diseño de red que permita brindar servicio de internet y telefonía. Los autores concluyen que el estudio de la RDNFO ha sido

determinante para ubicar los nodos de agregación y de distribución respectivamente.

Los autores Gamarra y Sanchez (2017) en su investigación “Diseño de un sistema de red inalámbrica para el acceso a internet en el centro poblado rural san José de Paucar, 2017”, quienes establecen como objetivo diseñar una red inalámbrica que permita el acceso a internet por parte de la población, para lo cual adoptaron el enfoque cuantitativo de tipo aplicado y diseño pre experimental. Los autores realizaron el reconocimiento geográfico de la zona de estudio para determinar características que permitan la factibilidad de la red inalámbrica, por su parte, los resultados obtenidos a través de simulaciones mediante Radio Mobile demuestran que el diseño de red se adapta a los requisitos para una futura implementación; finalmente concluyen que la propuesta de la red inalámbrica cumple con la reglamentación necesaria para su implementación que resultará beneficiosa para las instituciones públicas y la población del centro poblado san José de Paucar.

Perez (2015) en su investigación, Diseño de un sistema inalámbrico de larga distancia para entornos rurales utilizando Tecnología WiFi, para lo cual estableció como objetivo principal, diseñar una red inalámbrica WiFi bajo el estándar 802.11n, en base a una red de transporte modelado en base a la topología de conexión punto a punto mediante repetidores, para brindar cobertura a 14 comunidades en el departamento de Cajamarca. Para el diseño de red empleó la metodología de simulaciones en el software Radio Mobile determinando su viabilidad. El autor concluye evaluando características de las tecnologías WIFI y Wimax haciendo precisiones como el espacio geográfico y factores climáticos que finalmente determinarán si el diseño es practicable.

## **Nivel Internacional**

Los autores Singh, Wadhwa, & Kumar Rai( 2018) en la investigación titulada, “Análisis simulativo de la Red de área local usando WiMAX”. los autores en su investigación afrontaron como problema, mantener la calidad de la red, para lo cual evaluaron los parámetros a través de QoS, por esa razón proponen evaluar a la tecnología Wimax a través de parámetros como Delay, Jitter para mantener la calidad de la red. Los autores analizaron diferentes parámetros de QoS después de simular una red WiMax desarrollado en OPNET Moeller 14.0, aplicando el Modelador OPNET para crear el escenario de la red WiMax y analizar cada parámetro. Los resultados fueron presentados después de simular la red WiMax. La conclusión señala que el diseño modelado de la red muestra un buen rendimiento con alta tasa de velocidad inalámbrico.

Para Bhatt (2017), en su investigación, “Análisis de rendimiento del traspaso vertical en Wi-Fi y redes inalámbricas WiMAX”. el problema de esta investigación es los paquetes caídos en la entrega vertical y rendimiento dentro de las redes wi fi y Wimax. El autor investigó el rendimiento de la transferencia vertical dentro de Wi-Fi y Wimax, además, diseñaron las redes inalámbricas Wi-Fi y WiMAX utilizando ns2 (Simulador de red-2) analizando el comportamiento de los nodos a diferentes velocidades con diferentes valores de velocidad de bits. Los resultados que obtuvieron determinan la transferencia de datos que se realiza entre el nodo móvil y el nodo receptor mediante el uso de tráfico CBR, además, observaron que cuando el nodo móvil se mueve a diferentes velocidades con diferente tasa de bits, el número de paquetes recibidos disminuye. Esta investigación concluye con un análisis del rendimiento del traspaso vertical utilizando simulador de red-2 (ns2), donde aplicaron diferentes técnicas para optimizar el traspaso en diferentes redes inalámbricas.

Los autores Taborda y Gonzalo (2017) en su investigación “Despliegue de una red Inalámbrica libre comunitaria: un ejercicio de soberanía digital en el barrio Villa del Río, Bogotá, Colombia”. Esta investigación afrontó como problema la falta de colaboración por parte de la Autoridad de turno para realizar el despliegue de infraestructura y equipamiento de red, por esa razón se convocó a los pobladores para la compra de equipos e instalación de los dispositivos. Al ser una investigación

netamente aplicada se realizó la instalación de un nodo de red conformada por un router de la marca TP-Link y una antena Ubiquiti modelo Nanostation M5 en la frecuencia de 5 Ghz con un alcance de 15 kilómetros para un enlace punto a punto, además, se instaló la segunda antena de la misma serie para establecer la red troncal y los enlaces, así mismo, realizaron el despliegue de infraestructura de la red comunitaria con la junta de acción comunal (JAC), con el apoyo directo de la comunidad en aspectos técnicos y financieros; como resultado de esas acciones se puso en marcha el primer tramo de la red, brindando cobertura para más de 100 pobladores. La conclusión de esta investigación resalta la participación de la comunidad en el ámbito financiero, técnico y en la habilitación de la red en forma participativa.

Salinas e Izaguirre (2017), Ecuador, en su proyecto denominado “Educación en Seguridad Criptográfica para Redes Inalámbricas con Tecnologías WIFI, BLUETOOTH Y WIMAX”. Los autores proponen analizar la seguridad de métodos criptográficos aplicados en las redes inalámbricas con tecnología WiFi, y WiMAX, teniendo como problema que la investigación se orienta a las vulnerabilidades de las tecnologías Wi-Fi, Bluetooth y WiMAX, donde se resaltan los métodos de cifrado y autenticación como debilidades en cuanto a la seguridad criptográfica, por esa misma razón realizan la revisión de bibliografía para identificar la capacidad del algoritmo de cifrado, así como las ventajas y desventajas de ambas tecnologías, además, analizan las tecnologías inalámbricas con los diferentes métodos de cifrado y mecanismos criptográficos, principalmente en seguridad (autenticación y cifrado de datos); como resultado determinaron que las redes Wi-Fi, son vulnerables en cuanto a sus componentes de seguridad: autenticación (OSA y SKA, ) y cifrado de datos (WEP,WPA Y WPA2), destacando a Wimax como la tecnología con mejores características en cuanto a seguridad resaltando su cifrado, autenticación, generación de clave y clave de cifrado. Se concluye que esta investigación sirve de base para que en un futuro se pueda investigar otras redes inalámbricas.

Mohd y Markarian (2015) en su investigación "Optimización de la red para la integración de Wifi y WiMAX". Los autores investigaron y simularon en función del escenario utilizando herramientas de simulación de modelador como OPNET, comparando su rendimiento, paquete caído, valor MOS y jitter; el problema que se presentó es la discusión sobre la interoperabilidad de wifi frente a Wimax basado en limitaciones y deficiencias en ambas tecnologías inalámbricas. Los autores evaluaron aplicaciones y combinaciones de tráfico para todos los usuarios de la red Wifi para utilizar ampliamente el ancho de banda, ¿qué resultados obtuvieron? El primer escenario evaluó el número de usuarios de wifi que se pueden alojar en una estación base. El segundo escenario evalúa el tráfico optimizado que será generado en base a la misma topología; así mismo, se presentan los resultados de los parámetros de simulación y la calificación de rendimiento de las aplicaciones asignadas. La investigación concluye que los OPNET modeler permiten a los usuarios crear modelos personalizados y simular diversas redes de comunicación, la simulación se aplica durante 10 minutos para determinar rendimiento, retraso y paquete. El trabajo se orienta principalmente a la integración de las redes inalámbricas Wifi y Wimax.

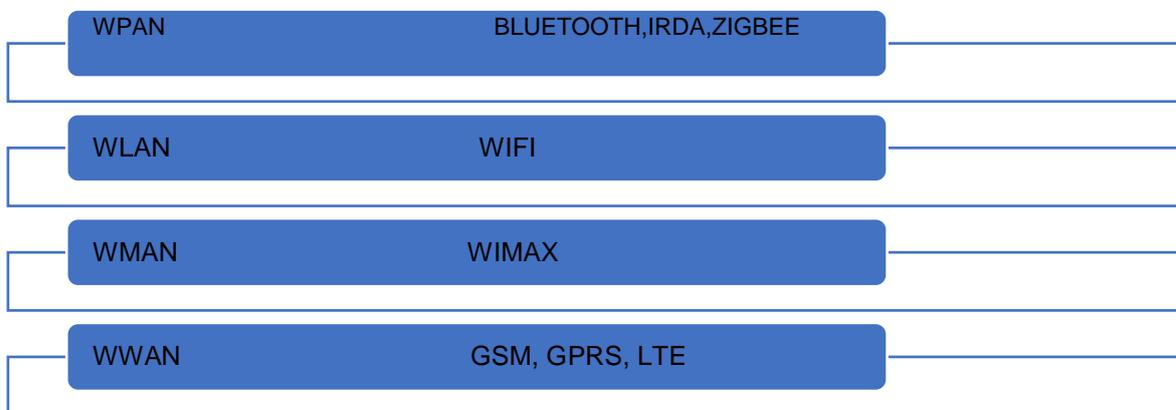
Nithya y Rao (2017), tema que abordaron "Análisis comparativo de la tecnología inalámbrica opciones para la conectividad rural ", esta investigación afrontó como problema que el 70 % de la población de la India vive en comunidades rurales que no cuentan con tecnología inalámbrica, y no tienen acceso a información, para ello, afirman que el origen es la pobreza en áreas rurales la cual impide el desarrollo de las comunidades. Los autores realizaron evaluaciones de las tecnologías Wimax, LTE, radio cognitiva 2G / 3G y Wi-Fi de largo alcance. Los métodos que utilizaron fueron mediante una evaluación comparativa, examinaron los siguientes parámetros: licencia de espectro, CAPEX, rango de transmisión, soporte de proveedores, velocidad de datos, ancho de banda del canal y latencia. Los resultados que obtuvieron son basados en los análisis de las diferentes tecnologías inalámbricas, siendo Wi-Fi de largo alcance el mejor candidato para propiciar conectividad de banda ancha a gran velocidad a zonas rurales. La investigación concluye que la cobertura actual de banda ancha en áreas rurales es deficiente y asegurar un buen servicio de la última milla es un desafío para los operadores.

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### Redes Inalámbricas

Son redes que emplean ondas de radio que sirven para interconectar dispositivos sin la utilización de cables. Las redes inalámbricas permiten a los dispositivos conexiones sin dificultades, a pesar de encontrarse a metros o kilómetros de distancia, logran ubicarse en el mercado como alternativa a las redes cableadas, extendiéndose de manera ágil en el mercado tecnológico.

Estas redes se clasifican en cuatro tipos según el alcance de la señal y el área de aplicación: La Figura 1 muestra estas cuatro categorías:



**Figura 1.** Grupo de tecnologías inalámbricas. Fuente: (Salazar, 2016)

## **Tecnologías inalámbricas**

Es un conjunto de normas que permiten la transmisión de datos de forma inalámbrica a corto y largo alcance, las cuales utilizan ondas de radio que operan en determinadas frecuencias (2.4 GHz, 5.8 GHz, etc.).

Entre las tecnologías más importantes que destacan en el mercado son: Wifi, Wimax y 4GLTE.

## **Ancho de banda**

Es el volumen de información que se envía mediante una conexión de red en un determinado tiempo y se indica en Mbps (megabytes por segundo), BPS (bits por segundo), kbps (kilobytes por segundo).

## **Banda ancha**

Hace referencia a que posee una elevada capacidad para transportar información que se relaciona a la velocidad de transmisión, es decir, velocidad de carga y descarga a través de distintos tipos de tecnologías como conexión por cable (fibra óptica) e inalámbrica.

## **Estación base**

Son las que realizan la gestión de los recursos del radio enlace y el control de los usuarios en función de los requisitos de cobertura y densidad de los mismos.

## **Protocolo de red**

Conjunto de normas que indican el procedimiento para enviar y recibir datos entre ordenadores, que controla o autoriza la conexión y la transferencia de datos.

## **Topología de red**

Es la disposición o despliegue de la red, que incluye nodos de conexión. Existen dos formas de definir la arquitectura de una red: topología lógica y topología física.

## **Topología Física**

Se refiere a las conexiones físicas e indica cómo se interconectan los dispositivos como switches, routers, y puntos de acceso inalámbrico. Las topologías físicas son: estrella, bus y anillo.

## **Topología lógica**

Es un diagrama cuyo objetivo es mostrar la arquitectura de la configuración lógica de la red, que incluye IPs, segmentos, VLans, etc. en relación a la topología física logra el funcionamiento adecuado de la red en el plano físico de forma eficiente.

## **Internet**

Es un conjunto descentralizado y conformado por diferentes redes de cada país del mundo, considerado como un sistema de alcance global de redes para acceder a información de distintas fuentes a través de computadoras interconectadas que utilizan protocolos.

## **Velocidad de transmisión**

Es la relación que existe entre la información que se transmite en la red y el tiempo que se tarda en realizarla, de tal manera que cuanto mayor sea esta velocidad mayor será la capacidad de la red.

## **Propagaciones**

Significa acción y efecto de propagar, donde hace referencia al modo de realizar o generar algún evento que llegue a distintos lugares.

## **Propagaciones por onda espacial**

Hace referencia a las ondas electromagnéticas que se irradian en kilómetros entre la tierra, la superficie y en los límites inferiores de la atmósfera terrestre.

## **Radio enlace**

Se puede definir como un sistema de comunicación entre puntos fijos o terminales de telecomunicaciones que proveen una capacidad de información e interconexión por ondas electromagnéticas, estos enlaces generalmente se aplican entre los 800 MHz y 42 GHz.

## **Interferencias**

Se puede definir como las señales que provocan la alteración de la recepción de otra señal.

## **Potencia de Transmisión (Tx)**

Es la potencia de salida del radio que depende de la frecuencia de operación y depende de las regulaciones de cada país.

### **Línea de vista directa.**

Se refiere al trayecto de la onda en un camino limpio, sin obstrucciones entre las antenas que transmiten y reciben; la línea de vista es indispensable para que establezca una mejor propagación de las señales.

### **Frecuencia de Operación**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, las frecuencias disponibles para establecer comunicaciones con redes inalámbricas en el Perú son: 2.4 GHz y 5 GHz. Para el desarrollo del presente proyecto, es conveniente considerar la frecuencia de 5 GHz porque no se sujetan al pago por la licencia de operación, permiso de instalación ni asignación de espectro.

### **Leyes y Regulaciones**

Decreto Supremo N° 013-93-TCC, que aprueba el texto único ordenado de la ley de telecomunicaciones, promulgada el 28 de abril de 1993, donde establece facultades al Ministerio de Transportes y Comunicaciones para otorgar autorizaciones para establecer y brindar servicio de telecomunicaciones en el ámbito nacional.

Decreto Supremo N° 020-2007-MTC, reglamento que establece disposiciones generales para la prestación de servicios de telecomunicaciones, administración del espectro radioeléctrico, la normalización y homologación de equipos de telecomunicaciones y la regulación del mercado de servicios establecidos en la ley de telecomunicaciones.

Decreto Supremo N° 003-2015-MTC, que aprueba el reglamento de la Ley N° 29022, Ley para la Expansión de infraestructura en telecomunicaciones, cuyo objetivo establece un régimen especial y temporal en todo el ámbito nacional, principalmente en áreas rurales, para la instalación y desarrollo de la infraestructura para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones.

Decreto Supremo 006-2013-MTC, modificación del artículo 22 del decreto supremo 024-2008 MTC, donde establece la identificación de bandas libres para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones en áreas rurales y de interés social, la cual no se requerirá contar con asignación de espectro, licencia de operación ni permiso de instalación en las bandas: 915-928 MHz,

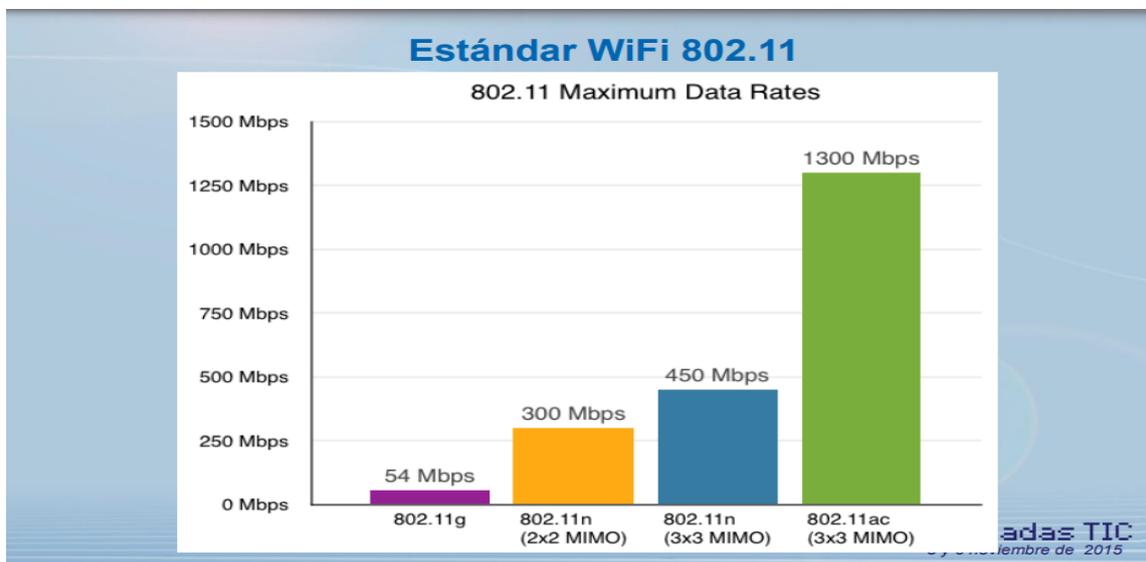
2400 – 2483.5 MHz y 5725 – 5850 MHz, siempre que la potencia máxima de salida de un transmisor, no exceda 30 dBm y las frecuencias 5 250 - 5 350 MHz y 5 470 - 5 725 MHz, la potencia máxima de salida de un transmisor no deba exceder de 24 dB.

### Tecnología Wifi.

Es una tecnología de comunicación inalámbrica a través de ondas, también es conocida como el estándar IEEE 802.11. Wifi es una abreviatura de Wireless Fidelity, que significa fidelidad inalámbrica. Es una marca de la Wi-Fi Alliance, una organización fabricante de software y hardware que promueve la utilización de la tecnología 802.11 y velar por su interoperabilidad. En un inicio, el termino Wifi era usada para los dispositivos con tecnología 802.11b, que operan en frecuencias de 2,4 GHz y permite la transmisión de datos a una velocidad de hasta 11Mbps.

### Estándares

Entre los principales estándares y características de la tecnología Wifi 802.11, se pueden detallar en la siguiente figura:

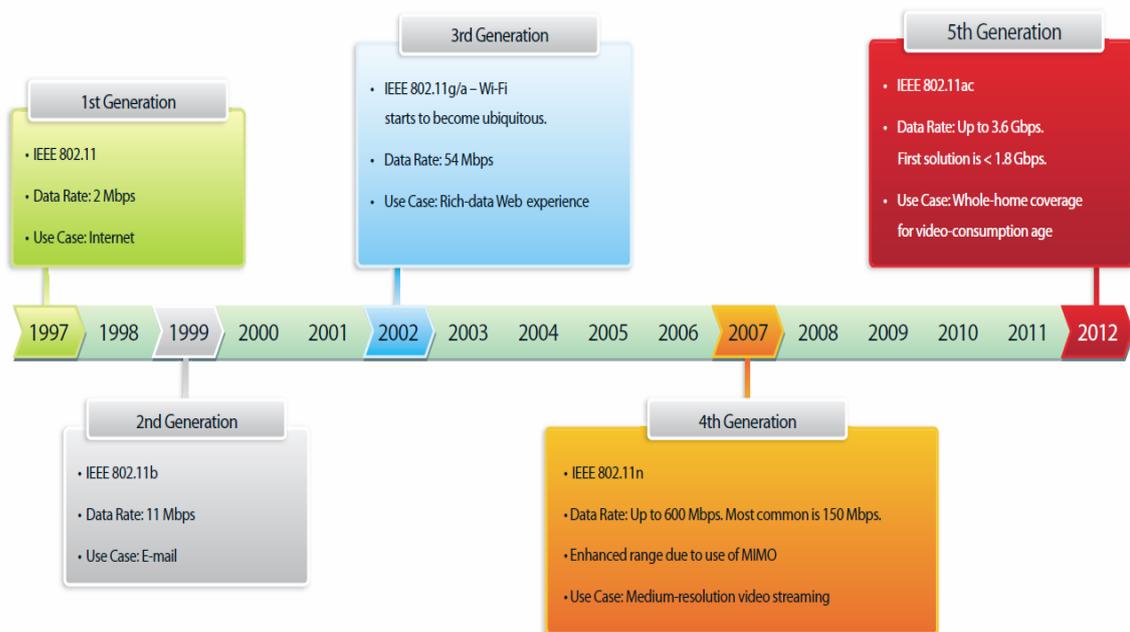


**Figura 2.** Características y estándares de la norma 802.11. Fuente: (Universidad politécnica de Madrid,2016)

## IEEE 802.11AC (WIFI 5)

En diciembre de 2012 se lanzó el estándar IEEE 802.11ac que mejora la norma IEEE 802.11n. Esta tecnología es aplicable a la banda de 5 GHz, con mejoras significativas en cuanto a velocidad de transmisión, mayor cobertura de rango y compatibilidad con dispositivos que operan en la banda 5GHz.

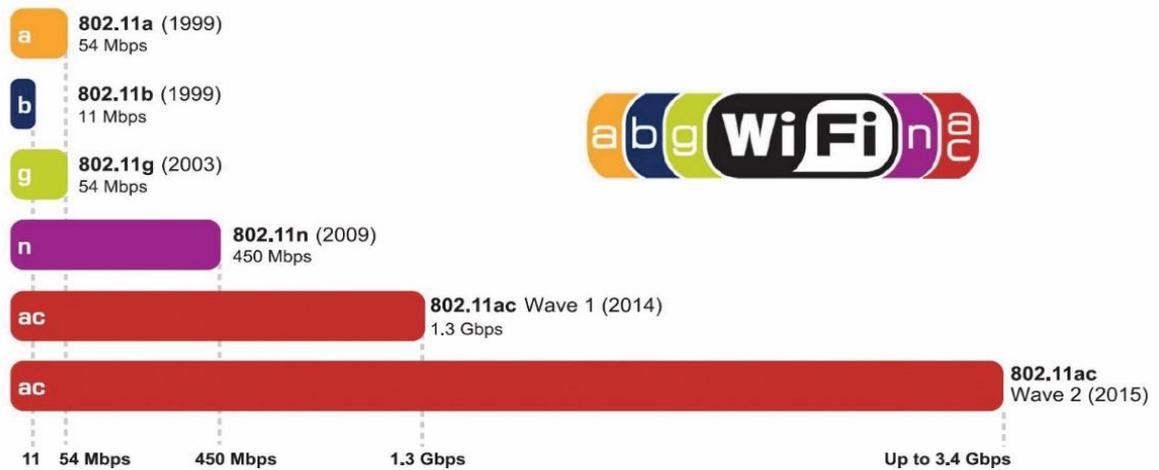
En la siguiente figura, se muestra las generaciones de las normas 802.11



**Figura 3.** Generaciones del estándar 802.11. Fuente: (Salazar, 2018)

## Evolución de Wifi

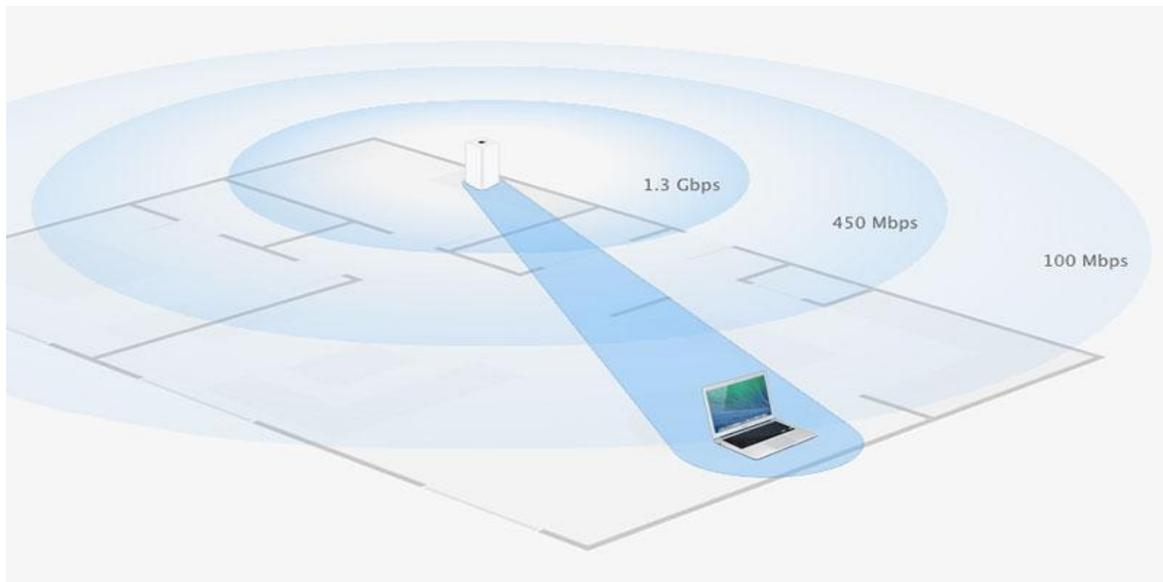
Las velocidades de transmisión en el nuevo estándar 802.11 ac, estiman tasas de 13.3 Gbps, donde cada vez existen más dispositivos compatibles con esta tecnología; lo que indicaría que con esta tecnología podríamos tener equipos conectados hasta con más de 5 antenas en simultáneo, teniendo así una red robusta y de alto rendimiento.



**Figura 4.** Evolución de la tecnología Wifi. Fuente: (ee Publishers, 2017)

## Cobertura

La tecnología Wifi 802.11 a.c, utiliza la banda de los 5GHz, (banda libre) y el alcance es menor en relación a la frecuencia de 2.4 GHz. Este estándar cuenta con Beamforming para transmisión y recepción, y tiene la capacidad de superar obstáculos llegando al punto del usuario por un buen trayecto.



**Figura 5.** Cobertura de la tecnología Wifi. Fuente: (Tecnomagazine, 2018)

## Ancho de canal

Permite usar un ancho de canal de mayor amplitud de hasta 160 MHz, con fracción de 80MHz por cada stream, para mejorar la velocidad inalámbrica y estabilidad de la red.

Tabla 1

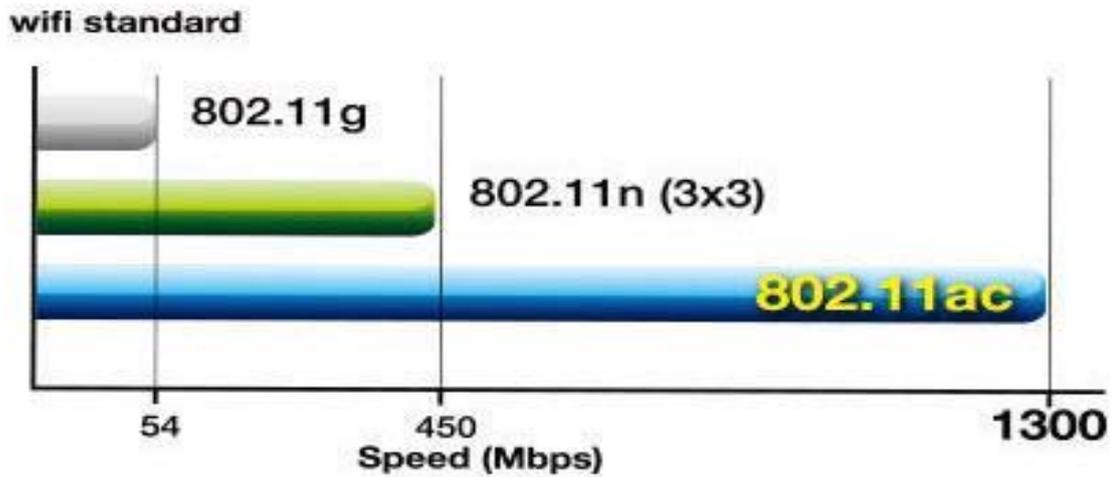
Ancho de canal de la tecnología Wifi 802.11 a.c

<b>Ancho de canal en la norma 802.11 ac.</b>				
Streams	20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz
1	86 Mbps	200 Mbps	433 Mbps	866 Mbps
2	173 Mbps	400 Mbps	866 Mbps	1.73 Gbps
3	288.9 Mbps	600 Mbps	1.3 Gbps	2.34 Gbps
4	346.7 Mbps	800 Mbps	1.73 Gbps	3.46 Gbps

**Nota.** Detalle de capacidades de transmisión según el ancho de canal. Fuente: Syscom Blog (2017).

### Principales características del estándar 802.11 AC

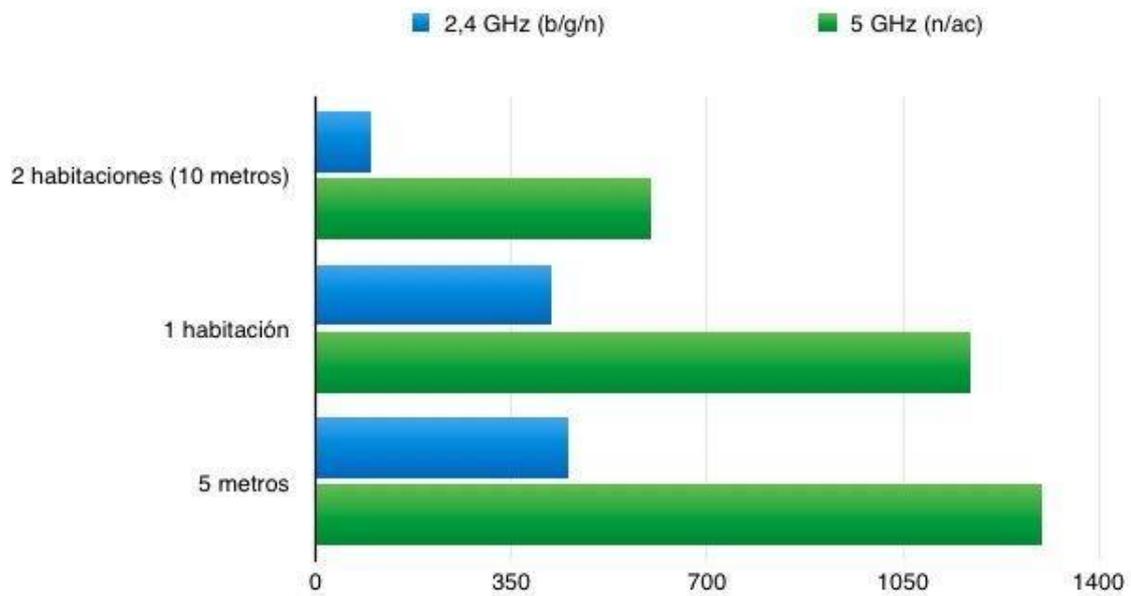
Las primeras ventajas residen en que la velocidad es mayor, logrando hasta 1.3 Gbps, debido al movimiento de información de tres flujos de 450 Mbps cada uno.



**Figura 6.** Características del estándar 802.11 ac. Fuente: (Grutecno,2017)

### Técnicas y velocidades de transmisión

En el estándar el 802.11ac, las técnicas de transmisión emplean hasta 8 antenas y la banda de 5 GHz, logrando velocidades en más de 1 Gbps.



**Figura 7.** Banda de frecuencia que opera la tecnología Wifi. Fuente: (Keektopia, 2018)

## Autenticación y Seguridad

Uno de los problemas que frecuentemente se enfrenta WiFi es la seguridad, que al expandirse por el aire esta red puede verse sometida a accesos no autorizados. Para evitar esta acción es necesario proveer a las redes de mecanismos que brinden una adecuada seguridad.

Con la finalidad de lograr que la seguridad sea eficiente, se creó WEP (wired equivalent privacy) que significa privacidad equivalente a cableado, sin embargo, lograron vulnerar las contraseñas bajo esta autenticación y se reemplazó con WPA (WiFi Protected Access) con detalles criptográficos RC4. Actualmente existe WPA2 que cuenta con el algoritmo de encriptación AES (estándar de cifrado avanzado) y Las claves que se emplean para el cifrado se determinan durante el procedimiento de autenticación.

La siguiente tabla muestra los niveles y características de la seguridad de una WLAN

*Tabla 2*

*Protocolos de Seguridad WLAN*

Descripción	WEP	WPA	WPA2
Autenticación	N/A	IEEE 802.1 /EAP/PSK	IEEE 802.1 X/EAP/PSK
Algoritmo Criptográfico	RC4	RC4	AES
Tamaño de la llave	40 a 104 bits	128 bits	128 bits
Método de cifrado	WEP	TKIP	CCMP
Integridad de datos	CRC-32	MIC	CCM
Llaves por paquetes	NO	SI	SI
Longitud del IV	24 bits	48 bits	48 bits

**Nota.** Protocolos de seguridad WLAN Fuente: Slideplayer (2017)

## **Tecnología Wimax**

Wimax, cuyas siglas son Worldwide interoperability for microwave access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas).

Es el estándar tecnológico IEEE 802.16, con mayor cobertura y ancho de banda. Esta norma de transmisión inalámbrica de datos (MAN) utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,5 a 5,8 GHz y puede tener una cobertura hasta de 70 km. Así mismo permite disponer servicio de internet a lugares donde no puede llegar la fibra óptica. WiMAX fue creada como una tecnología de última milla y puede ser aplicada en enlaces MAN o WAN, sobre esta tecnología se puede transportar IP, T1/E1, TDM, ATM y voz, por su capacidad para trabajar como portadora, por esta característica es empleada en redes de voz y datos, así mismo en operadores de telecomunicaciones. (Chacón, 2017, p.13)

## **Principales características de Wimax**

*Tabla 3*

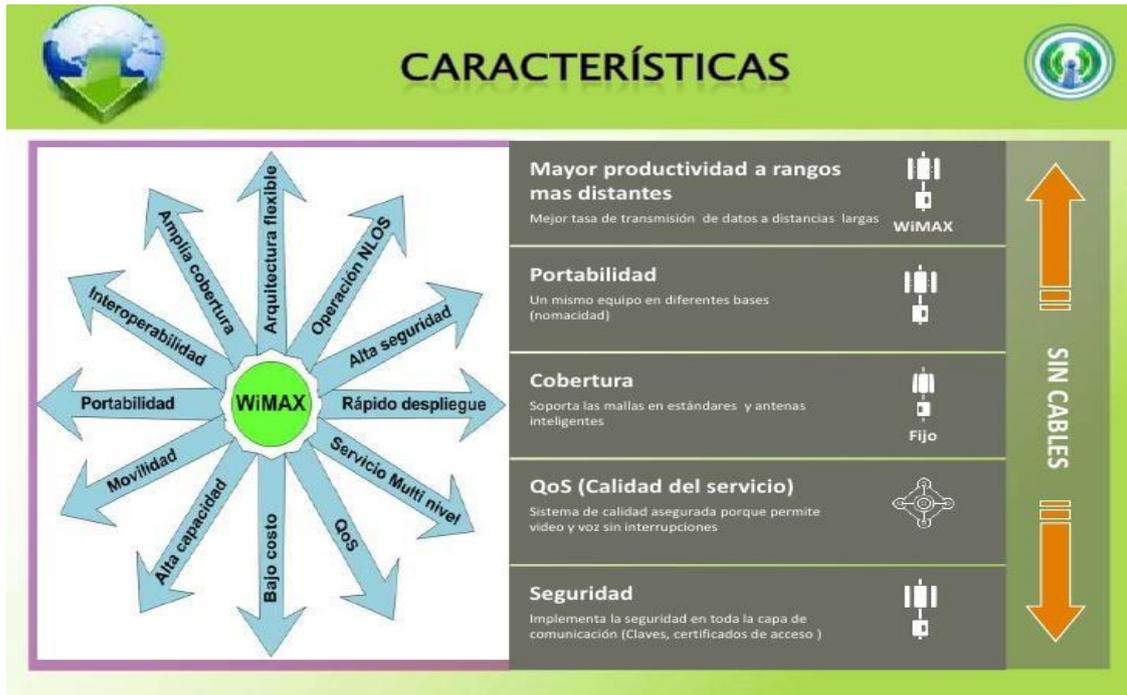
*Características de Wimax*

---

<b>CARACTERISTICAS</b>
Cobertura de hasta 70 km con antenas direccionales de altas capacidades
Velocidades de hasta 80 Mbps, en tanto que el espectro se encuentre sin interferencias.
Escalabilidad, lo que permite agregar más canales, dependiendo de las regulaciones vigentes.
Gran ancho de banda
Seguridad, con autenticación AEP (protocolo de autenticación extensible) y encriptación AES (estándar de encriptación avanzada)

---

**Nota:** Principales características de la tecnología Wimax. Fuente: Slideplayer (2017)



**Figura 8.** Principales características de Wimax. Fuente: (slideshare,2018)

## Características del estándar IEEE.802.16

Tabla 4

Principales características del estándar 802.16.

<b>Características del estándar 802.16.</b>			
Estándar	802.16, 802.16b, 802.16 c	802.16d (2004)	802.16e
Aprobado	2001,2002,2003	Julio 2004	Diciembre 2005
Frecuencia	10GHz-66 GHz	2GHz-11 GHz	2GHz-6 GHz
Condiciones de visibilidad emisor-receptor	LOS (line of vision) directa	Near los (cercano a la visión directa)	NOS (no line of vision), sin línea de vista
Ancho de banda de canal	20 MHz -28 MHz	1.7 MHz -20 MHz	1.25 MHz -20 MHz
Caudal			
Transmisión de datos	Hasta 34 Mbps	Hasta 75 Mbps	Hasta 75 Mbps
Tipo de Transmisión	SCA(single carrier)	ODFDM 256	ODFDM 2048
Movilidad	fijo	Fijo y portátil	Fijo y móvil
Cobertura	5 km	30 km	10 km
Tipo de mercado al que va dirigido	Urbano, acceso a internet en edificios	Urbano, suburbano, rural	Acceso a dispositivos móviles

**Nota.** Capacidades de la tecnología Wimax Fuente: Riunet (2016)

## Topologías de la red Wimax

Según Wimax fórum, esta tecnología posee varias topologías de despliegue de red que pueden soportar, entre ellas tenemos:

### Punto a Multipunto (PTM)

Ofrece banda ancha para zonas residenciales, oficinas y zonas rurales.

Conectividad entre edificios aplicando un backhaul.

Se puede atender a múltiples usuarios a la vez a menor coste, siempre y cuando este en el área de cobertura.

Establece conexiones con varias estaciones.

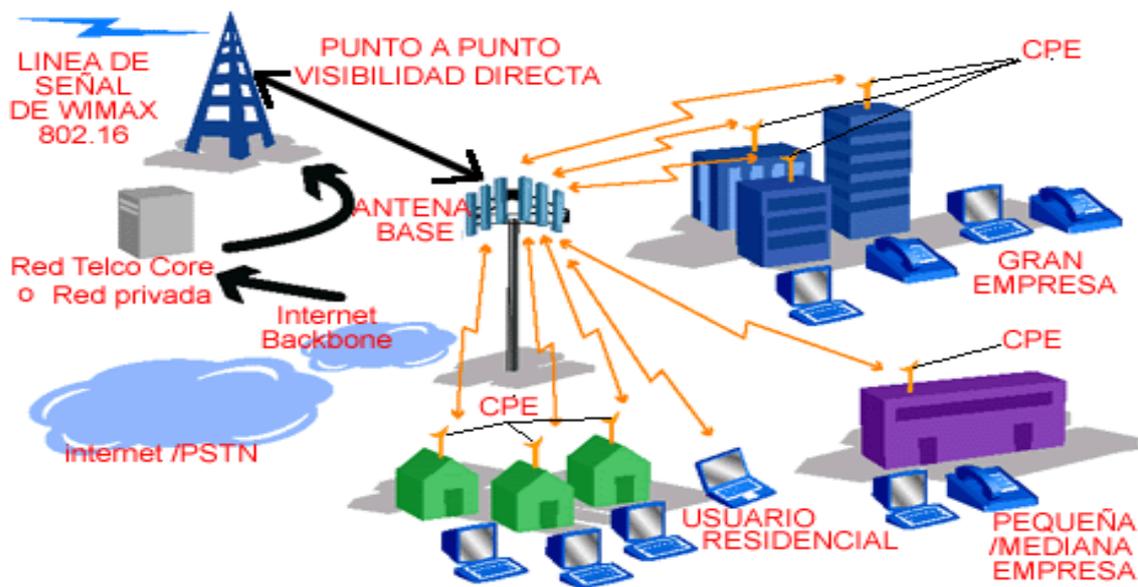
Esta topología es la más extendida frente a la topología punto a punto, permitiendo mayor número de usuarios y limita el número de dispositivos para operar la red.



**Figura 9.** Topología de red tipo punto a multipunto. Fuente: (Econectia,2016)

## Punto a Punto (PTP)

Se caracteriza por tener antenas de tipo direccional, sectorial u omnidireccional que se ubican en la estación base para cubrir una zona específica o un rango de cobertura. Esta topología se usa para definir enlaces de alta capacidad o accesos dedicados según la necesidad del usuario.



**Figura 10.** Topología de red tipo punto a punto. Fuente: (Econectia 2016)

## **Funcionamiento básico de la red Wimax**

El funcionamiento básico de Wimax se divide en dos partes:

### **Estación base Wimax**

Elemento de la red que posee una o varias antenas para ofrecer cobertura, normalmente instalado por un operador de telecomunicaciones.



**Figura 11.** Estación base Wimax. Fuente: (Iberbanda,2016)

## Receptor Wimax

Está conformado por el equipo local de cliente CPE o usuario final, que cumple la función de recibir las señales de la onda de la antena emisora y concluye con la transferencia de datos entre el operador y el usuario.



**Figura 12.** Antena receptora Wimax. Fuente: (Wimax Forum,2016)

Así mismo, esta tecnología puede aplicarse de dos formas: con línea de vista directa (LOS) y sin necesidad de línea de vista directa (NLOS). La siguiente figura muestra un enlace con línea de vista directa.



**Figura 13.** Línea de vista(LOS) con tecnología Wimax. Fuente: Elaboración propia

### **Ventajas de la red Wimax**

Wimax ofrece muchas ventajas frente a otras redes inalámbricas, entre ellas se destaca: múltiples servicios que posibilita utilizar servicios como videos, VoiP y datos; su ancho de banda que llega admitir más de 60 conexiones en una sola estación base; alta seguridad a nivel de usuario como encriptación; permite la actualización de estándares nuevos; escalabilidad; brinda servicio de internet a escenarios rurales donde no puede llegar el ADSL y la fibra óptica; soporta las llamadas antenas inteligentes (Smart antenas) de las redes celulares de 3G Y 4G; costos de operación y mantenimiento del hardware son reducibles; su independencia del protocolo puede transportar ethernet, IP y ATM haciendo posible la compatibilidad con otros estándares; velocidad sin interferencias en los enlaces a largas distancias (50 km) con una velocidad de 70 Mbps.

### **Desventajas de Wimax**

La instalación requiere de una antena exterior por parte del proveedor; las conexiones se ven afectadas por interferencias cuando utilizan bandas de frecuencias no licenciadas; incremento del costo ante la necesidad de aumento de repetidores; la cobertura es determinante para utilizar la red Wimax, los operadores deben proporcionar dicha cobertura y las antenas necesarias.

## Antenas Wimax

Las antenas más utilizadas al momento de implementar tecnología Wimax y en base a las características que ofrece son: antenas omnidireccionales, antenas sectoriales y antenas de tipo direccional.

las antenas tipo direccional (panel) son utilizadas en enlaces punto a punto, mientras que las omnidireccionales brindan cobertura de 360°, y las sectoriales ofrecen entre 60°, 90°, y 120°.



**Figura 14.** Antena omnidireccional. Fuente: (Aztech, 2017)



**Figura 15.** Antenas de tipo sectorial. Fuente: (Aztech,2017)



**Figura 16.** Antena de tipo direccional. Fuente: (Wimo,2017)

## **Tecnología 4G Lte**

Es la sigla que se emplea para referirse a la cuarta generación de telefonía móvil, considerada como un estándar para la comunicación de forma inalámbrica que ofrece grandes velocidades para prestaciones de servicio como video llamadas, geo localización, transmisiones en vivo y navegación por internet. Esta tecnología está basada en el protocolo IP y es empleada por dispositivos inalámbricos como celulares y otros dispositivos que soporten esta tecnología. La diferencia con las generaciones que anteceden es la capacidad de velocidad que supera en algunos países los 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo.

LTE es una tecnología de radio acceso de 4ta generación o 4G, desarrollada en respuesta a la creciente demanda de alta capacidad de ancho de banda en redes móviles.; La reciente tecnología 4G LTE nos ofrece la posibilidad de cubrir las demandas que por motivos económicos o técnicos que el resto de tecnologías utilizadas no pueden proveer.

### **Ventajas 4G LTE**

*Tabla 5*

*Ventajas de la tecnología 4G LTE*

---

#### **TECNOLOGÍA LTE 4G**

---

Anchos de banda de 300 Mbps) y 75 Mbps

Alcances Line Of Sight (LOS), y hasta 50 Nm con medios aéreos

Margen espectral comercial en bandas 800, 1800 MHz y 2600Mhz no provoca interferencias con equipos de Comunicaciones.

Capacidad de incluir nueva tecnología 4G smartwatch que permite al usuario plena movilidad con capacidad de transferencia VoIP, video, geo posicionamiento, y datos

Tecnología basada en IP, lo cual reduce el número de conversores de medios e infraestructura. Interoperable con otras redes y sistemas.

---

**Nota:** Principales ventajas de la tecnología LTE 4G Fuente: Lucantech (2017).

## Desventajas de la tecnología 4GLTE

Tabla 6

*Desventajas de la tecnología 4G LTE*

---

### TECNOLOGÍA LTE 4G

---

La cobertura es limitada, sobre todo en centros poblados rurales

Se requieren de teléfonos de alta gama compatibles con esa

Tecnología, además, el costo de estos equipos es elevado.

Es limitado porque depende de un plan de datos para descargar.

En el Perú ofrece velocidades de transmisión muy bajas, no superan los 20 Mbps

---

**Nota:** Fuente: Lucantech (2017).

## Arquitectura del sistema LTE

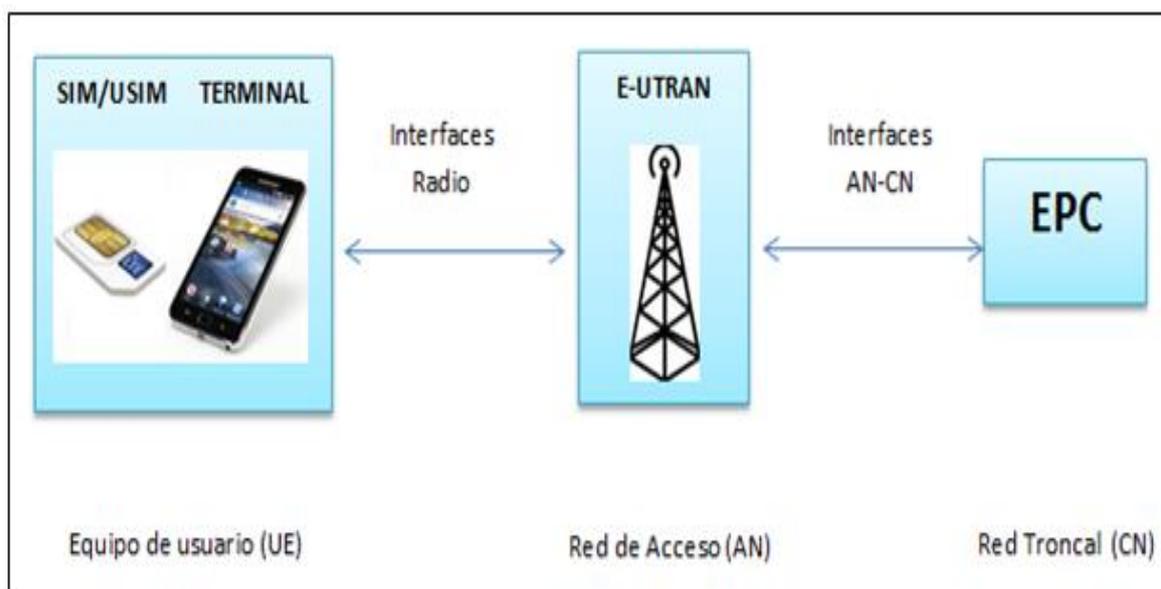
### Arquitectura general de los sistemas celulares

Se identifican tres principales componentes que conforman dicha arquitectura:

**Equipo de usuario:** Es un dispositivo que permite acceder al usuario a los diversos servicios que ofrece la conectividad inalámbrica; este dispositivo cuenta una tarjeta inteligente, denominada tarjeta SIM (Subscribe Identity Module), la cual contiene ciertas características para conectarse a la red.

**Red de acceso:** Es un proceso del sistema que se encarga de realizar la transmisión y comunicación con los dispositivos del usuario para lograr conectividad con la red troncal. Este proceso es responsable de gestionar los recursos radio disponibles para proveer los servicios portadores de forma eficiente. Esta red está conformada por estaciones base y por equipos controladores de estaciones base según sea su generación.

**Red troncal:** Este sistema es responsable del control de acceso a la red celular, entre ellos: gestión de interconexión con otras redes, autenticación de usuarios, control y señalización asociada al servicio de telefonía y gestión de la movilidad de los usuarios. Además, estos equipos albergan funciones de bases de datos, conmutación de circuitos, routing, etc.



**Figura 17.** Arquitectura de la red 4G LTE. Fuente: (Inalambricas-lte4g)

## **Aspectos técnicos 4G LTE**

**Protocolo IP:** En comparación con la generación anterior, la red 4G se basa en el protocolo IP, descartando la conmutación de circuitos y aplica la conmutación de paquetes. Entre las ventajas de emplear dicho protocolo en redes móviles, es que permite pagar por la tasa que consumimos, en razón a que se trabaja por paquetes, además, ofrece una mayor velocidad de transmisión sin saturar la red.

**¿Es compatible con cualquier teléfono celular?** Ante la interrogante, podemos afirmar que No, estas tecnologías de redes móviles operan de la siguiente manera: Las compañías de telefonía envían señales electromagnéticas a través de las antenas instaladas para proveer cobertura, donde nuestros dispositivos reciben la señal, estas señales se desarrollan en una frecuencia específica que varía de los 700 MHz a los 2600 MHz. En tal sentido, cada tecnología abarca una banda de frecuencia y es necesario determinar si nuestro dispositivo móvil es compatible con tal frecuencia.

### **1.4 Formulación del problema**

Actualmente en muchas comunidades rurales en el Perú, no disponen de un despliegue de red inalámbrica y acceso a internet, y las que existen no satisfacen las demandas de la población, principalmente en los centros poblados en el departamento de Huánuco; en ese sentido, esta investigación propone como formulación del problema:

#### **1.4.1 Problema general:**

¿Es posible determinar un diseño lógico de red inalámbrica que permita el acceso a internet en el centro poblado rural corazón de Jesús?

#### **1.4.2 Problemas específicos:**

¿Es posible evaluar las tecnologías de redes inalámbricas que permitan el acceso a internet en el centro poblado rural Corazón de Jesús en el departamento de Huánuco?

¿Las condiciones geográficas del centro poblado rural Corazón de Jesús permite la implementación de un sistema de red inalámbrica?

¿La implementación de una red inalámbrica generaría impacto social en el centro poblado rural corazón de Jesús?

## **1.5 Justificación e importancia del estudio.**

### **1.5.1 Justificación Teórica**

Debido a los avances tecnológicos y a la constante evolución, existe la necesidad de acceder a la información y al conocimiento a través de internet mediante conectividad de redes; este aspecto constituye un factor relevante para el desarrollo del país, especialmente en zonas alejadas de la ciudad (rurales), donde no es posible hacer llegar las redes cableadas (fibra óptica) por el alto costo que demanda su implementación.

La investigación se orienta específicamente al área de las tecnologías de la información y comunicación, la cual contempla el estudio de redes de computadoras que comprende los conceptos y las teorías basadas en la tecnología de redes inalámbricas como Wifi , Wimax, LTE 4G, para la aplicación de las metodologías en el diseño de red y conectividad para el caso de estudio que forma parte de esta investigación, la cual será de gran beneficio no solo para los pobladores, sino a las instituciones públicas y privadas que desarrollan diversas actividades en el centro poblado.

La viabilidad de esta investigación de acuerdo al problema propuesto, indica que la evaluación de las tecnologías inalámbricas señaladas, nos va permitir una conectividad inalámbrica muy eficiente con grandes alcances de distancia y alta capacidad de transmisión de datos en un escenario aplicativo.

Desde el punto de vista académico, esta investigación va permitir adquirir los conocimientos necesarios para aplicar las teorías y métodos de las tecnologías inalámbricas más eficientes que ofrece conexiones a internet, principalmente en zonas rurales donde la implementación de fibra óptica y otras tecnologías es escasa.

### **1.5.2 Justificación Social**

La presente investigación es relevante, porque generará un aporte significativo en beneficio de la población, ya que permitirá comprender las ventajas que poseen las tecnologías inalámbricas para el acceso a internet; en ese sentido, una futura implementación va permitir reducir la brecha digital y brindar servicios de conectividad a toda la población rural, de esa manera , la tecnología va mejorar la calidad de vida y satisfacer las necesidades de comunicación y acceso a información, además, será beneficiosa para las actividades del sector público y privado, como la Municipalidad del centro poblado, la Junta administradora del servicio de saneamiento (JASS) y la Institución educativa Inicial N°231 “Mi Pequeño Mundo”.

La presente investigación es de carácter pertinente y relevante porque realiza la evaluación de las distintas tecnologías de redes inalámbricas y plantea un diseño de red aplicable para el caso de estudio, ya que actualmente existe la necesidad de contar con servicio de internet en dicha comunidad para satisfacer los requerimientos de la población y de las instituciones existentes.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

El diseño lógico de la red inalámbrica permite el acceso a internet en el centro poblado Corazón de Jesús

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

Las tecnologías de redes inalámbricas permiten el acceso a internet en el centro poblado rural Corazón de Jesús en el departamento de Huánuco.

Las condiciones geográficas del centro poblado Corazón de Jesús permiten la implementación de un sistema de red inalámbrica.

La implementación de una red inalámbrica generará impacto social en el centro poblado rural Corazón de Jesús.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

Elaborar un diseño lógico de red inalámbrica que permita el acceso a internet en el centro poblado rural Corazón de Jesús.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

Evaluar las tecnologías de redes inalámbricas que permitan el acceso a internet en el centro poblado rural Corazón de Jesús en el departamento de Huánuco.

Identificar las condiciones geográficas del centro poblado rural Corazón de Jesús para la implementación de un sistema de red inalámbrica.

Determinar si la implementación de una red inalámbrica generaría impacto social en el centro poblado rural corazón de Jesús.

## **II MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1 Tipo y Diseño de Investigación**

#### **2.1.1 Tipo de Investigación**

Es una investigación de tipo aplicada, bajo el enfoque de la metodología cuantitativa.

#### **2.1.2 Diseño de la Investigación**

El diseño de investigación es pre experimental, ya que se pretende manipular la variable independiente.

### **2.2 Población y Muestra**

#### **2.2.1 Población**

Para esta investigación, La población está conformada por representantes de las entidades públicas y privadas, es decir, La directora de la institución educativa, el alcalde del centro poblado y el administrador de la empresa prestadora de agua del sector, además, de 27 pobladores (estudiantes, agricultores, comerciantes), en total, la población la constituye: 30 personas.  $N = 30$

#### **2.2.2 Muestra**

En relación a la Muestra, el tipo de muestreo es censal de acuerdo al interés de estudio, es decir, la muestra es toda la población, 30 personas.  $n=30$ .

## 2.3 Variables y operacionalización

### 2.3.1 Variables

Variable Independiente (X): Red inalámbrica.

Variable Dependiente (Y): Acceso a internet.

### 2.3.2 Operacionalización

Tabla 7

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Ítem	Técnica e instrumentos de recolección de datos
<b>Red Inalámbrica (Independiente)</b>	Infraestructura tecnológica	-Costo de instalación de sistema de telecomunicaciones	1-3	Técnica: encuesta. Instrumento: Cuestionario
	Transmisión de datos	-Velocidad de transmisión	4-6	
	Conectividad	- Nivel de señal de conexión dispositivos móviles	7-9	
<b>Acceso a Internet (Dependiente)</b>	Tecnología inalámbrica	-Tecnología 4g Lte, Wimax, WiFi.	10-12	Técnica: encuesta. Instrumento: Cuestionario
	Zona geográfica	- Área de cobertura de redes móviles -Cobertura de redes móviles -Altura	13-16	
	Impacto social	-Beneficio comunitario rural	17-20	

**Nota:** Fuente: Elaboración propia en base a las variables y dimensiones de estudio.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnicas:**

Para la presente investigación se aplicaron las siguientes técnicas:

#### **Análisis Documentario**

Comprende al análisis y la revisión bibliográfica obtenida de papers, artículos científicos, tesis, informes, libros, etc.

#### **Observación Directa**

Se realizó el reconocimiento geográfico de la zona de estudio, a fin de identificar los requisitos para el diseño de red y recopilar información relevante para la investigación.

#### **Encuesta**

Técnica de investigación que permite obtener y sistematizar información mediante diversos instrumentos de medición.

### **2.4.2 Instrumentos:**

Herramientas que emplea el investigador para recabar y clasificar la información a través de pruebas, formularios, test, encuestas, escalas de opinión, etc.

para recabar datos de interés de la investigación, se consideraron los siguientes instrumentos:

Google Earth

AirLink

Radio Mobile

INEI (Instituto Nacional de estadística e informática)

Aplicación Web Osiptel

Cuestionario

## 2.5 Procedimiento de análisis de datos

Los procedimientos que se realizaron para la recolección y análisis de datos son los siguientes:

- a) Revisión de la literatura y bibliografía relacionada con tecnologías de redes inalámbricas.
- b) Análisis y evaluación de las tecnologías de redes inalámbricas Wimax, WIFI y LTE 4G.
- c) Entrevista con los representantes de las 3 Instituciones, solicitando autorización para el recojo de información.
- d) Aplicación de un cuestionario de tipo dicotómico para la medición de variables y dimensiones.
- e) Aplicación de las herramientas informáticas: Google Earth, Osiptel móvil, Airlink y Radio Mobile para determinar la viabilidad del diseño de la red inalámbrica.
- f) Análisis e interpretación de los resultados obtenidos de los ambientes de simulación.
- g) Realización y propuesta del diseño de red inalámbrica para el centro poblado Corazón de Jesús.

Por otra parte, los datos cuantitativos obtenidos del cuestionario fueron consolidados en una hoja de cálculo (excel), además, para establecer la confiabilidad, se realizó el procesamiento de información a través del alfa de Cronbach, cuyo resultado fue 0,8, la cual indica la alta confiabilidad del instrumento de acuerdo a la escala de valoración, así mismo, se realizó el análisis inferencial para la prueba de hipótesis mediante el software estadístico SPSS.

## **2.6 Criterios éticos**

Para la presente investigación se consideraron los siguientes aspectos éticos:

### **2.6.1 Confidencialidad**

El investigador asegura la protección de la identidad de los participantes de esta investigación, y la reserva de información generada de las instituciones públicas y privadas.

### **2.6.2 Originalidad**

En el desarrollo de la investigación se citaron y se referenciaron las fuentes bibliográficas de acuerdo a lo estipulado en normas Apa.

## **2.7 Criterios de rigor científico**

### **2.7.1 Validación**

Se realizó la validación del instrumento de medición a través de juicio de experto; estos fueron evaluados por el Sr. Néstor Bermúdez Corzano, Ingeniero de Sistemas con maestría en dirección de sistemas y TI, con experiencia profesional en el área de redes y comunicaciones.

### **2.7.2 Trabajo Metódico**

La investigación implicó métodos y procedimientos para el desarrollo del estudio tales como: la recolección de información bibliográfica a través artículos científicos, tesis y plataformas web que fundamentaron la investigación; así mismo, la aplicación de software para el diseño de redes inalámbricas como Airlink, Radio Mobile, Google Earth, además, trabajo de campo en el escenario de estudio para recolección de datos y finalmente un análisis de las tecnologías wimax, Wi fi y 4GLte mediante un estudio comparativo.

### **III.RESULTADOS**

#### **3.1 Resultados en tablas y gráficos.**

##### **Caso de estudio**

En esta etapa, la investigación propone el caso estudio realizado en el centro poblado corazón de Jesús en la provincia de Huánuco. para lo cual, se realizó el reconocimiento de la zona geográfica para determinar y plantear un diseño de red inalámbrica, basado en los resultados del análisis de las tecnologías inalámbricas, es decir, la tecnología Wifi 5, en su estándar 802.11 ac, que se destaca por alto rendimiento de velocidad de transmisión, costo beneficio, mayor rango de cobertura entre otras ventajas. El diseño de red se realiza mediante radio enlaces con sistemas punto a punto y punto a multipunto realizado en ambientes de simulación respaldados por software especializados (Airlin, Radio mobile y Google Earth) para establecer eficientemente enlaces a cortas y largas distancias para brindar mayor cobertura a todo el centro poblado, principalmente a las 3 instituciones donde se requiere realizar una implementación futura para contar con servicio de internet y mejorar la calidad en la prestación de los servicios.

##### **Criterio de selección**

Entre las tecnologías de redes inalámbricas descritas, se ha decidido elegir el estándar 802.11 ac, conocido comercialmente como WIFI 5, debido a que esta tecnología ofrece cobertura de largo alcance, altas velocidades de transmisión, ancho de canal hasta 160 MHz y utiliza la banda de frecuencia 5 GHz con disponibilidad en el mercado de dispositivos compatibles con esta tecnología.

Por otra parte, implementar un diseño de red con la tecnología Wifi 802.11 ac, resulta determinante considerar el factor costo- beneficio a la hora de realizar una implementación, en ese sentido, el mercado actualmente ofrece una gama de dispositivos de diferentes series y marcas, que se ajustan a las necesidades de las Empresas y usuarios para mejorar la calidad del sistema de conectividad.

## **Diseño de la red**

En este capítulo se desarrolló el diseño basado en el acceso y la red Backhaul, así mismo, el reconocimiento geográfico de la zona de estudio para determinar la ubicación del radio base, se definió la topología de red, área de cobertura, dispositivos de conexión y especificaciones técnicas de los mismos.

El reconocimiento geográfico de la zona permitirá realizar el análisis para identificar los requisitos del proyecto de la red, cuyo objetivo es establecer conexión al centro poblado a través de simulaciones representadas en el software especializado.

### **Zona geográfica analizada**

EL centro Poblado corazón de Jesús, se encuentra ubicada al margen de la carretera central en el km 402 a una distancia de 6 km de cayhuayna (Capital del distrito de Pillco Marca), Limita por el Noroeste: Con el distrito de Huánuco; por el Sur Este: Con la provincia de Ambo; por el Este: Con el distrito de Conchamarca y por el Oeste: Con el distrito de San Francisco de Cayrán.

Los principales centros poblados que constituyen el distrito de Pillco Marca son Cayhuayna Alta, Andabamba, Casa blanca, Potracancha, Pumacán, Pitumama, las Flores, entre otros, y las principales comunidades que conforman el centro poblado. En esta comunidad se desarrollan actividades nativas como la agricultura, donde se destaca el cultivo de maíz, papa, camote, además de actividades de ganadería y artesanía.

Tabla 8

Datos geográficos del centro poblado (caso de estudio)

---

<b>Centro Poblado Corazón de Jesús</b>	
Extensión	12 km <sup>2</sup>
Coordenadas	9°59'32.22"S, 76°14'38.63"O,
Altitud	1970 msnm
Población	6,010 según INEI (Censos Nacional 2017)
Clima	Templado y frío
Vientos	Oscilantes de 7 a 12 km/h
Temperatura	Promedio anual de 27° max / 11° min. (°C).
Humedad	promedio anual 65 %

---

**Nota.** Información geográfica del centro poblado Corazón de Jesús. Fuente: Municipalidad distrital de Pillco Marca.

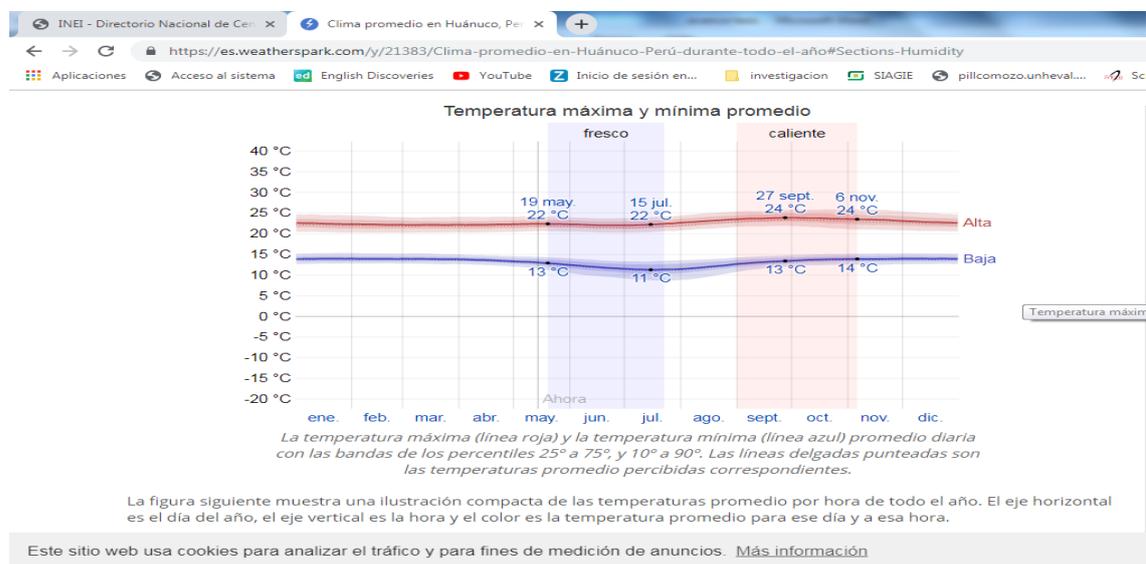
Las comunidades que integran el centro poblado son principalmente Yanag y Rosavero, son zonas que están ubicadas a orillas del río Huallaga y parte de las faldas de los cerros respectivamente. El acceso inicialmente es por la carretera central, para luego adentrarse por medio de caminos vecinales (trocha carrozable) que conecta Rosavero y otros anexos; así mismo, presenta distintos puntos de elevación debido a las montañas, además de ser un terreno irregular, existe abundante densidad de árboles.

Es importante resaltar los aspectos del clima que presenta el centro poblado, temperatura, vientos y humedad; siendo estos datos relevantes para un eficiente y correcto funcionamiento de los equipos de transmisión y emisión de radio frecuencias que conforman la arquitectura de la red.

En las siguientes figuras podemos apreciar una vista geográfica de centro poblado y cuadro del promedio anual de la temperatura de la ciudad de Huánuco.



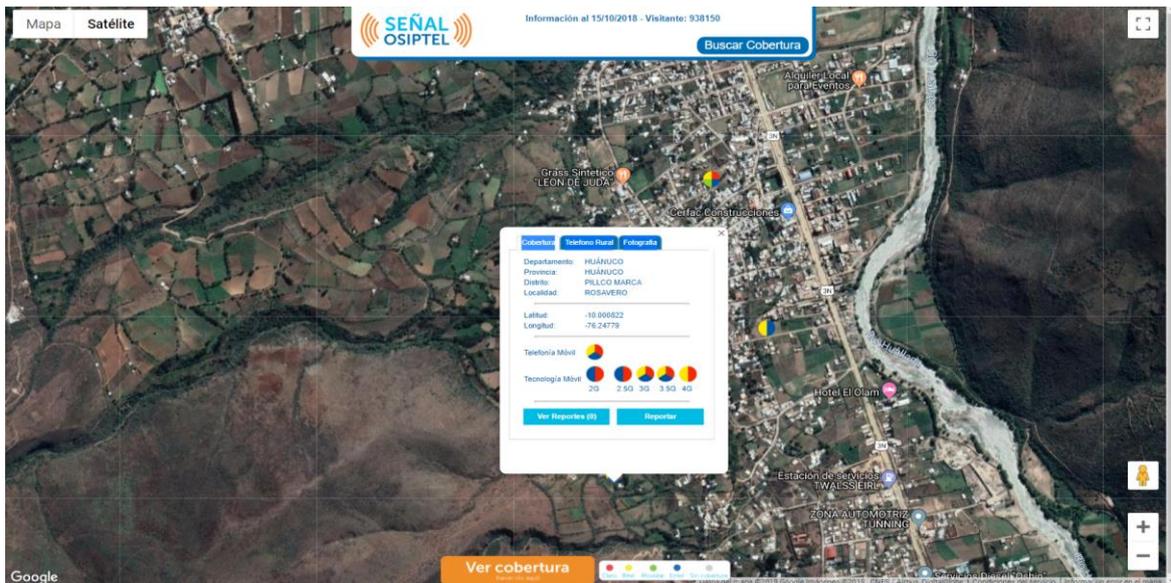
**Figura 18.** Mapa geográfico del Centro Poblado Corazón de Jesús. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática,2019)



**Figura 19.** Promedio anual de la temperatura en Huánuco. Fuente: (weatherspark.com,2019)

## Caracterización de la cobertura

Para determinar si el área que comprende la zona de estudio cuenta con cobertura móvil, se realizó la verificación a través de la aplicación Web que dispone el Organismo supervisor de inversión privada en telecomunicaciones (OSIPTEL), con la herramienta “Señal Osipitel”, cuyo resultado se muestra en la siguiente figura:



**Figura 20** reporte de cobertura y tecnología móvil del centro poblado Corazón de Jesús. Fuente: (Osipitel,2019)

De acuerdo a la consulta, Osipitel nos muestra los indicadores en forma de pequeños círculos de diferentes colores que representan la cobertura y las tecnologías de los distintos operadores, las cuales son (Amarillo: Bitel, Rojo: Claro, Azul: Entel, Movistar: verde).

El presente resultado nos indica que la señal de cobertura móvil está limitada a varias zonas que conforman el centro poblado, principalmente a las comunidades de Yanag y Rosavero, de igual manera con los tipos de tecnologías que los operadores ofrecen como la red 3G y 4G. Los indicadores muestran que en los sectores de Rosavero y Yanag, existe cobertura y tecnología móvil de los operadores: Claro (3G,3.5G,4G), Bitel (3G,3.5G,4G) y Entel (2G,2.5G, 3G,3.5G); Por otro lado, Movistar brinda cobertura móvil en otros sectores aledaños con tecnología móvil 3G y 3.5G.



**Figura 21.** Indicadores de cobertura y tecnología móvil en el centro poblado.

Fuente: (Osiptel,2019)

## **Identificación de requisitos**

En esta etapa se realizó el reconocimiento geográfico por distintas zonas que integran el centro poblado y la ciudad de Huánuco, con la finalidad de identificar los requisitos técnicos necesarios para considerar la viabilidad del proyecto, para así establecer la metodología adecuada para la implementación del sistema de radio enlaces.

El resultado nos permitió identificar que: a 5 km aproximadamente del centro poblado, en el distrito de Amarilis, la compañía Movistar ofrece servicio de internet a través de fibra óptica en planes domésticos dúo y trio, es decir, Internet, teléfono y televisión por cable, lo cual resulta primordial para conectar el sistema backhaul, para transmitir la red en forma inalámbrica hacia una estación base; se verificó que dicha zona cuenta con servicio eléctrico, necesario para suministrar de energía a los dispositivos de conexión, así mismo, se determinó la ubicación de la estación Base 1, establecida en la zona denominada Huancachupa, la cual cumple con las siguientes condiciones: disponibilidad de conexión eléctrica estable para el suministro de energía a los puntos de acceso (AP), además cuenta con acceso por carretera para una instalación futura de torres y antenas; finalmente presenta un relieve óptimo, en cuanto a altura de la zona, siendo esta una condición relevante para la línea de vista con el Backhaul. (Radio enlace crítico) con las estaciones o puntos de acceso de los usuarios finales.

## **Diseño Lógico**

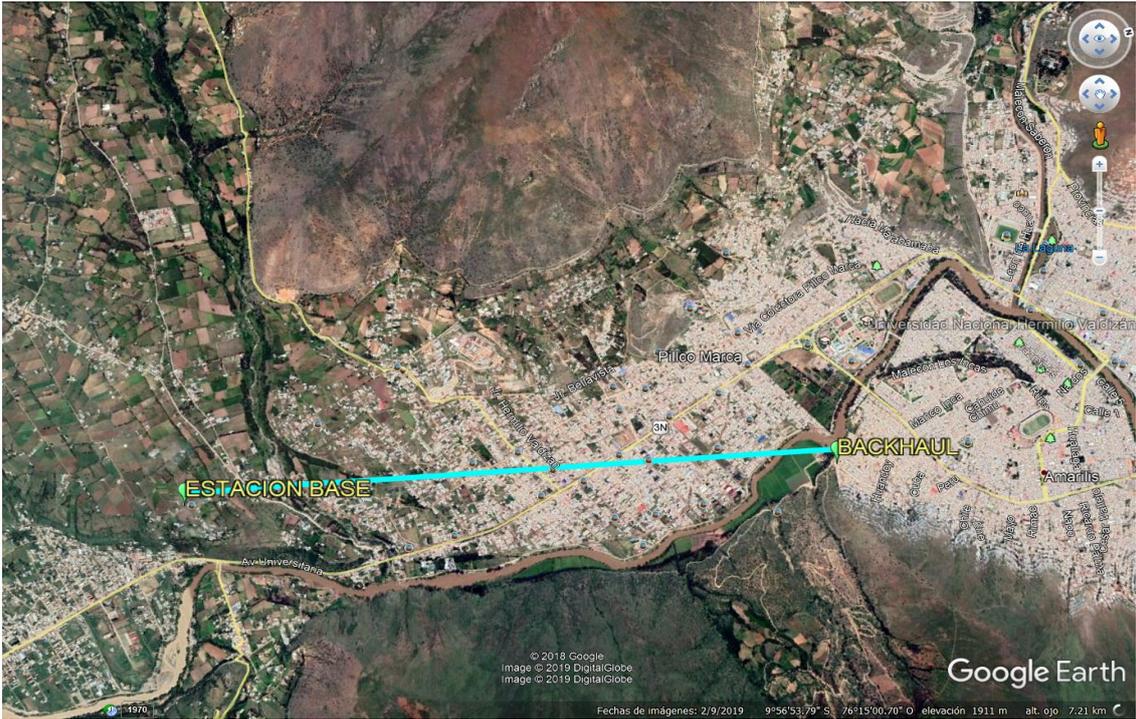
Con el objetivo de realizar el diseño de red bajo la metodología de la tecnología de radio enlaces y Wi Fi 802.11 ac para su implementación, en esta etapa se definió la topología de red que se aplicó al diseño lógico.

### **Topología de la red**

El diseño consta de una red inalámbrica ubicada en la frecuencia 5.8 GHz con enlaces punto a punto y punto multipunto, logrando dos sistemas de conexión que brinden cobertura a todo el centro poblado.

La elección de estas bandas responde a que en la frecuencia 5.8 GHz para los enlaces punto a punto, no se requiere licencia y es compatible con la mayoría de dispositivos de conexión, independientemente si se trata de Wi-Fi 802.11b, 802.11g, 802.11n y 802.11ac. Para el enlace punto multipunto la frecuencia 5.8 Ghz, es menos congestionada, las interferencias son menores debido a que el número de redes que transmiten en esta frecuencia son reducidos, y lo más importantes es que se trabaja a velocidades mayores.

**Sistema Backhaul – Estación base:** están integradas por 2 antenas de tipo direccionales. Esta conexión punto a punto cumple la función de interconectar estos dos nodos mediante la relación: emisión (Backhaul) y recepción de la red (Estación base1). Esta comunicación es factible si entre las dos estaciones existe línea de vista (Los) a través de las antenas transmisoras y receptoras, es decir: un trayecto limpio y sin obstrucciones.



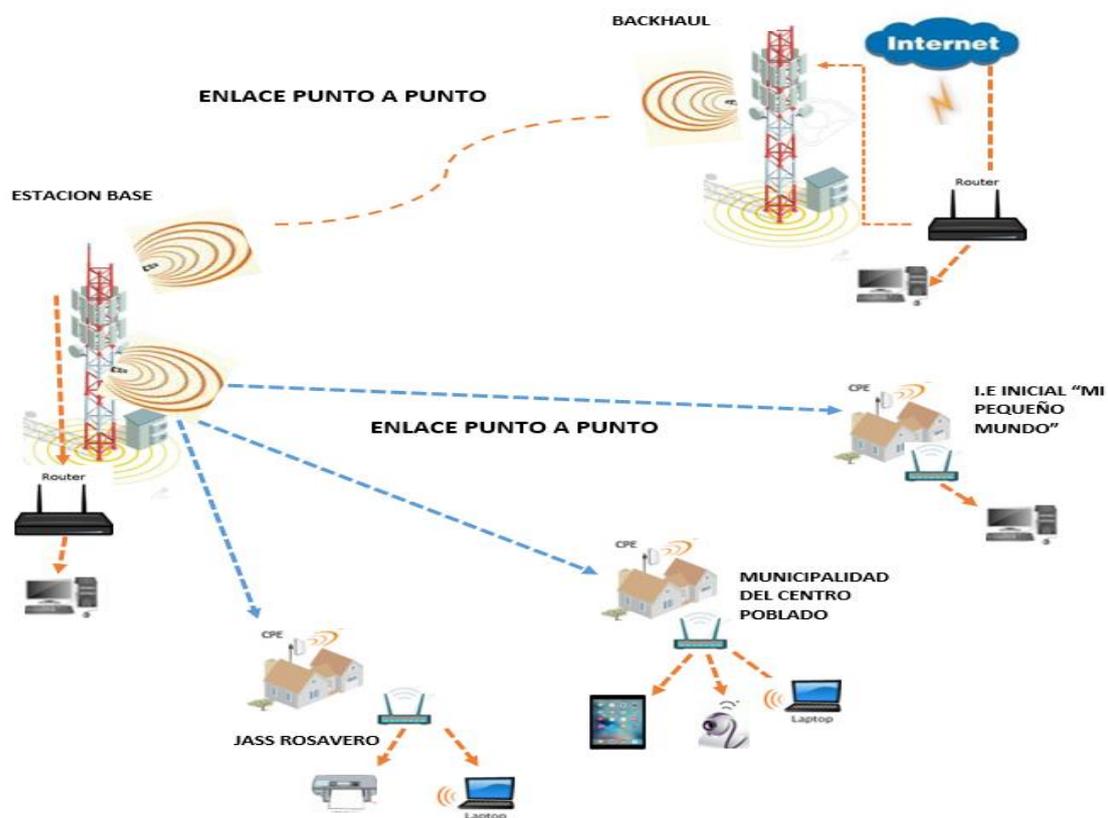
**Figura 22.** Enlace Punto a Punto Backhaul- Estación base. Fuente: (Google Earth, 2019)

**Sistema Estación Base 1 – Estación Clientes:** Esta conexión de tipo punto a multipunto, cumple la función de interconectar desde la Estación Base 1 a los usuarios finales. Este sistema está compuesto por una antena direccional ubicada en la estación base 1, que cumple la función de recepcionar la red del backhaul, además, se compone de 1 antena de tipo sectorial de 120 ° para emitir la señal e interconectar a las Instituciones públicas y privadas que se ubican en el centro poblado. Estas estaciones clientes están compuestas cada una por antenas de tipo direccional para recepcionar la red que emite la antena sectorial ubicada en la estación Base, para así conectar la red a través de un cable STP Cat5e desde la antena a un router Wifi compatible con el estándar 802.11ac y frecuencia 5.8 GHz, para brindar cobertura inalámbrica a toda la institución con una mejor transferencia de datos y velocidad de transmisión.



**Figura 23.** Enlace punto a multipunto estación base- estaciones clientes. Fuente: (Google Earth, 2019)

En la siguiente figura, se muestra el diseño lógico de la red con topología punto a punto y punto a multipunto para el centro poblado Corazón de Jesús.



**Figura 24** Propuesta del diseño lógico de la red. Fuente: elaboración propia

## Ubicación geográfica de los puntos de enlace

Para determinar la ubicación de las torres y antenas para las conexiones punto a punto y punto a multipunto, se aplicó AirLink (plataforma web para realizar cálculo de enlaces) en la siguiente dirección: <https://link.ui.com/>. Esta herramienta gratuita nos permitió establecer la ubicación de la red Backhaul, donde se instalará la antena que transmitirá la red a la estación Base 1 (BS), además, nos muestra la zona fresnel, para el cálculo de la propagación de las ondas entre un transmisor y un receptor, es decir, muestra la línea de vista (LOS) entre el Backhaul y la estación base para finalmente transmitir la señal de la estación base (antena sectorial) a las estaciones de los clientes suscriptores (CPE). Este software, nos muestra detalles importantes como: distancia entre los puntos de conexión, elevación del terreno, nivel de señal, selección de antenas, altura de las torres, potencia de salida, ancho de banda y otros datos.

En las siguientes ilustraciones, se muestran vistas panorámicas de las ubicaciones de los puntos de red.

### Backhaul



**Figura 25** vista panorámica de la ubicación geográfica del Backhaul. Fuente: (Google Earth, 2019).

## Estación Base



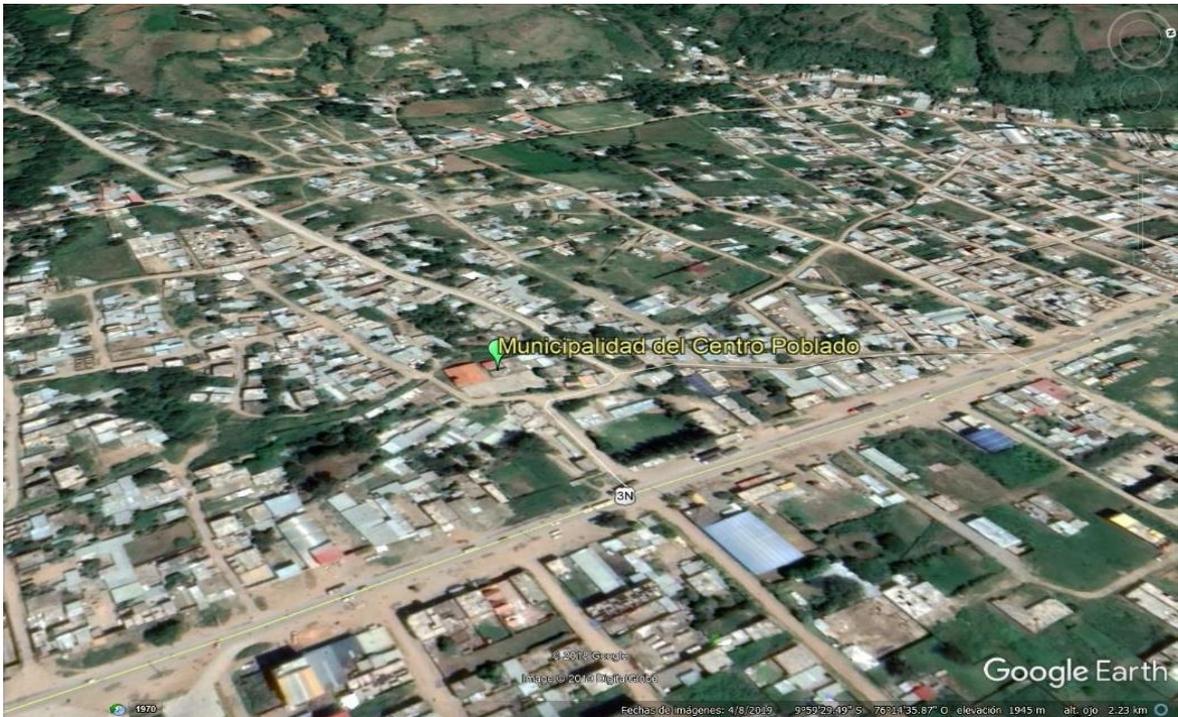
**Figura 26** Vista de la ubicación geográfica de la Estación Base. Fuente: (Google Earth, 2019)

***Institución Educativa inicial “Mi Pequeño Mundo”***



**Figura 27.** Vista panorámica de la ubicación geográfica de la IEI Mi Pequeño Mundo Fuente: (Google Earth, 2019).

***Municipalidad del Centro Poblado Corazón de Jesús***



**Figura 28.** Vista panorámica de la ubicación geográfica de la Municipalidad del Centro poblado Fuente: (Google Earth, 2019)

**Junta Administradora de servicios y saneamiento Rosavero (JASS)**



**Figura 29.** Vista panorámica de la ubicación geográfica del Jass Rosavero

Fuente: (Google Earth, 2019).

La siguiente tabla muestra las coordenadas de los puntos de enlace.

Tabla 9

Coordenadas de las Estaciones que conforman el sistema de enlace

Nombre del punto de conexión	Latitud	Longitud
Backhaul	9°57'4.65"S	76°14'35.18"O
Estación Base	9°58'54.68"S	76°14'54.14"O
Jass Rosavero	9°59'40.05"S	76°14'45.45"O
Municipalidad del C. P	9°59'32.55"S	76°14'38.31"O
I.E.I "Mi pequeño Mundo"	9°59'31.49"S	76°14'36.11"O

**Nota:** Ubicación de los puntos de enlace. Fuente: Google Earth (2019)

## **Diseño físico**

En esta etapa se realizó la selección de los dispositivos que integrarían los dos sistemas de conexión: punto a punto - Punto a Multipunto, teniendo en consideración características técnicas como: marca, tamaño, potencia de salida (dbm), ganancia (db), ancho de banda (MHz), frecuencia que operación, polarización y otros dispositivos que conforman el diseño de red propuesto en esta investigación para una futura implementación.

## **Selección de antenas**

En el mercado tecnológico existen diversas marcas de dispositivos para interconexión de redes inalámbricas, entre ellas: Mikrotik, Ubiquiti, Cisco, TP-link, Mimosa, entre otros, sin embargo, para el presente trabajo hemos seleccionado la marca Ubiquiti Networks, valorando su reputación, rendimiento, calidad y precio, además, cuenta con el software AirLink que brinda herramientas para realizar topologías de red en tiempo real y cuenta con una gran comunidad para soporte; para determinar que modelos de antenas Ubiquiti van a formar parte de la implementación, hemos considerado aspectos de: área geográfica de cobertura (inicialmente 8 km<sup>2</sup>), cantidad de usuarios a conectar y características técnicas de la antena, como: banda de frecuencia, potencia de salida, ancho de banda, precio, etc.

Para la conexión de los enlaces de la red, proponemos los siguientes modelos de la gama Ubiquiti:

1 Antena direccional modelo IsoStation 5AC, ubicado en la torre del Backhaul, y será el transmisor principal de la red hacia la estación base Rosavero, configurado como acces point (AP)1 en modo Bridge.

1 Antena direccional modelo IsoStation 5AC, configurado como receptor de la señal del acces point 1(Backhaul), ubicado en la E.B Rosavero.

1 Antena tipo sectorial modelo LiteAP AC de 120°, ubicada como segunda antena en la estación base para transmitir la red hacia los usuarios finales en punto Multipunto. Esta antena deberá configurarse como Acces Point 2 en modo bridge.

3 Antenas NanoBeam 5AC Gen2, ubicadas en las 3 Instituciones que forman parte de la topología de red; estas deberán ser configuradas como estaciones o router y conectados finalmente a un router inalámbrico para brindar conexión de internet inalámbrica (WI FI 5ac) a todos los dispositivos con las que cuentan las instituciones.

A continuación, presentamos las principales características técnicas de los modelos de antenas seleccionadas para el diseño físico de la red:

*Tabla 10*

*Características de la antena IsoStation 5AC Ubiquiti*

<b>Antena IsoStation 5AC</b>	
Modelo	UB IS-5AC
Velocidad	hasta 450Mbps
Antena	Con aislamiento intercambiable
Frecuencia de operación	5150 - 5875 MHz
Procesador	airMAX para mejor rendimiento
Consumo	Hasta 8,5W
Punto de acceso	PtMP airMAX Modo Mixto
Modo de enlace	punto a punto (PtP) de largo alcance
Ancho de banda	PtP: 10/20/30/40/50/60/80 MHz
Ancho de banda	PtMP: 10/20/30/40 MHz
Control de potencia de transmisión	automático / manual
Seguridad	WPA2

Fuente de alimentación 24V, 0.5A Gigabit PoE

Temperatura de funcionamiento de -40 a 70° C

Humedad de funcionamiento 5 a 95% Sin condensación

Peso 725.7 gr

---

**Nota.** Características generales de la antena IsoStation 5AC Fuente: Wifisafe (2017)



**Figura 30.** Antena direccional IsoStation 5AC. Fuente: (Ubiquiti,2018)

Tabla 11

Características técnicas de la antena LiteAP ac

---

<b>Antena LiteAP ac 120°</b>	
Modelo	LiteAP ac (LAP-120)
Memoria	64 MB
Velocidad	Hasta 450 Mbps
Ethernet	Puerto 10/100/1000 Ethernet
Frecuencia de Operación	5150 - 5875 MHz
Ganancia	16 dBi
Potencia de Transmisión	25 dBm
Energía	Adaptador PoE Gigabit a 24V, 0.5 A
Max. Consumo de Potencia	7 W
Temperatura de Operación	-40° a 70° C
Dimensiones	452.3 x 78.7 x 54.4 mm
Sistema Operativo	airOS 7

---

**Nota.**Fuente: Wifisafe (2018)



**Figura 31.** Antena tipo sectorial Liteap AC 120°. Fuente: (Ubiquitui,2018)

Tabla 12

Características de la antena NanoBeam 5AC Gen2

<b>Antena NanoBeam 5AC Gen2</b>	
Modelo	NanoBeam 5AC Gen2 (PBE-5AC-GEN2)
Velocidad	Hasta 450 Mbps
RAM	128 MB DDR2
Almacenamiento	8 MB
Interfaz de Red	Puerto 10/100/1000 Ethernet. Radio WiFi para Administración.
Frecuencia de Operación	2412 - 2462 MHz / 5150 - 5875 MHz
Ganancia de la Antena	19 dBi
Potencia de Tx	25 dBm
Sensibilidad de Rx	-96 dBm
Energía	24V - 0.5A / Adaptador PoE Gigabit
Máximo Consumo de Potencia	de 8.5 W
Sistema Operativo	airOS 8

**Nota.** Fuente: Wifisafe (2018)



**Figura 32.** Antena direccional para estación cliente NBE-5AC-GEN2. Fuente: (Brandenet, 2019)

## **Selección de otros dispositivos**

De acuerdo al diseño de red, es importante considerar los router que se ubicarán en el backhaul y la Estación base, para lo cual proponemos el Router HEX Lite RB750r2 de la marca Mikrotik, que ofrece un sistema operativo nivel 4, totalmente administrable para la red, además de facilidad en su uso, buen rendimiento y sobre todo el precio que es muy asequible. Estos dispositivos se encargarán de llevar la red por la ruta adecuada, considerando las IP asignadas en cada dispositivo de conexión. En el Backhaul es necesario contar con un ordenador o PC de escritorio para realizar las configuraciones mediante el software que ofrece Mikrotik ,para administrar el tráfico de paquetes que se asignarán a cada cliente; en este caso se propone el ordenador DELL Inspiron 5680 como estación de trabajo .Para complementar la arquitectura del sistema de conexión inalámbrica, hay que considerar el tipo de cable que va conectar las antenas con el router en los sistemas punto a punto y punto a multipunto; teniendo en cuenta estas consideraciones es recomendable utilizar el cable de red STP Cat 5e de 24 AWG para exteriores apantallado que cuenta con conductores de cobre sólido; así mismo, las torres de tramo para la instalación del Backhaul y la Estación base, deberán ser torres ventadas semi pesadas de tipo modular y de sección constante, que necesitan cables tensores para soportarse y para las estaciones clientes se recomienda torres ventadas livianas. Finalmente, para garantizar la seguridad de las antenas, es necesario contar con pararrayos terrapuntal tipo Franklin en medida de 5/8, para evitar daños a la infraestructura y a las personas.

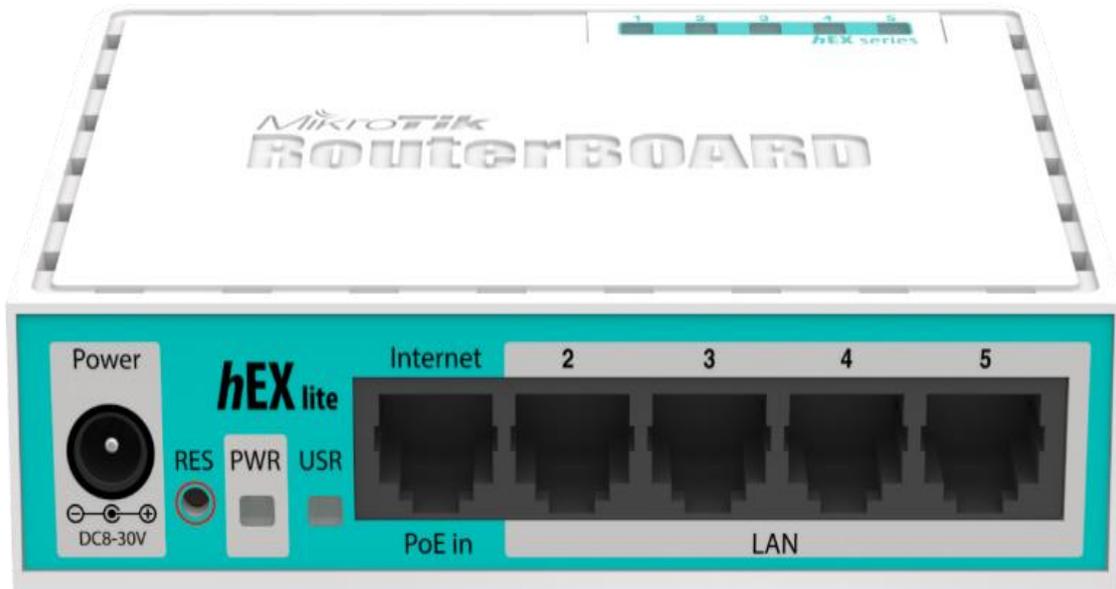
A continuación, detallamos las especificaciones técnicas de los dispositivos considerados en el diseño de red.

*Tabla 13*

*Características técnicas del HEX Lite*

<b>Router HEX Lite</b>	
Código del producto	RB750R2
Número de núcleos de CPU	1
Arquitectura	MIPS-BE
Tamaño de RAM	64 MB
10/100 puertos Ethernet	5
Conector de alimentación	1
Voltaje de entrada soportados	6 V - 30 V
PoE en	Sí
Dimensiones	113x89x28mm
Sistema operativo	RouterOS
Rango de temperatura de funcionamiento	-20C A + 70C
Nivel de Licencia	4
UPC	QCA9531
Consumo de energía máximo	2W
Tamaño de almacenamiento	16 MB

**Nota.** Fuente: Mikrotik, (2019)



**Figura 33.** Router HEX Lite. Fuente: (Mikrotik, 2019)

Tabla 14

Características del Ordenador Inspiron 5680 de DELL

---

<b>INSPIRON 5680 DELL</b>	
Disco duro	2000 GB
Memoria	16 GB
Interfaz de memoria	DDR4 a 2400 MHz (doble canal)
Procesador	Core i7-8700 de Intel
Arquitectura	64 bits
Núcleos	6 núcleos
Subprocesos	12 procesos
Velocidad	3.2 GHz
GPU	GeForce GTX 1070 de Nvidia
Núcs. de procesamiento	1920
Velocidad	1506 MHz
Velocidad máx.	1683 MHz
Memoria	8 GB
Tipo memoria	GDDR5 a 8 Gbps
Conectores audio	5
USB 2.0	6
USB 3.0	6
Bluetooth	4.2
Wi-Fi	802.11 ac
Ethernet	1

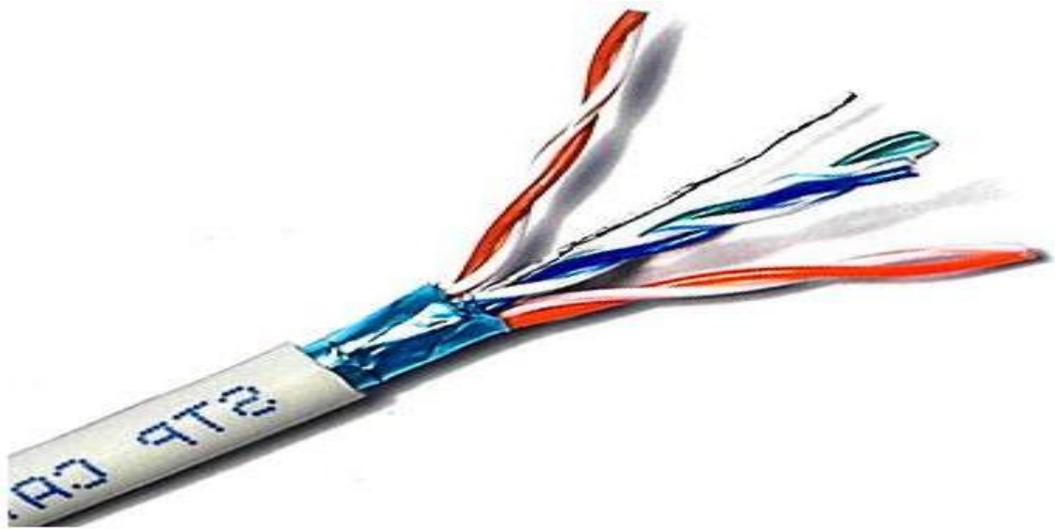
---

**Nota.** Fuente: Geektopia (2018)



**Figura 34.** INSPIRON 5680 DELL. Fuente: (Clongeek, 2019 )

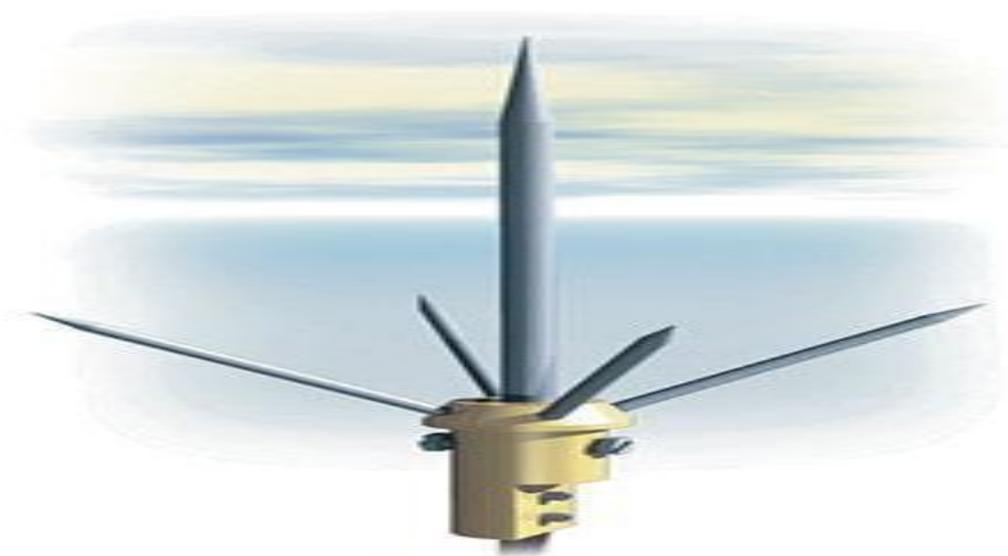
Cable STP Cat 5e de 24 AWG, Torres ventadas y Pararrayo punta Franklin



**Figura 35** Cable STP Cat 5e de 24 AWG. Fuente: (Electrosertec,2018)



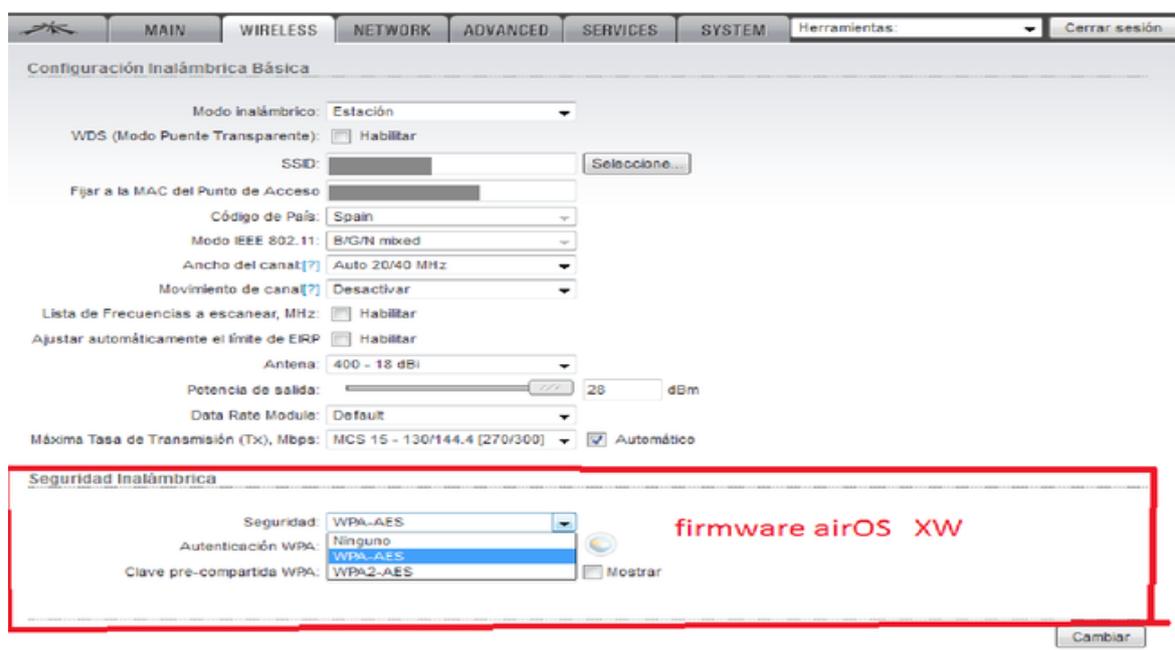
**Figura 36** tramos de torre ventada. Fuente: (Constructower,2018)



**Figura 37** pararrayo punta franklin. Fuente: (PSR pararrayos,2018)

## Seguridad de la red

Los equipos de la serie Air Max Ubiquiti, ponen a disposición el software airOs, que permite realizar las configuraciones de los enlaces en toda la gama de equipos con las que ofrece. Este software también cuenta con las opciones para configurar la seguridad inalámbrica de la red de tipo WPA-AES Y WPA2-AES. Para una futura implementación del presente proyecto de investigación, recomendamos seleccionar el tipo de cifrado WPA2-AES, ya que es un estándar de cifrado seguro y muy usado para redes Wifi.



**Figura 38.** Interface de airOs para la selección y configuración de la seguridad inalámbrica. Fuente: (Seguridad Wireless-WiFi,2018)

## **Prueba de simulación de los enlaces para determinar el diseño de red.**

### **Validación de la Línea de vista (LOS)**

Para determinar la línea de vista (LOS) entre los sistemas punto a punto (Backhaul - Estación base) y punto a multipunto (estación B – estación clientes), establecemos las ubicaciones geográficas en el software AirLink, además de las antenas seleccionadas con las características técnicas que vienen predeterminadas en la herramienta de simulación. Para el enlace del Backhaul -Estación Base se consignarán las antenas IsoStation 5AC en modo bridge y estación; para el enlace Estación base- Estación clientes las antenas LiteAP AC 120 ° y NanoBeam 5AC Gen2 respectivamente.

La línea de vista (LOS), nos permite establecer una trayectoria sin obstrucciones y limpia de interferencias entre las antenas que transmisoras y receptoras; este ejercicio inicial que realizamos en AirLink, es sumamente importante, porque va determinar la viabilidad del radio enlace entre los sistemas que conforman el diseño de red.

Los resultados para la línea de vista (LOS) entre el Backhaul y la Estación Base, se muestran en la siguiente figura.



**Figura 39.** Línea de vista Backhaul- Estación Base. Fuente: (AirLink,2019)

Este resultado preliminar, representa que la línea de vista es óptima para realizar eficientemente los enlaces en ambos nodos (90%). Los valores que se muestran indican la distancia entre los puntos de enlace, capacidad para la velocidad de transmisión (Mbps), línea de altura de la vista y altura del Fresnel, sin embargo, estos valores podrían variar según se realicen interacciones en el software al momento de iniciar las simulaciones de los enlaces, la cual detallaremos en el próximo capítulo.

Para determinar la Línea de vista entre la estación base - estación de la Municipalidad del centro poblado Corazón de Jesús, se replica el mismo procedimiento en el software Airlink.



**Figura 40.** Línea de vista Estación Base-Municipalidad del Centro Poblado.

Fuente: (AirLink,2019)

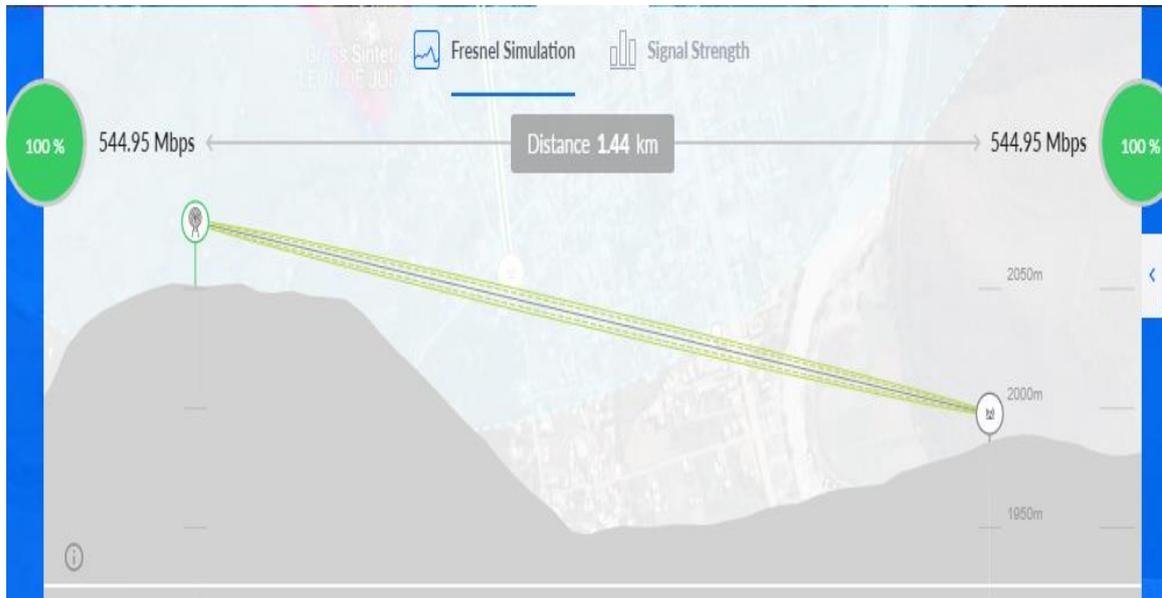
El resultado de la línea de vista de la estación base- estación de la Municipalidad del centro poblado, es óptima para realizar los enlaces. El gráfico muestra una línea de color verde entre ambos puntos, sin interferencias, ni obstrucciones. Los valores indican 100% para el nivel de señal, con 544.95. Mbps de velocidad máxima para la transmisión de datos.

Línea de vista entre la Estación Base - estación de la I.E.I “Mi pequeño Mundo”, mostrando como resultado también, una línea de vista positiva para realizar la radio enlaces.



**Figura 41.** Línea de vista Estación base-I.E. I mi Pequeño Mundo. Fuente: (AirLink,2019)

## Línea de vista entre la Estación Base – Jass Rosavero



**Figura 42.** Línea de vista entre la Estación Base – Jass Rosavero. Fuente: (AirLink,2019)

La línea de vista es determinante a la hora de realizar enlaces punto a punto y punto a multipunto, está define la viabilidad del radio enlace en un proyecto, es decir, para nuestra investigación los valores obtenidos han sido eficientes para realizar las interconexiones de los nodos establecidos.

## **Prueba de Interacciones para la optimización del radio enlace**

En este proceso realizamos diversas interacciones que permitieron establecer de manera eficiente el radio enlaces y entablar comunicación inalámbrica entre los nodos con la finalidad de obtener una señal óptima para la comunicación inalámbrica, para lo cual, utilizamos el software Airlink, que nos permitió realizar la simulación a través de su menú, donde se realizó la selección de los tipos de antenas, potencia de salida (dBm), ancho de banda (MHz), grados de inclinación ( $^{\circ}$ ), ganancia de la antena (dBi) y altura de la torre; al realizar diversas interacciones, el resultado nos mostrará la zona Fresnel con la línea de vista (LOS), distancia entre los puntos de enlace, coordenadas de los puntos, velocidad máxima (Mbps), altura de la zona geográfica (msnm), intensidad de señal (dBm), ruido de piso, recepción de datos(RX). Además, para una mejor visión, nos muestra una vista panorámica en mapa de la zona localizada con el enlace establecido.

## **Interacciones para el Sistema Punto a Punto**

En esta sección se muestran valores para el tipo de enlace punto a punto Backhaul – Estación Base, de acuerdo a las distintas interacciones que se realizaron; esta tarea realizada en AirLink, consistió primeramente en hacer la búsqueda del lugar de estudio, donde accedemos al mapa con vista 3D, para luego señalar los puntos de manera gráfica en el mapa a través de la opción “añadir nuevo enlace PtP”, consignando el nombre de los sistemas, luego seleccionamos los tipos de antenas (IsoStation 5AC) la banda de frecuencia (5 GHz) y la altura de la torre, además, podemos modificar los valores de la potencia de salida, ancho de banda y ángulo de inclinación dependiendo de las características técnicas de las antenas, para obtener la mejor línea de vista, nivel de señal, nivel de ruido, tasa de datos de Rx y distancia entre los nodos.



**Figura 43.** Menú de selección de antena y características para simulaciones  
Fuente: (Airlink,2019)



**Figura 44.** selección de propiedades de la antena Isostation 5AC  
Fuente: (Airlink,2019)

Los resultados de estas interacciones, se muestran en la siguiente tabla, teniendo en cuenta diversas medidas asignadas para la altura de la torre, potencia de salida de la antena, y el ancho de banda; estos factores son determinantes para obtener los resultados esperados.

*Tabla 15*

*Simulación del radio enlace para Backhaul y Estación base*

<b>Backhaul</b>					<b>Estación base</b>				
<b>Antena ISO Station 5AC</b>					<b>Antena ISO Station 5AC</b>				
Altura de la torre	Potencia de salida	Ancho de banda	Nivel de señal dBm	Velocidad de transmisión	Altura de la torre	Potencia de salida	Ganancia de antena	Nivel de señal dBm	Velocidad de transmisión
12 mts	15 dBm	20M Hz	- 60.11 dBm	72.8 Mbps	12 mts	15 dBm	13 dBi	- 70.11 dBm	72.8 Mbps
15 mts	15 dBm	40M Hz	- 67.11 dBm	151.2 Mbps	15 mts	15 dBm	16 dBi	- 67.11 dBm	151.2 Mbps
15 mts	20 dBm	40M Hz	- 62.11 dBm	189.1 Mbps	15 mts	20 dBm	16 dBi	- 62.11 dBm	189.1 Mbps
20 mts	20 dBm	60M Hz	- 59.11 dBm	283.5 Mbps	20 mts	20 dBm	19 dBi	- 59.11 dBm	283.5 Mbps

12	25	20M	-	109.2	12	25	13 dBi	-	109.2
mts	dBm	Hz	60.11	Mbps	mts	dBm		60.1	Mbps
			dBm					1	
								dBm	
15	25	40M	-	226.8	15	25	16 dBi	-	226.8
mts	dBm	Hz	57.11	Mbps	mts	dBm		57.1	Mbps
			dBm					1	
								dBm	
20	25	60M	-	340.2	20	25	19 dBi	-	340.2
mts	dBm	Hz	54.11	Mbps	mts	dBm		54.1	Mbps
			dBm					1	
								dBm	

**Nota.** Fuente: elaboración propia con el software Airlink (2019)

### Resultado de la simulación del Sistema Punto a Punto

De acuerdo a las distintas interacciones detalladas en la tabla N°15, donde se muestran diferentes valores con respecto a nivel de señal del enlace (dBm) y velocidad máxima de transmisión (Mbps), hemos considerado que el nivel de señal más óptimo para un enlace, es entre -65dBm y -45 dBm, por lo tanto, de acuerdo a estos parámetros, el software AirLink, nos muestra los siguientes resultados:

La Intensidad de señal más eficiente para realizar los radios enlace son -54.11 (resaltados con color verde en la tabla N°9) para el Backhaul y la Estación base respectivamente.

La velocidad máxima de transmisión para ambos nodos ES 340.21 Mbps (resaltados con color amarillo en la tabla N°21)

-Niveles de ruido de piso con valor -92 dBm para ambos nodos. Los niveles apropiados para este factor son entre -90 dBm a -105 dBm.

La Tasa de datos de RX esperada para ambos sistemas es de 8x (256QAM(3/4)) , ambas al máximo nivel.

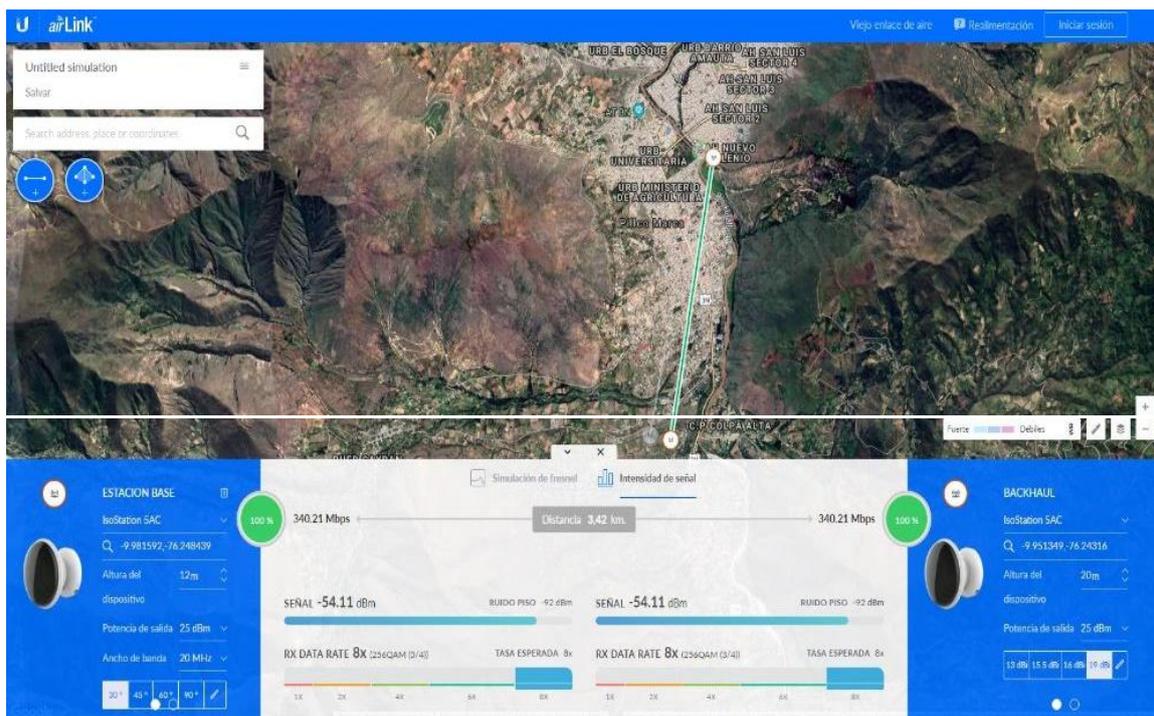
La distancia entre ambos nodos es de 3.42 Km.

Muestra la zona Fresnel, con la línea de vista (60% de despeje) y las alturas de la zona geográfica; 1950 y 2050 msnm para el Backhaul y la Estación base respectivamente.

El ángulo para una mejor cobertura de la antena para el Backhaul es de  $30^\circ$ , el ancho de banda es de 60 MHz, potencia de salida 25 dBm y altura recomendada para la instalación de la torre es de 20 Mts con respecto al suelo.

El ángulo de inclinación para la antena de la Estación base es de  $-1.79^\circ$ , la potencia de salida es de 25 dBm, ganancia de antena 19 dBi y la altura de la torre ventada es de 20 mts con respecto al suelo.

En la siguiente figura se muestra el resultado de las interacciones realizadas en Airlink



**Figura 45.** Resultado de las interacciones Backhaul-Estación base

Fuente: (Airlink,2019)

## **Interacciones para el Sistema Punto a Multipunto**

Para realizar las simulaciones en este sistema, debemos tener en consideración que debemos realizar 3 enlaces, desde la antena sectorial a las estaciones de las instituciones consideradas para el caso de estudio, para lo cual realizaremos los mismos procedimientos aplicados anteriormente en el nodo punto a punto, es decir, consignar los factores técnicos de las antenas, ubicación de cada estación, altura de las torres y asignar los nombres de cada enlace para luego iniciar con las interacciones para obtener resultados favorables. Para el caso de las 3 Instituciones, vamos a considerar diversos valores de la ganancia de salida (dBi) de la antena NanoBeam 5AC Gen2 y para la antena de tipo Sectorial LITEAP AC, es necesario considerar los ángulos de cobertura. Para el caso de la altura de la torre de la estación base, no será necesario establecer valores, ya que esta fue definida en el enlace punto a punto considerando 20 Mts de altura con respecto al suelo.

### **Simulaciones estación base - Institución E. Inicial “Mi pequeño Mundo”**

A continuación, se realizan las distintas interacciones para el enlace PtMP, con detalles en la siguiente tabla:

Tabla 16

Interacciones para la Estación B. - I.E.I Mi Pequeño Mundo.

Estación Base Antena Sectorial LITEAP AC					Institución E. Inicial "Mi pequeño Mundo" Antena NanoBeam 5AC GEN2				
Altura de la torre	Potencia de salida	Ancho de banda	Nivel de señal dBm	Velocidad de transmisión	Altura de la torre	Potencia de salida	Ganancia de antena	Nivel de señal dBm	Velocidad de transmisión
20 mts	15 dBm	20M Hz	57.39 dBm	109.2 Mbps	10 mts	15 dBm	19dBi	57.39 dBm	109.2 Mbps
20 mts	15 dBm	60M Hz	47.39 dBm	377.2 Mbps	10 mts	25 dBm	19dBi	57.39 dBm	236.2 Mbps
20 mts	20 dBm	40M Hz	52.39 dBm	251.52M bps	10 mts	20 dBm	19dBi	52.39 dBm	181.6 Mbps
20 mts	20 dBm	60M Hz	48.39 dBm	377.2 Mbps	14 mts	25 dBm	19dBi	52.39 dBm	314.4 Mbps
20 mts	25 dBm	20M Hz	56.39 dBm	109.2 Mbps	10 mts	15 dBm	19dBi	48.39 dBm	121.1M bps
20 mts	25 dBm	40M Hz	52.39 dBm	251.52M bps	14 mts	20 dBm	19dBi	48.39 dBm	251.5M bps
20 mts	25 dBm	60M Hz	47.39 dBm	377.2 Mbps	10 mts	25 dBm	19dBi	48.39 dBm	377.2 Mbps

**Nota** .Fuente: elaboración propia con el Software Airlink (2019)

## **Resultado de la simulación del sistema estación base- I.E.I Mi Pequeño Mundo**

Considerando que los valores más óptimos para realizar correctamente un radio enlace son -65 dBm y -45 dBm en los niveles de señal, la tabla N°16, muestra las interacciones realizadas en Airlink, la cual otorga los siguientes resultados:

El nivel de señal más efectivo que se logró alcanzar es -47.39. dBm y -48.39 dBm para ambos nodos (resaltados con color verde), además la máxima velocidad de transmisión es de 377.29 Mbps (color amarillo) con efectividad de señal 100% respectivamente.

En cuanto a los factores de potencia, ancho de banda y ganancia de la antena, se determinó lo siguiente: la antena I Sectorial LITEAP AC deberá ser de 120 ° para una mejor cobertura y deberá configurarse con 60 MHz de ancho de banda, además la potencia en 25dBm y 17 mts de altura con respecto al suelo. Para la antena estación o cliente (NanoBeam 5AC GEN2) la potencia de salida es 25 dBm, ganancia de la antena 19 dBi (predeterminada), y 10 mts de altura desde el suelo para la ubicación de la antena.

Niveles de ruido de piso con valor -92 dBm para ambos nodos. Siendo estos valores positivos.

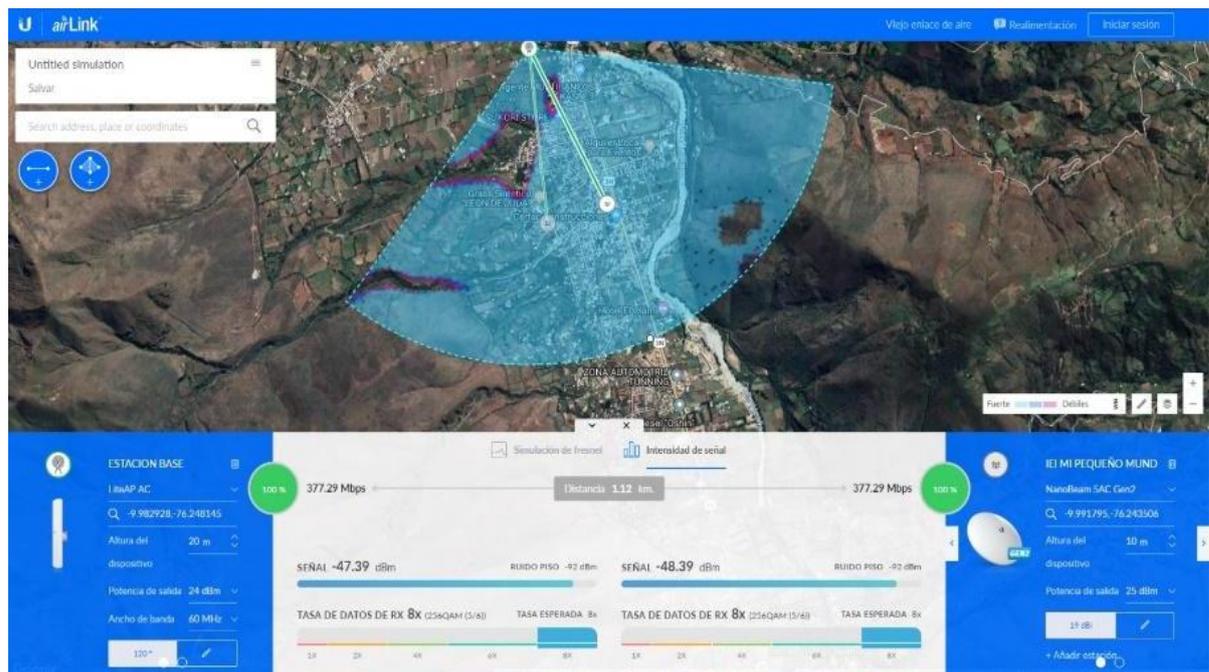
La tasa de datos de RX esperada para ambas estaciones es de 8x (256QAM(5/6)) ambas al máximo nivel.

La distancia entre ambos nodos es de 1.12 Km.

Muestra la simulación de la zona Fresnel, con la línea de vista (60% de despeje).

las alturas de la zona geográfica indican 1950 y 2050 msnm para la Institución educativa y la estación base respectivamente.

El ángulo de inclinación para la antena LiteAp Ac será de -6.07° y para la antena Cliente (CPE) será de 6.06 °.



**Figura 46.** resultado de la simulación Estación Base - IEI Mi Pequeño Mundo

Fuente: (Airlink,2019 )

**Simulaciones Estación Base – Municipalidad del Centro Poblado Corazón de Jesús.**

*Tabla 17*

*Interacciones entre la Estación B. - Municipalidad del C. Poblado*

<b>Estación Base</b>					<b>Municipalidad del Centro Poblado Corazón de Jesús. Antena NanoBeam 5AC GEN2</b>				
<b>Antena Sectorial LITEAP AC</b>									
Altura de la torre	Potencia de salida	Ancho de banda	Nivel de señal dBm	Velocidad de transmisión	Altura de la torre	Potencia de salida	Ganancia de antena	Nivel de señal dBm	Velocidad de transmisión
20 mts	15 dBm	20M Hz	- 50.5 4 dBm	121.1 Mbps	10 mts	15 dBm	19dBi	- 50.5 4 dBm	121.1 Mbps
20 mts	15 dBm	40M Hz	- 47.5 4 dBm	314.4 Mbps	12 mts	15 dBm	19dBi	- 57.5 4 dBm	236.2 Mbps
20 mts	15 dBm	60M Hz	- 47.5 4 dBm	314.4 Mbps	10 mts	15 dBm	19dBi	- 57.5 4 dBm	236.2 Mbps
20 mts	20 dBm	20M Hz	- 52.5 4 dBm	121.1 Mbps	12 mts	20 dBm	19dBi	- 52.5 4 dBm	121.1 Mbps
20 mts	20 dBm	40M Hz	- 52.5 4 dBm	181.6 Mbps	10 mts	20 dBm	19dBi	- 52.5 4 dBm	181.6 Mbps

20	20	60M	-	163.8	12	20	19dBi	-	181.65
mts	dBm	Hz	57.2	Mbps	mts	dBm		52.2	Mbps
			1					1	
			dBm					dBm	
20	25	20M	-	181.6	10	25	19dBi	-	181.6
mts	dBm	Hz	47.5	Mbps	mts	dBm		48.5	Mbps
			4					4	
			dBm					dBm	
20	25	40M	-	181.6	12	25	19dBi	-	181.6
mts	dBm	Hz	47.5	Mbps	mts	dBm		48.5	Mbps
			4					4	
			dBm					dBm	
20	25	60M	-	377.2	10	25	19dBi	-	377.2
mts	dBm	Hz	47.5	Mbps	mts	dBm		48.5	Mbps
			4					4	
			dBm					dBm	

**Nota.** Fuente: elaboración propia con el Software Airlink (2019)

### Resultado de la simulación del sistema estación base- Municipalidad del centro poblado.

De acuerdo a las Interacciones mostradas en la tabla N° 17, se desprende los siguientes resultados:

Línea de vista con 60 % de despeje con una distancia de 1.14 KM entre ambos puntos.

Velocidad máxima de transmisión para los dos sistemas 377.2 Mbps (100 %) resaltados en la tabla N°11 con color amarillo

Los mejores valores para el nivel de señal para la Estación base con la antena sectorial son -47.54 dBm, con 25 dBm de potencia de salida, 60 MHz de ancho de banda y altura de 17 Mts. Para la estación de la Municipalidad del C. poblado, el mejor nivel de señal es -48.54 dBm, con 25 dBm de potencia de salida y ganancia

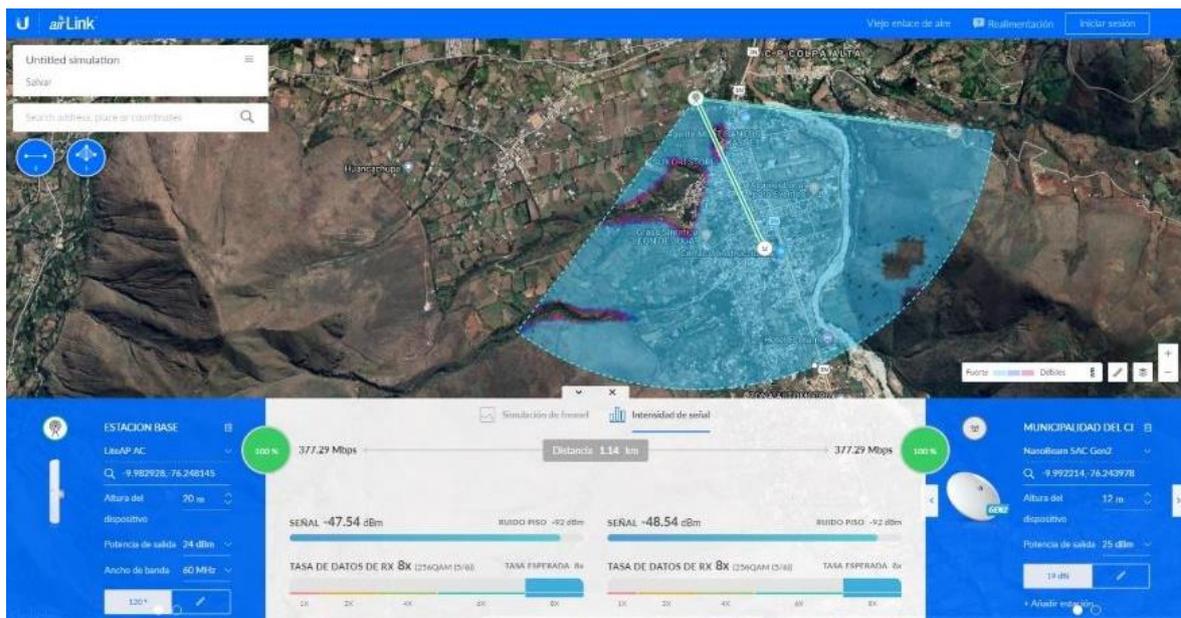
de antena con valor 19 dBi. (Los valores de la señal se muestran resaltados con color verde en la tabla N°11)

La Tasa de datos de RX esperada para la Estación Base es de 8x (256QAM(5/6)) y para la Municipalidad del C.P ,la tasa de datos RX es de 8x (256QAM(5/6)), ambas al máximo nivel.

Los niveles de ruido para ambos enlaces son -92 dBm.

el ángulo de inclinación para la Antena NanoBeam 5AC GEN2 ubicada en la Municipalidad del centro poblado será de 5.61°.

La altura para la antena de la Municipalidad del C.P será de 10 Mts con respecto al suelo.



**Figura 47.** Resultado de la simulación Estación base- Municipalidad del centro poblado. Fuente: ( Airlink,2019 )

**Simulaciones estación base – Junta Administradora del servicio de saneamiento JASS Rosavero**

*Tabla 18*

*Interacciones entre la E.B- Jass Rosavero*

<b>Estación Base</b>					<b>Junta Administradora del Servicio de Saneamiento JASS.Antena NanoBeam 5AC GEN2</b>				
<b>Antena Sectorial LITEAP AC</b>									
Altura de la torre	Potencia de salida	Ancho de banda	Nivel de señal	Velocidad de transmisión	Altura de la torre	Potencia de salida	Ganancia de antena	Nivel de señal	Velocidad de transmisión
			dBm					dBm	
20 mts	15 dBm	20M Hz	-56.51 dBm	109.2 Mbps	10 mts	15 dBm	19dBi	-58.51 dBm	109.2 Mbps
20 mts	15 dBm	40M Hz	-56.51 dBm	189.1 Mbps	12 mts	15 dBm	19dBi	-58.51 dBm	189.1 Mbps
20 mts	15 dBm	60M Hz	-56.51 dBm	283.5 Mbps	10 mts	15 dBm	19dBi	-58.51 dBm	283.5 Mbps
20 mts	20 dBm	20M Hz	-54.51 dBm	121.1 Mbps	12 mts	20 dBm	19dBi	-54.51 dBm	121.1 Mbps
20 mts	20 dBm	40M Hz	-54.51 dBm	181.6 Mbps	10 mts	20 dBm	19dBi	-54.51 dBm	181.6 Mbps

			1					1	
			dBm					dBm	
20	20	60M	-	283.5	12	20	19dBi	283.	181.65
mts	dBm	Hz	54.5	Mbps	mts	dBm		5	Mbps
			1					Mbp	
			dBm					s	
20	25	20M	-	121.1	10	25	19dBi	-	121.1
mts	dBm	Hz	50.5	Mbps	mts	dBm		50.5	Mbps
			1					1	
			dBm					dBm	
20	25	40M	-	181.6	12	25	19dBi	-	181.6
mts	dBm	Hz	50.5	Mbps	mts	dBm		50.5	Mbps
			1					1	
			dBm					dBm	
20	25	60M	-	314.4	10	25	19dBi	-	314.4
mts	dBm	Hz	50.5	Mbps	mts	dBm		50.5	Mbps
			1					1	
			dBm					dBm	

**Nota.** Fuente: elaboración propia Airlink (2019).

### Resultado de la simulación del Sistema Estación base-JASS Rosavero

Producto de las distintas interacciones detalladas en la tabla N° 18, se deduce el siguiente resultado:

Línea de vista con 60 % de despeje con una distancia de 405.41 mts entre ambos puntos.

Velocidad máxima de transmisión de 121.1 Mbps (100 %) para ambas estaciones (resaltados en la tabla N° 24 con color amarillo)

Los valores para el nivel de señal para la Estación base con la antena sectorial son -50.51 dBm, con 25 dBm de potencia de salida, 60 MHz de ancho de banda. Para la estación JASS Rosavero, el mejor nivel de señal es -50.51 dBm, con 25 dBm de

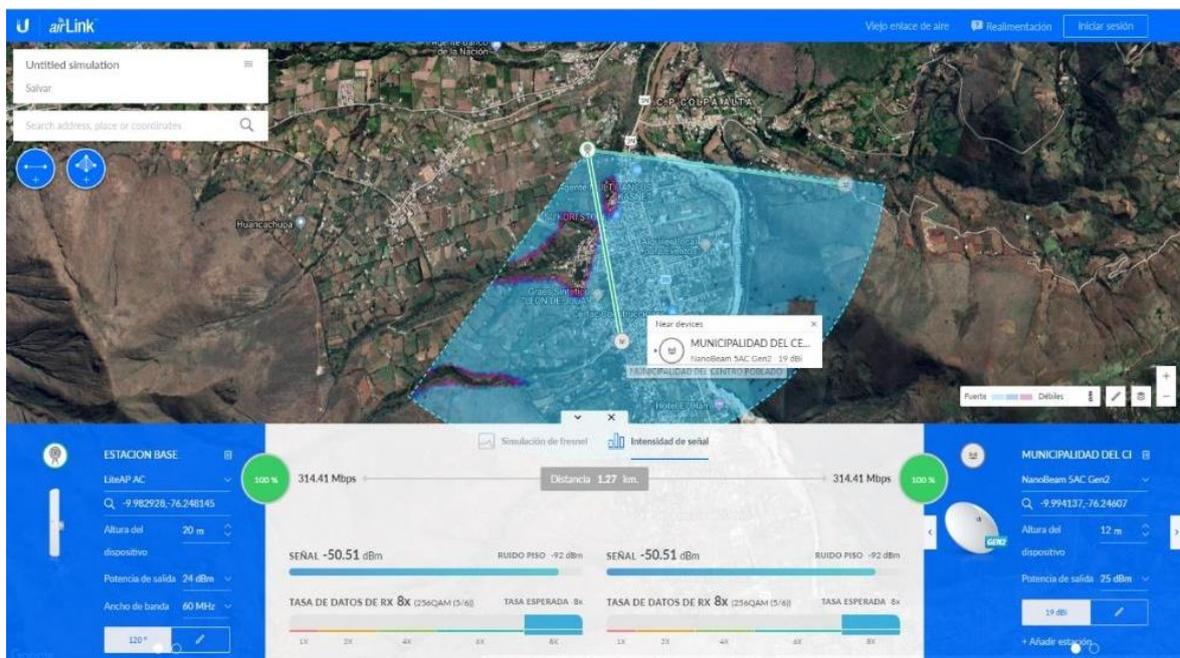
potencia de salida y ganancia de antena con valor 19 dBi. (Los valores de la señal se muestran resaltados con color verde )

La Tasa de datos de RX esperada para ambas conexiones es de 8x (256 QAM(5/6)).

Los niveles de ruido para ambos enlaces son -92 dBm.

El ángulo de inclinación para la antena NanoBeam 5AC GEN2 es de 3.28° ubicada en la Estación cliente.

La altura para la antena de JASS Rosavero será de 10 Mts con respecto al suelo



**Figura 48.** Resultado de la simulación Estación base- Jass Rosavero  
Fuente: (Airlink,2019)

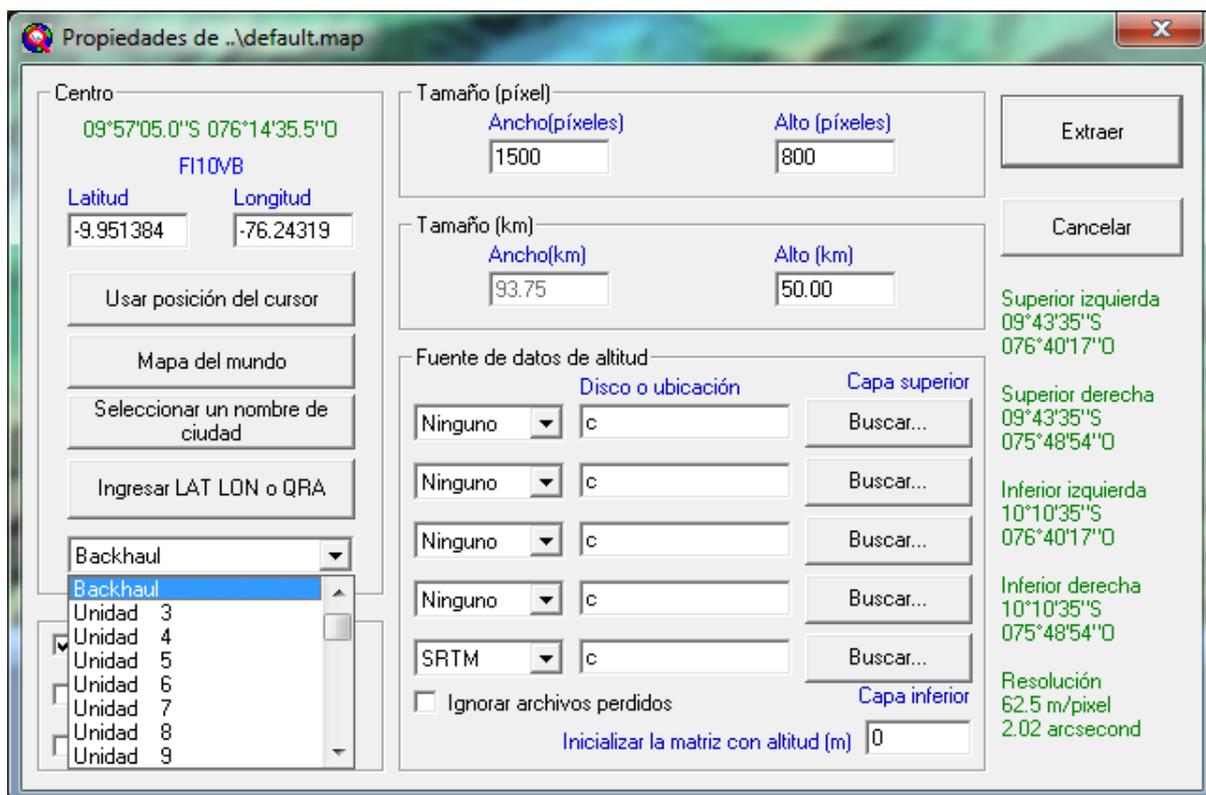
## **Simulación complementaria en Radio Mobile**

Luego de obtener resultados con el software airlink, es necesario validar los valores producto de las interacciones, con la finalidad de garantizar de manera efectiva el diseño de red propuesto en la presente investigación, para lo cual utilizamos el software gratuito Radio Mobile, en la reciente versión 11.6.6 para el Sistema Operativo Windows. Este software permite trabajar con frecuencias entre los 20 MHz y 40 GHz con longitudes de trayecto de 1 a 2000km, además, usa datos de elevación del terreno para la simulación de enlaces con datos altamente confiables.

El procedimiento para validar los valores resultantes en Airlink, se realizan de la siguiente manera:

### **Propiedades de Mapas**

En esta sección es necesario establecer las ubicaciones geográficas de los enlaces, con la finalidad de obtener el mapa, que nos va permitir visualizar de manera gráfica el panorama de los enlaces, para lo cual consignamos en este caso la latitud y la longitud de nuestro Backhaul (-9.951384, -76.24319), así mismo modificamos el tamaño :ancho 1500 (pixel) y alto 800 (pixel) para un mejor panorama, también configuramos el tamaño del alto (50 km )para una visión con respecto al suelo y finalmente activamos la casilla “ajustar altitud de las unidades”.



**Figura 49.** Configuración para la ubicación del área geográfica. Fuente: ( Radio Mobile,2019)

## Propiedades de las redes

Esta etapa es muy importante, porque se definen los parámetros de la red, topología, miembros de los sistemas, nombre de los enlaces, capacidades de las antenas, polarización, clima, etc. La asignación de los parámetros y capacidades de las antenas serán establecidos de acuerdo a los resultados obtenidos en el software Airlink.

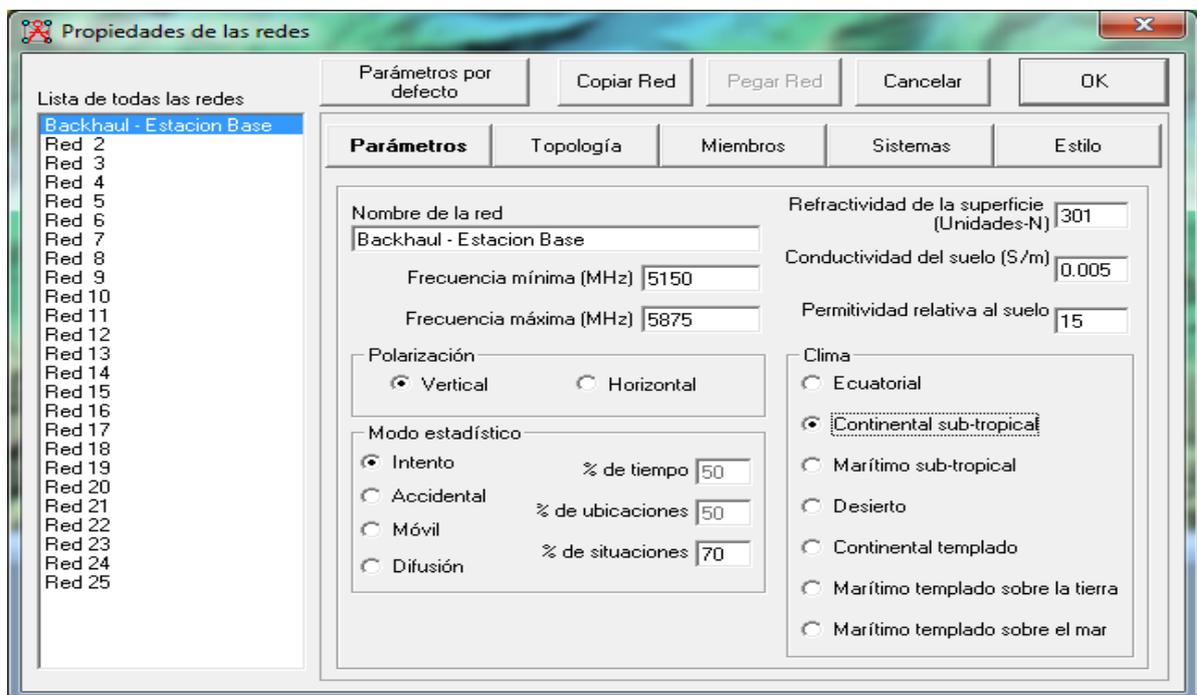
A continuación, se presentan las simulaciones para los sistemas punto a punto y Punto a Multipunto respectivamente.

## Enlace Punto a Punto en Radio Mobile

### Backhaul – Estación Base Rosavero

#### Parámetros

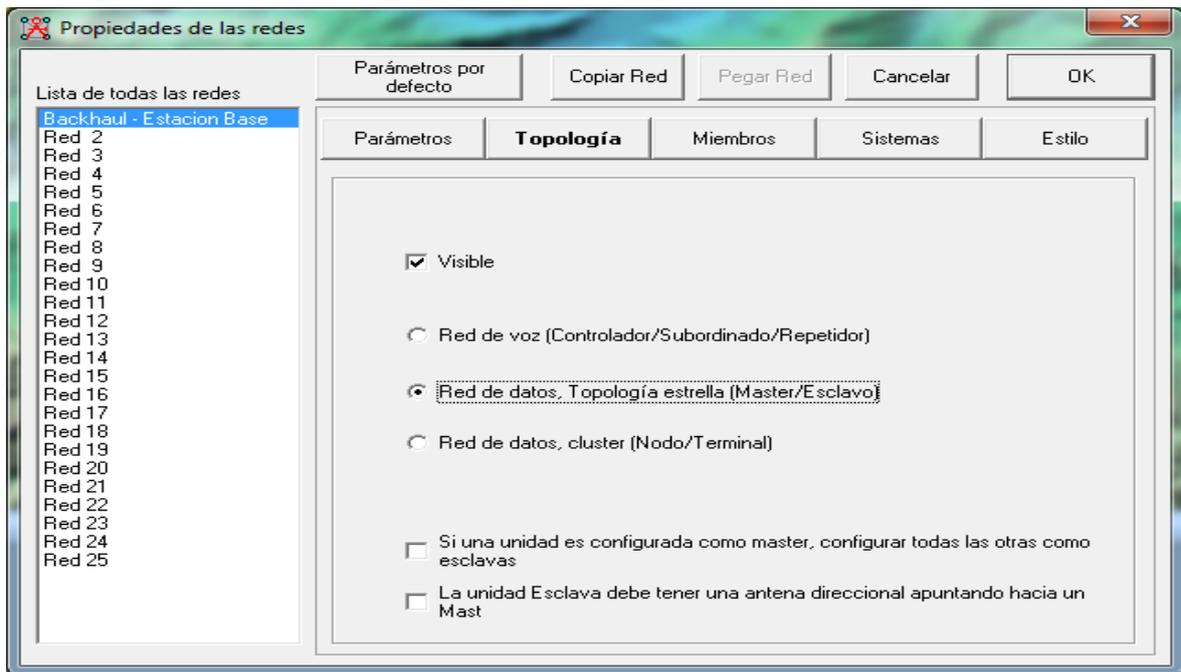
En propiedades de las redes, seleccionamos la opción parámetros, y consignamos el nombre de la red, en este caso “Backhaul – Estación Base”; en las frecuencias mínimas y máximas, asignamos 5150 MHz y 5875 MHz para la antena IsoStation 5AC de acuerdo al Datasheet (ficha de datos) que ofrece este dispositivo. En la polarización seleccionamos vertical y los otros valores por defecto.



**Figura 50.** Configuración de parámetros de la red. Fuente: (Radio Mobile,2019)

## Topología

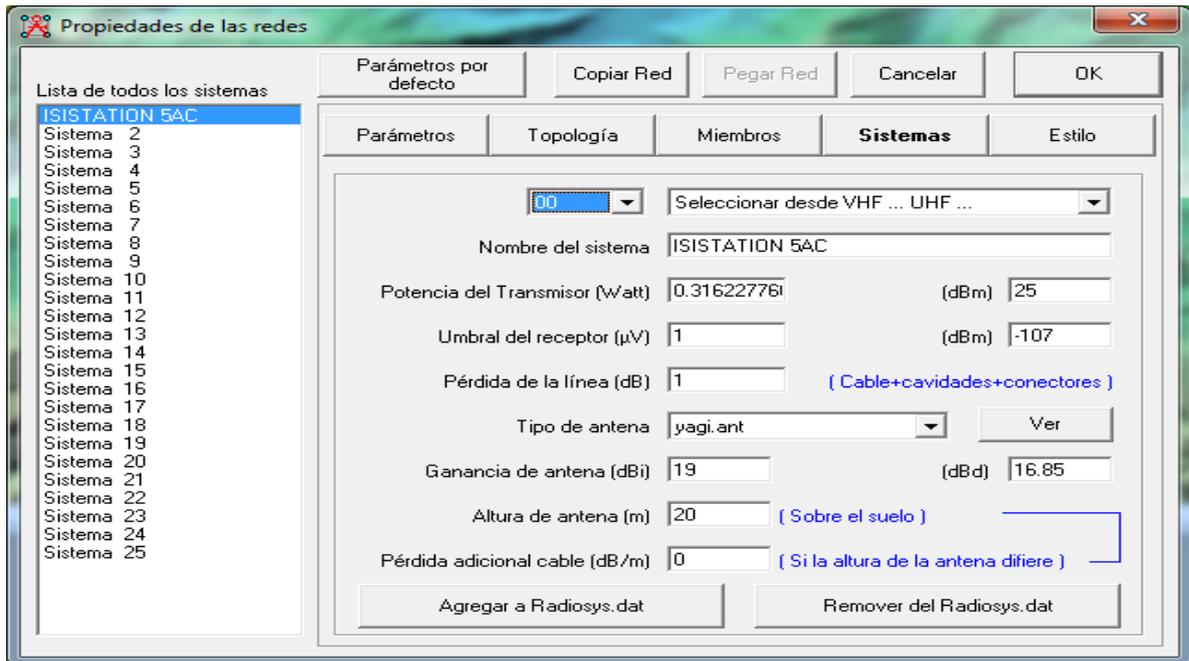
En propiedades de las redes, seleccionamos la opción topología, activamos la casilla red de datos, topología estrella (master/esclavo), opcionalmente podemos activar las casillas “si una unidad es configurada como Master, configurar todas las otras como esclavas” ó “la unidad esclava debe tener una antena direccional apuntando hacia un Master”. Para este caso dejaremos desactivado estas dos opciones.



**Figura 51.** Selección de la topología de red. Fuente: (Radio Mobile,2019)

## Sistemas

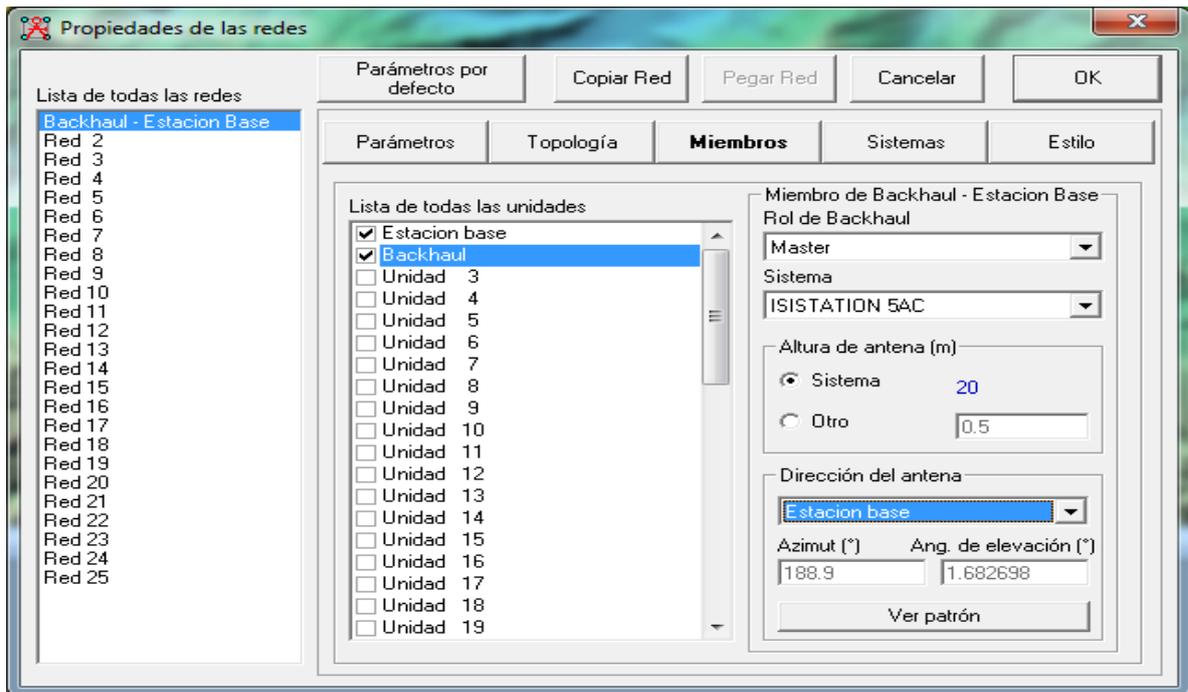
En propiedades de las redes, seleccionamos la opción Sistemas, donde asignamos el nombre de la antena, en este caso ISO Station 5AC para ambos nodos. Se consignó el valor de 25 dBm, umbral de receptor -107 dBm, pérdida de la línea por cable, conectores y cavidades; tipo de antena yagi.ant, ganancia de antena 19 dBi y altura de la antena 20 Mts.



**Figura 52.** Configuración de antena y valores. Fuente: (Radio Mobile,2019)

## Miembros

En propiedades de las redes, seleccionamos la opción Miembros, donde establecemos para la antena del Backhaul la condición de “Master” y para la Estación base de “esclavo”. De igual manera seleccionamos la dirección de ambas antenas entre punto a punto.



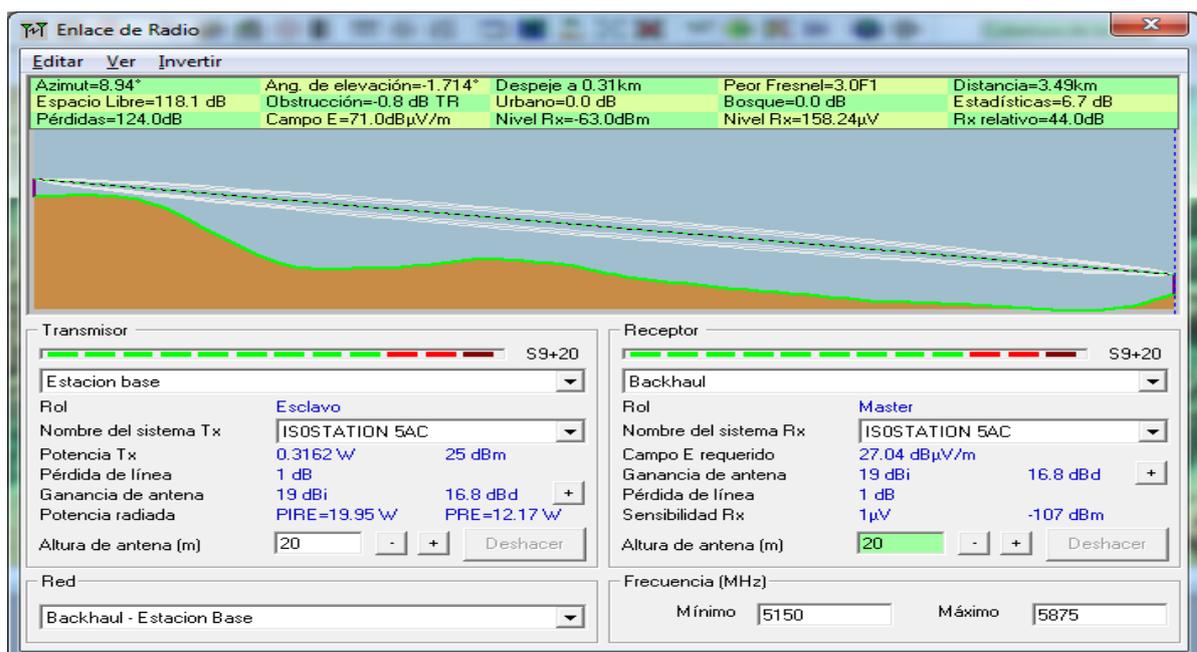
**Figura 53.** Configuración de antenas. Fuente: (Radio Mobile,2019)

## Resultados de la simulación punto a punto en radio Mobile

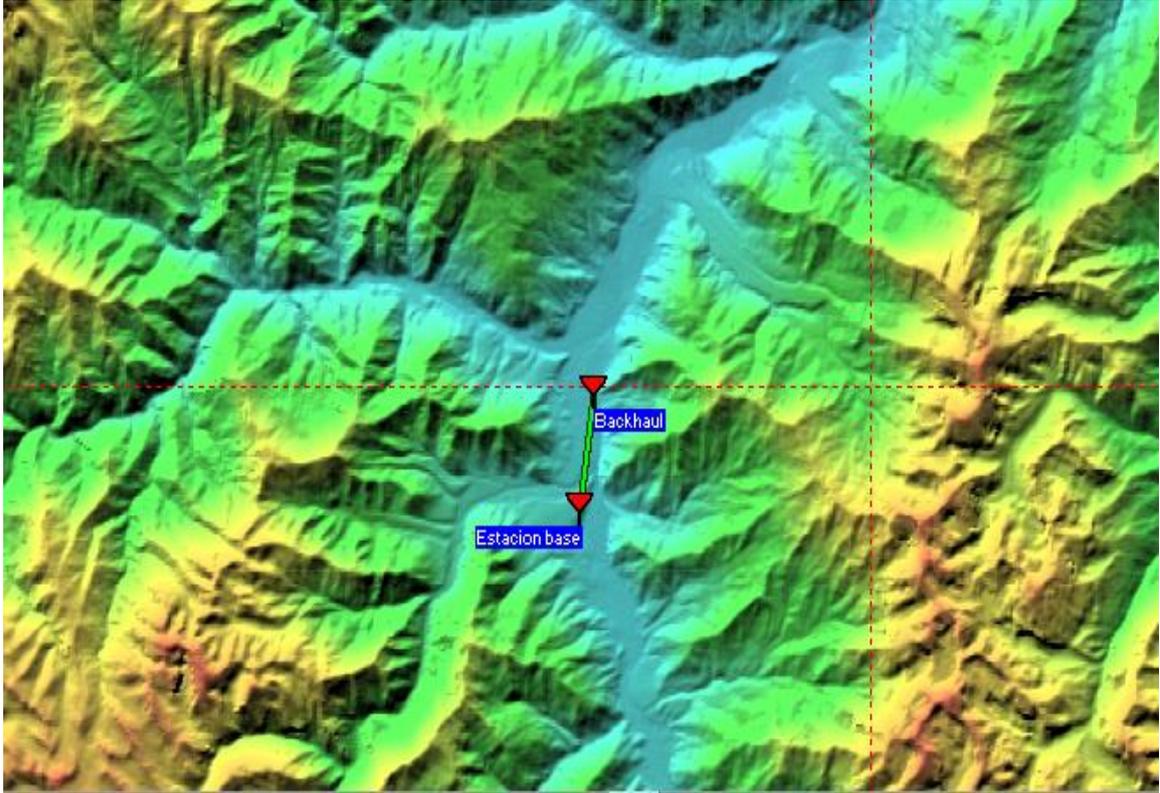
Luego de ingresar los datos requeridos en Radio Mobile, generamos el reporte haciendo clic en el botón “enlace de radio”, la cual nos muestra como resultado los siguientes datos:

Se obtiene un nivel Rx=63 dBm, siendo un buen valor para el enlace punto a punto, así mismo muestra la zona fresnel y la línea de vista sin interrupciones durante su trayecto con despeje de 0.31 Km.

La altura de la torre será de 20 Mts para ambos nodos y la ubicación de las antenas a 17 Mts con respecto al suelo. Así mismo hay que considerar la ubicación del pararrayo tipo Franklin en la parte más alta de la torre ventada, otros valores resaltantes son el Azimut =  $8.94^\circ$ , ángulo de elevación= $1.714^\circ$ , peor fresnel =3.0f1 y Rx relativo=44.0 dBm.



**Figura 54.** Resultado de la simulación punto a punto en radio Mobile. Fuente: (Radio Mobile,2019)



**Figura 55.** vista del enlace punto a punto Backhaul - estación Base

Fuente: (Radio Mobile,2019).

## **Enlace punto a multipunto en Radio Mobile**

Para la simulación en el sistema Punto a Multipunto en Radio Mobile, se realizaron los mismos procedimientos descritos anteriormente, sin embargo, para obtener los resultados, debemos configurar enlace por enlace desde la Estación base a cada estación cliente (CPE).

## **Enlace Estación base – I.E.I Mi Pequeño Mundo**

### **Parámetros:**

Frecuencia mínima: 5150 MHZ

Frecuencia máxima: 5875 MHz

Clima: Ecuatorial

Polarización: Vertical

### **Topología:**

Red de datos, topología estrella (master/esclavo)

### **Sistemas:**

Antena Sectorial LiteAp AC ubicada en la Estación base; potencia de transmisor (25 dBm), línea de pérdida (1), ganancia (19 dBi), altura de torre 20 Mts.

Antena NanoBeam 5AC GEN 2 ubicada en la I.E.I Mi pequeño Mundo; potencia de transmisor (25 dBm), línea de pérdida (1), ganancia (19 dBi), altura de torre 10 Mts, Umbral de receptor -107 dBm.

### **Miembros:**

Estación Base: en modo **Master**

Estación Cliente: en modo **esclavo**

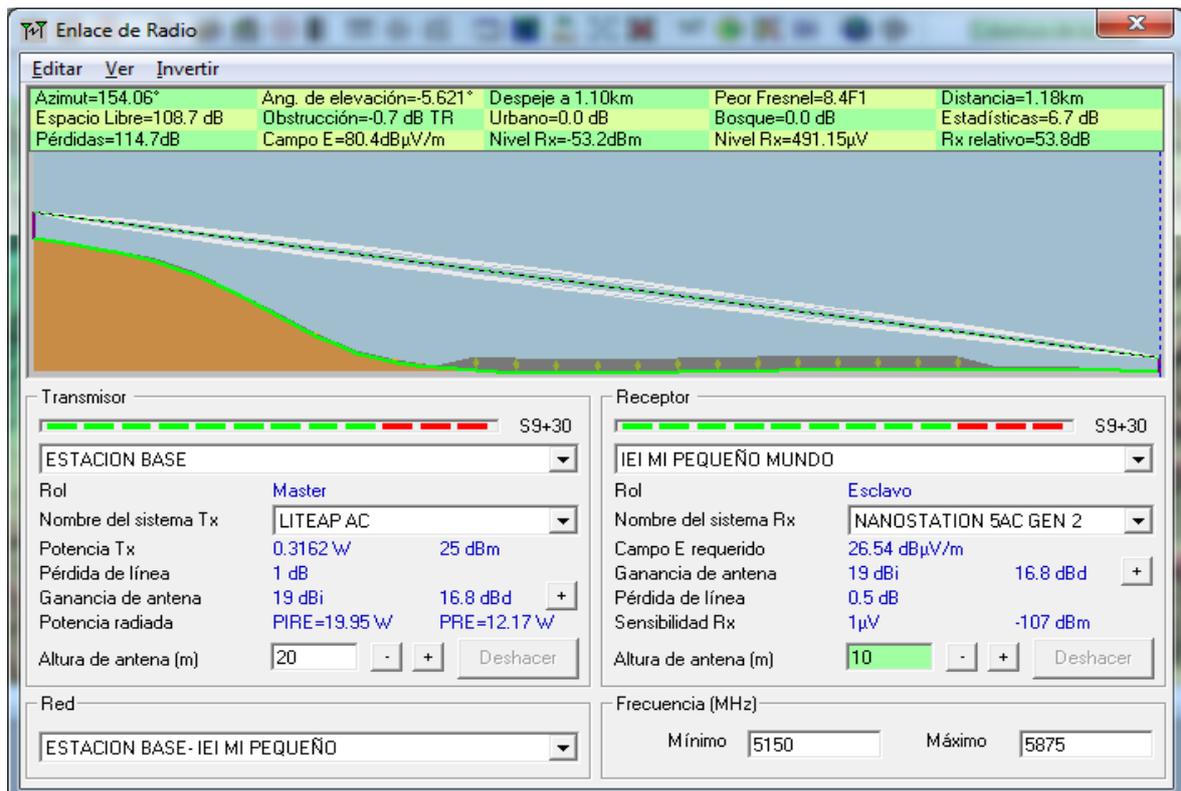
## Resultados de la simulación Estación base- IEI Mi Pequeño Mundo

Se genera el siguiente reporte:

Se obtiene un nivel Rx=53.2 dBm, la zona fresnel y la línea de vista sin interrupciones durante su trayecto con despeje de 1.10 Km y distancia de 1.18 km entre ambos enlaces.

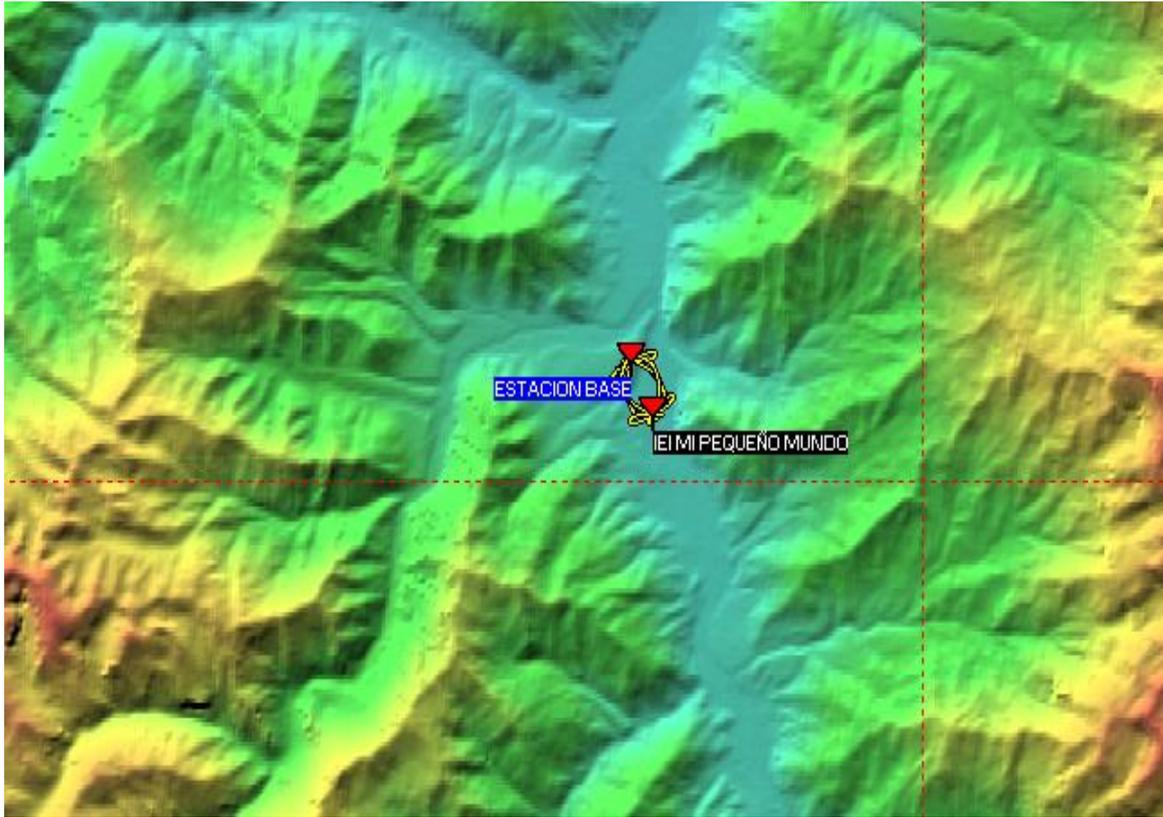
La altura de la torre será de 20 Y 10 Mts para ambos nodos respectivamente, y la ubicación de las antenas de 17 y 8 Mts con respecto al suelo debido a la ubicación del pararrayo tipo Franklin en la parte más alta de la torre ventada.

Otros valores resaltantes son el Azimut = 154.06°, ángulo de elevación=5.621°, peor fresnel =8.4f1 y Rx relativo=53.8 dBm.



**Figura 56.** Resultado de la simulación Estación base- IEI Mi pequeño Mundo

Fuente: (Radio Mobile,2019)



**Figura 57.** Vista del enlace Estación Base - IEI Mi Pequeño Mundo

Fuente: (Radio Mobile,2019)

## **Enlace Estación base – Municipalidad del centro poblado Corazón de Jesús**

### **Parámetros:**

Frecuencia mínima: 5150 MHZ

Frecuencia máxima: 5875 MHz

Clima: Ecuatorial

Polarización: Vertical

### **Topología:**

Red de datos, topología estrella (master/esclavo)

### **Sistemas:**

Antena Sectorial LiteAp AC ubicada en la Estación base; potencia de transmisor (25 dBm), línea de pérdida (1), ganancia (19 dBi), altura de torre 20 Mts.

Antena NanoBeam 5AC GEN 2 ubicada en la Municipalidad del C.Poblado; potencia de transmisor (25 dBm), línea de pérdida (1), ganancia (19 dBi), altura de torre 10 Mts, Umbral de receptor -107 dBm.

### **Miembros:**

Estación Base: en modo **Master**

Estación Cliente: en modo **esclavo**

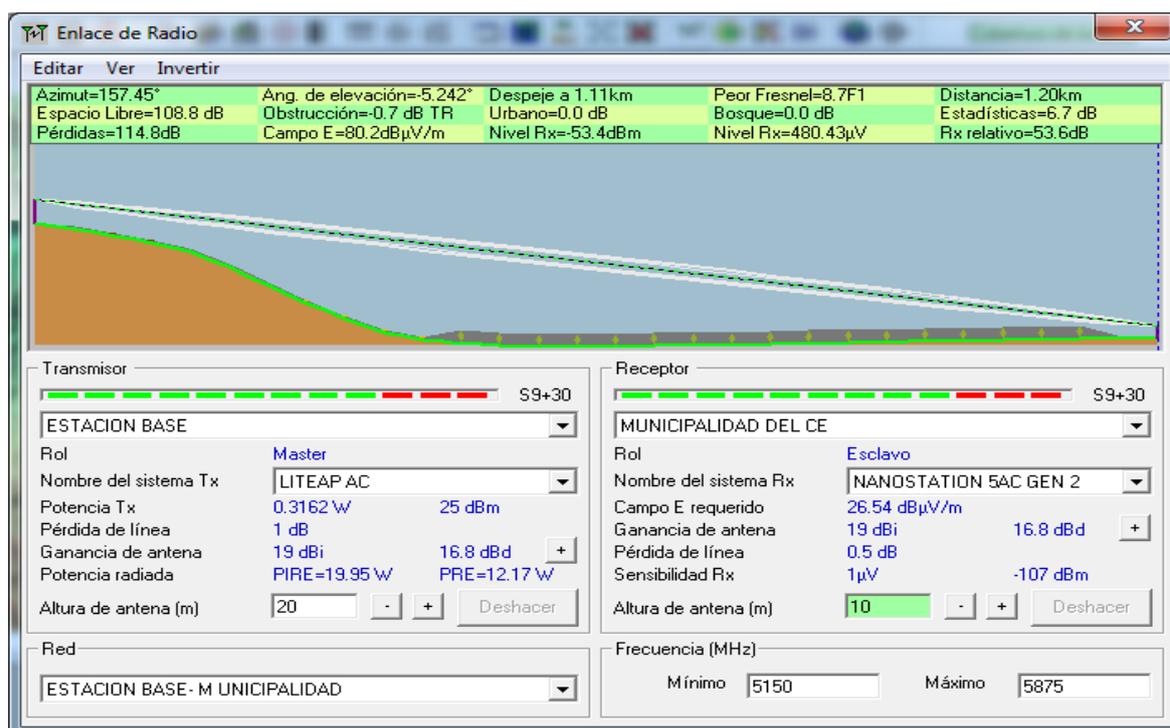
## Resultados de la Simulación Estación Base- Municipalidad del C.Poblado

Se genera el siguiente reporte:

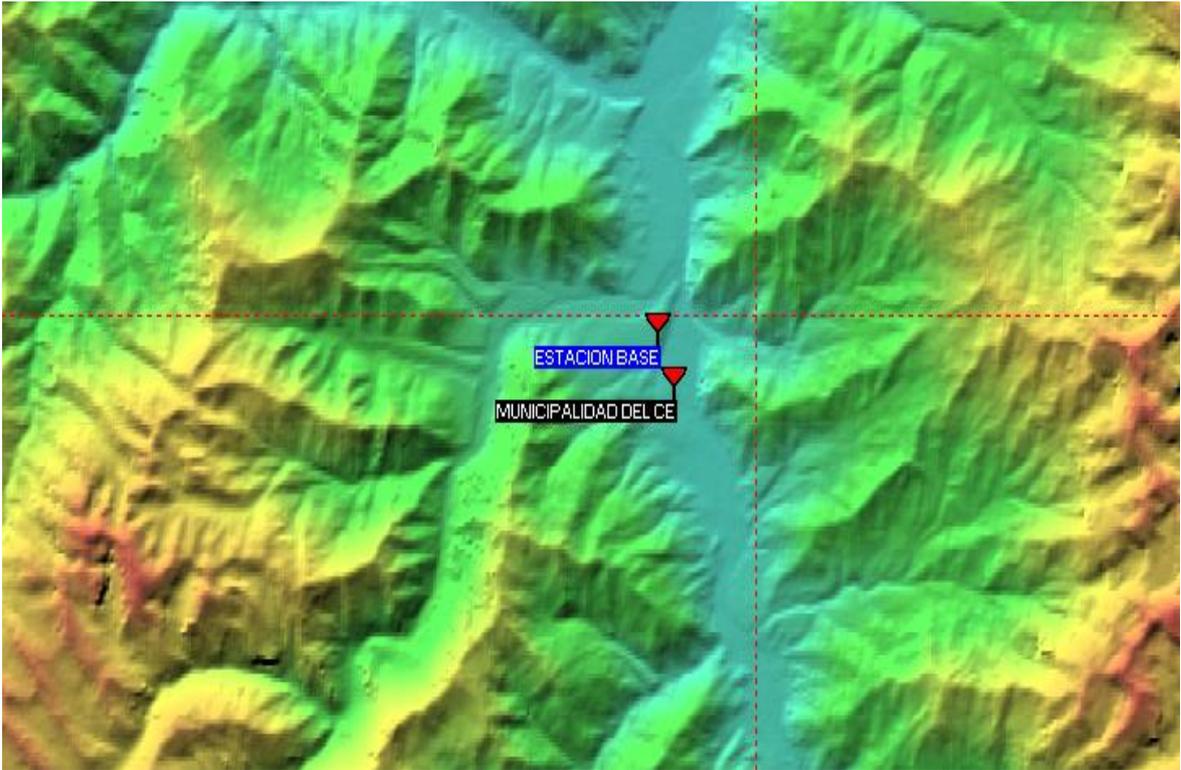
Se obtiene un nivel Rx=53.4 dBm, la zona fresnel y la línea de vista sin interrupciones durante su trayecto con despeje de 1.11 Km y distancia de 1.20 km entre ambos enlaces.

La altura de la torre será de 20 Y 10 Mts para ambos nodos respectivamente, y la ubicación de las antenas de 17 y 8 Mts con respecto al suelo debido a la ubicación del pararrayo tipo Franklin en la parte más alta de la torre ventada.

Otros valores resaltantes son el Azimut = 157.45°, ángulo de elevación=5.242°, peor fresnel =8.7f1 y Rx relativo=53.6 dBm.



**Figura 58.** Resultado de la simulación Estación base- Municipalidad del centro Poblado. Fuente: (Radio Mobile,2019)



**Figura 59.** Vista del enlace Estación Base - Municipalidad del centro poblado

Fuente: (Radio Mobile,2019)

## **Enlace Estación base – JASS Rosavero**

### **Parámetros:**

Frecuencia mínima: 5150 MHZ

Frecuencia máxima: 5875 MHz

Clima: Ecuatorial

Polarización: Vertical

### **Topología:**

Red de datos, topología estrella (master/esclavo)

### **Sistemas:**

Antena Sectorial LiteAp AC ubicada en la Estación base; potencia de transmisor (25 dBm), línea de pérdida (1), ganancia (19 dBi), altura de torre 20 Mts.

Antena NanoBeam 5AC GEN 2 ubicada en el Jass Rosavero; potencia de transmisor (25 dBm), línea de pérdida (1), ganancia (19 dBi), altura de torre 10 Mts, Umbral de receptor -107 dBm.

### **Miembros:**

Estación Base: en modo Master

Estación Cliente: en modo esclavo

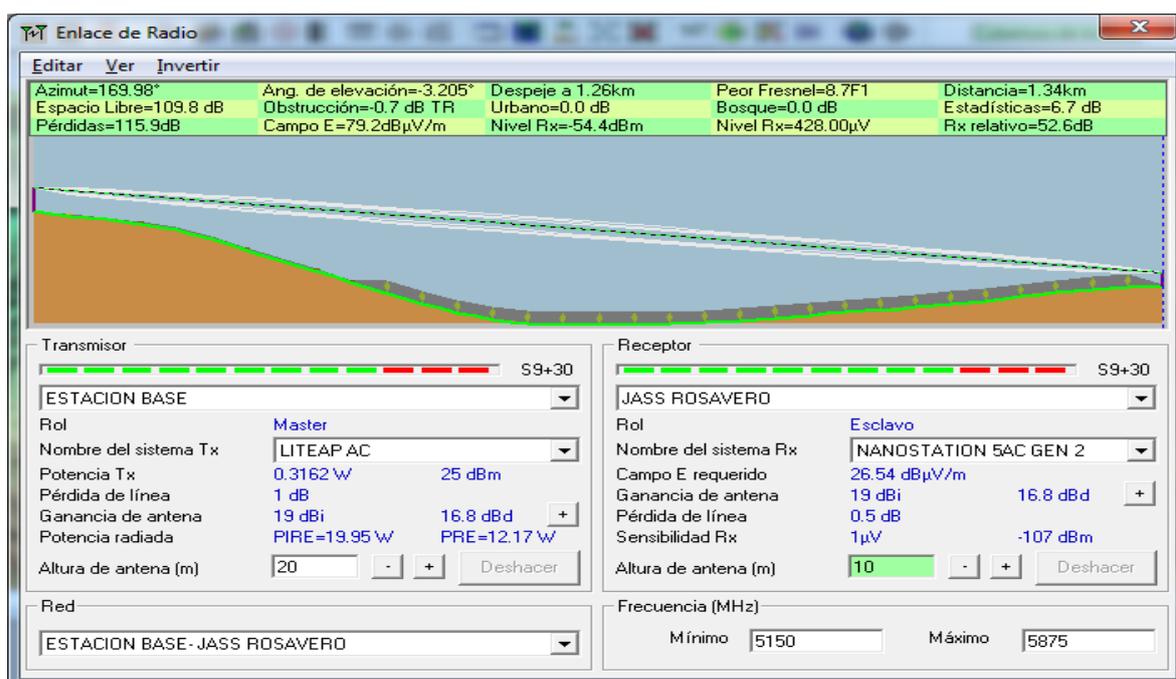
## Resultados de la Simulación Estación Base- JASS Rosavero

Para la Institución Jass Rosavero, se genera el siguiente reporte:

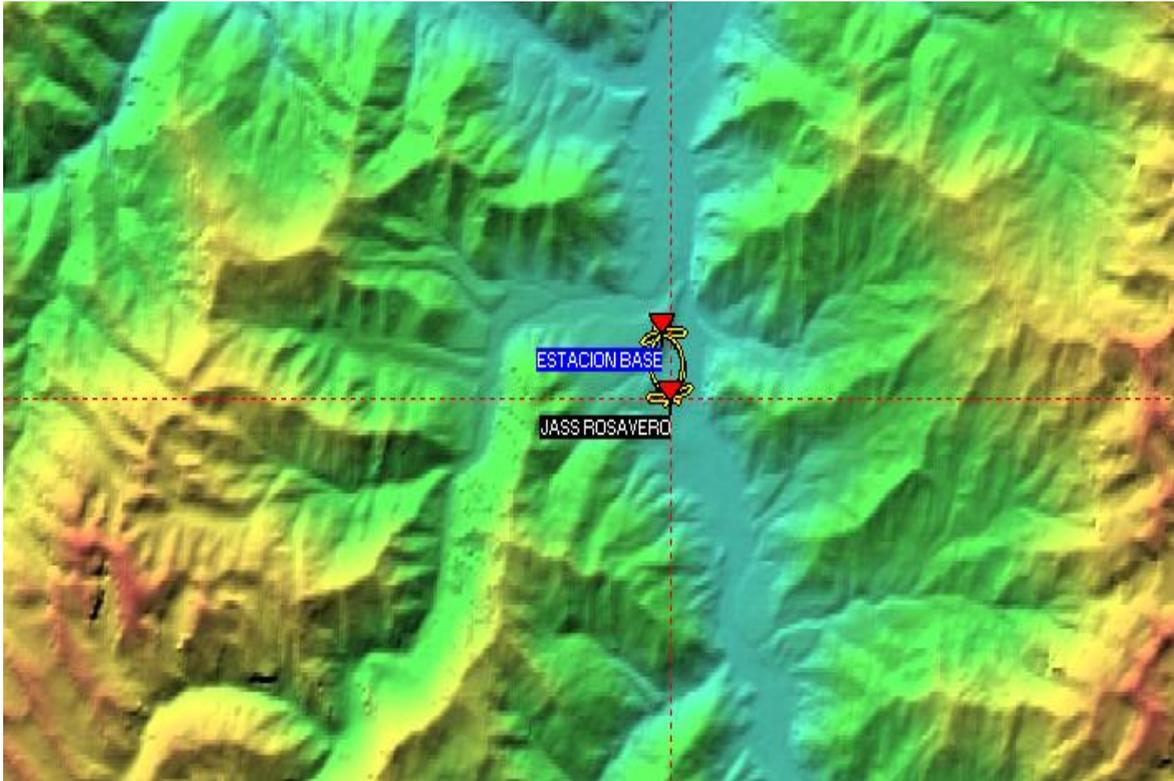
Se obtiene un nivel Rx=54.4 dBm, la zona fresnel y la línea de vista sin interrupciones durante su trayecto con despeje de 1.26 Km y una distancia de 1.34 km entre ambos enlaces.

La altura de la torre será de 20 Y 10 Mts para ambos nodos respectivamente, la ubicación de la antena CPE de 8 Mts. con respecto al suelo.

Otros valores resaltantes son el Azimut = 169.98°, ángulo de elevación=3.205°, peor fresnel =8.7f1 y Rx relativo=52.6 dBm.



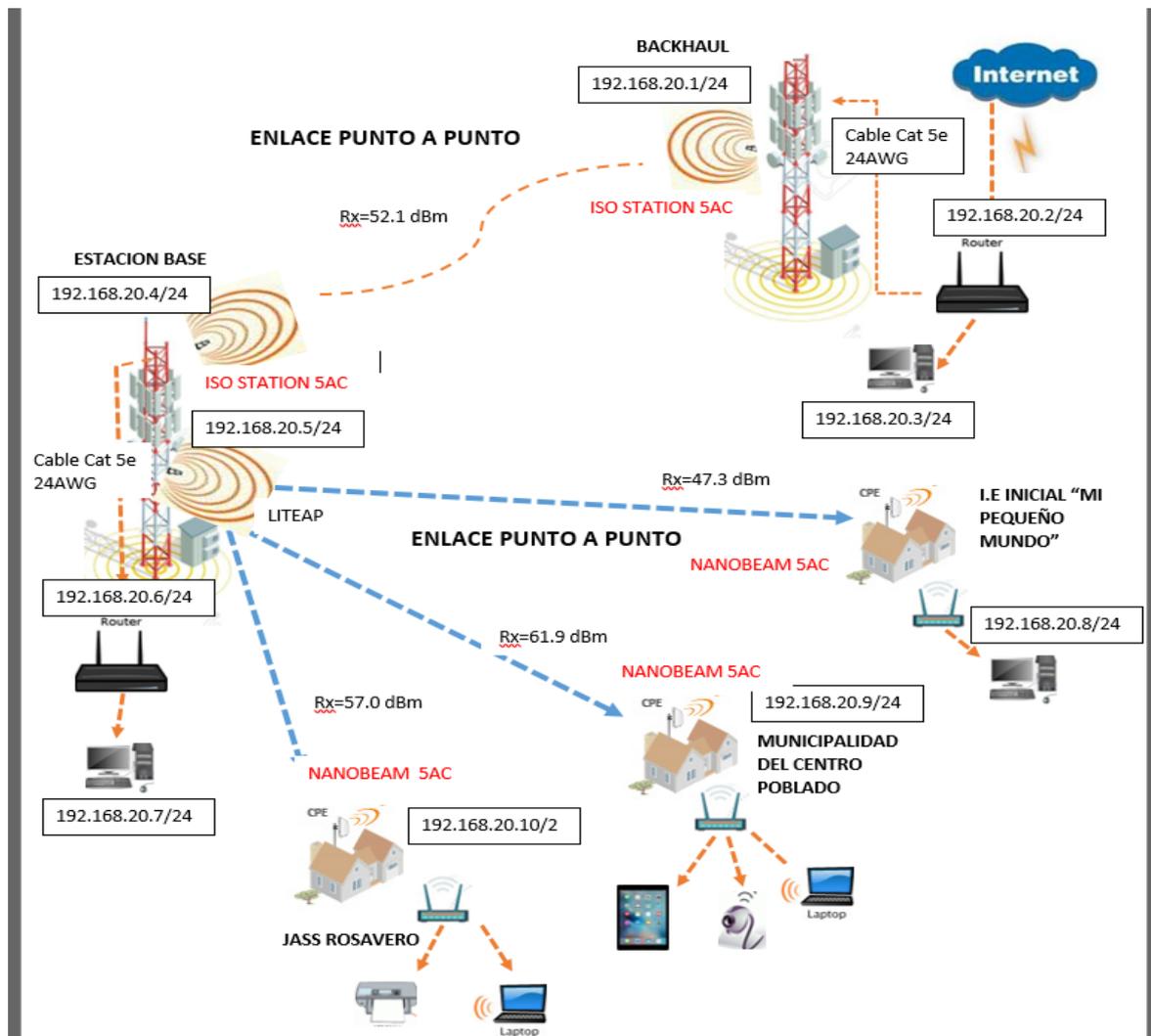
**Figura 60.** Resultado de la simulación Estación B- Jass Rosavero. Fuente: (Radio Mobile,2019)



**Figura 61** Vista del enlace Estación Base - Jass Rosavero. Fuente: (Radio Mobile,2019)

## Propuesta final del Diseño lógico de la red inalámbrica

Como resultado de los distintos ambientes de simulación realizados en las plataformas de AirLink y Radio Mobile, se obtuvieron indicadores de excelente capacidad para la implementación de la red. Finalmente se presenta el diseño de red para el centro poblado Corazón de Jesús permitiendo la conexión inalámbrica a las 3 Instituciones consideradas en el presente proyecto de investigación.



**Figura 62.** Propuesta final del diseño lógico de red. Fuente: elaboración propia desarrollada con los software Airlink y Google Earth.

### 3.1.2 Resultado del análisis de tecnologías inalámbricas para centros poblados rurales del Perú.

Para realizar el análisis de las diferentes tecnologías inalámbricas, primeramente, se seleccionaron a elección del investigador las 3 principales tecnologías: WIMAX, WIFI, LTE 4G, que ofrecen capacidad de implementarse en zonas rurales donde la fibra óptica no puede alcanzar, además, se tuvieron en cuenta los principales aspectos técnicos de cada tecnología, es decir, capacidades de transmisión de datos, cobertura, bandas de frecuencias, ventajas y desventajas; estas características se fundamentan de acuerdo a la literatura relacionada al tema.

#### Respecto a la velocidad de transmisión

Tabla 19

*Análisis comparativo de velocidades de transmisión de tecnologías inalámbricas*

Tecnologías y características	WIMAX	WI FI 5	LTE 4G
	802.16e	802.11 ac	
Velocidad en reposo	1 Gbps	1,3 Gbps	1 Gbps

**Nota:** Resultado del análisis comparativo de las Tecnologías de redes inalámbricas. Fuente: elaboración propia de acuerdo a la literatura y revisión bibliográfica.

## Respecto a la cobertura inalámbrica

Tabla 20

### Análisis de cobertura de transmisión inalámbrica

Tecnologías y características	WIMAX 802.16e	WI FI 5 802.11 ac	LTE 4G
Cobertura inalámbrica	50 a 70 km	Hasta 50 KM con radio enlaces	5 A 50 Km

**Nota:** Resultado del análisis comparativo de las Tecnologías de redes inalámbricas.  
Fuente: elaboración propia de acuerdo a la literatura y revisión bibliográfica.

## Respecto a los protocolos de seguridad

Tabla 21

### Análisis de protocolos de seguridad

Tecnologías y características	WIMAX 802.16e	WI FI 5 802.11 ac	LTE 4G
Seguridad	Algoritmos DES 128 bits y RCA 1,024 Bits	WPA,WPA2,PSK	Protocolo de cifrado AES-TR.

**Nota:** Resultado del análisis comparativo de las Tecnologías de redes inalámbricas.  
Fuente: elaboración propia de acuerdo a la literatura y revisión bibliográfica.

## Respecto a bandas de frecuencia

Tabla 22

*Análisis de bandas de frecuencia*

Tecnologías y características	WIMAX 802.16e	WI FI 5 802.11 ac	LTE 4G
Bandas de Frecuencias	2.5 y 5.8 GHz	2.4 , 5.1 GHz y 5.8 GHz	2,6 GHz

**Nota:** Resultado del análisis comparativo de las Tecnologías de redes inalámbricas.  
Fuente: elaboración propia de acuerdo a la literatura y revisión bibliográfica.

## Respecto a las ventajas

Tabla 23

*Ventajas que ofrecen las tecnologías inalámbricas*

Tecnologías y características	WIMAX 802.16e	WI FI 5 802.11 ac	LTE 4G
Ventajas	Escalabilidad y gran ancho de banda, menor costo de implementación, gran rendimiento y alta tasa de velocidad de transmisión.	señal más limpia y estable, Ancho de banda, y mayor rendimiento	Menor saturación de la red 4G, velocidad de transmisión alta

**Nota:** Resultado del análisis comparativo de las Tecnologías de redes inalámbricas.  
Fuente: elaboración propia de acuerdo a la literatura y revisión bibliográfica.

## Respecto a las desventajas

Tabla 24

### Desventajas de las tecnologías inalámbricas

Tecnologías y características	WIMAX 802.16e	WI FI 5 802.11 ac	LTE 4G
desventajas	Alto costo de implementación.	-interferencia múltiple. -menor rango de cobertura infraestructura cerrada.	consumo elevado de datos. no está disponible en zonas rurales.

**Nota:** Resultado del análisis comparativo de las Tecnologías de redes inalámbricas.  
Fuente: elaboración propia de acuerdo a la literatura y revisión bibliográfica.

### 3.1.3 Análisis inferencial

#### Prueba de hipótesis

Para la prueba de hipótesis, es necesario reconocer la normalidad de las variables; es decir, si los datos de la muestra provienen de una distribución normal o no para aplicar la estadística respectiva.

- Si es paramétrica (distribución normal), se debe aplicar T Student.
- Si es no paramétrica, se debe aplicar la prueba de chi cuadrado.

#### Prueba de normalidad

##### Paso 1: Plantear la hipótesis de normalidad

**Ho:** Los datos provienen de una distribución normal

**H1:** Los datos no provienen de una distribución normal

##### Paso 2: Nivel de significancia

Nivel de confianza NC = 0,95

Margen de error  $\alpha = 0,05$

##### Paso 3: Prueba de normalidad

Según el estadista Bello Arias, L. (2007)

Si  $n > 50$ , se aplica Kolmogorov – Smirnov

Si  $n \leq 50$ , se aplica Shapiro - Wilk

##### Paso 4: Estadístico de prueba

$p\text{-valor} < 0,05$ , se rechaza la Ho

$p\text{-valor} > 0,05$ , se acepta la Ho y se rechaza H1

## Paso 5: Resultado de la prueba de normalidad

Tabla 25

*Determinación de la prueba de normalidad aplicada a las variables*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Red inalámbrica	,447	30	,000	,580	30	,000
Acceso a internet	,488	30	,000	,492	30	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors.

**Nota:** Resultado de la prueba de normalidad. Fuente: Software SPSS (2019)

En la tabla 25 se presentan los resultados de la prueba de normalidad aplicadas a las variables de estudio (red inalámbrica y acceso a internet). El procesamiento de datos se realizó con el software estadístico SPSS versión 25.

Como la cantidad de datos (n) es menor a 50, para la prueba de normalidad se debe considerar el método estadístico de Shapiro-Wilk

Según la tabla de la prueba de normalidad, la significancia de p-valor de la variable red inalámbrica es 0,000 y es menor que 0.05, por lo que se rechaza la Ho, es decir, los datos no provienen de una distribución normal; en lo que respecta a la variable acceso a internet, el p-valor es 0,000 y es menor que 0,05; por lo tanto, también se rechaza la Ho; es decir, los datos tampoco no provienen de una distribución normal; en ese sentido, para la prueba de hipótesis se aplica la prueba de chi cuadrado.

## **Prueba de hipótesis**

Para la contrastación de hipótesis, se realizó considerando el marco teórico y los resultados estadísticos descriptivos; en ese sentido, se presenta la validación de la hipótesis general y específicas a través de la prueba estadística de chi cuadrado.

### **Hipótesis general**

#### **Formulación de la hipótesis**

**Ha** El diseño lógico de la red inalámbrica permite el acceso a internet en el centro poblado Corazón de Jesús.

**Ho** El diseño lógico de la red inalámbrica no permite el acceso a internet en el centro poblado Corazón de Jesús

#### **Nivel de significación:**

$$NC = 0,95$$

$$\alpha = 0,05 \text{ (prueba bilateral)}$$

#### **Estadígrafo de prueba**

Si  $\rho$  – valor  $< 0,05$ , se rechaza la Ho

Si  $\rho$  – valor  $\geq 0,05$ , se acepta la Ho

Tabla 26

*Prueba de la hipótesis general*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	26,875 <sup>a</sup>	3	,000
Razón de verosimilitud	27,252	3	,000
Asociación lineal por lineal	25,108	1	,000
N de casos válidos	30		

a. 7 casillas (87,5%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,20.

**Nota:** Resultado de la prueba de hipótesis general. Fuente: Software SPSS (2019)

**Interpretación estadística.**

Como el nivel de significancia obtenido es menor que 0,05 ( $0,000 < 0,05$ ) rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ , por lo tanto, podemos afirmar que el diseño lógico de la red inalámbrica permite el acceso a internet en el centro poblado Corazón de Jesús.

## Prueba de hipótesis específicas

### Hipótesis específica 1

#### Formulación de la hipótesis

**Ha** Las tecnologías de redes inalámbricas permiten el acceso a internet en el centro poblado rural Corazón de Jesús en el departamento de Huánuco.

**Ho** Las tecnologías de redes inalámbricas no permiten el acceso a internet en el centro poblado rural Corazón de Jesús en el departamento de Huánuco.

#### Nivel de significación:

$$NC = 0,95$$

$$\alpha = 0,05 \text{ (prueba bilateral)}$$

#### Estadígrafo de prueba

Si  $\rho$  – valor  $< 0,05$ , se rechaza la Ho

Si  $\rho$  – valor  $\geq 0,05$ , se acepta la Ho

Tabla 27

#### Prueba de la hipótesis específica 1

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	21,869 <sup>a</sup>	3	,000
Razón de verosimilitud	21,688	3	,000
Asociación lineal por lineal	20,212	1	,000
N de casos válidos	30		

a. 6 casillas (75,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,23.

**Nota:** Resultado de la prueba de hipótesis específica 1. Fuente: Software SPSS (2019)

#### Interpretación estadística.

Como el nivel de significancia obtenido es menor que 0,05 ( $0,000 < 0,05$ ), rechazamos la Ho y aceptamos la Ha, por lo tanto, podemos afirmar que las tecnologías de redes inalámbricas permiten el acceso a internet en el centro poblado rural Corazón de Jesús en el departamento de Huánuco.

## Hipótesis específica 2

### Formulación de la hipótesis

**Ha** Las condiciones geográficas del centro poblado Corazón de Jesús permiten la implementación de un sistema de red inalámbrica.

**Ho** Las condiciones geográficas del centro poblado Corazón de Jesús no permiten la implementación de un sistema de red inalámbrica.

Tabla 28

#### *Prueba de la hipótesis específica 2*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	12,859 <sup>a</sup>	6	,045
Razón de verosimilitud	10,246	6	,115
Asociación lineal por lineal	1,506	1	,220
N de casos válidos	30		

a. 10 casillas (83,3%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,10.

**Nota:** Resultado de la prueba de hipótesis específica 2. Fuente: Software SPSS (2019)

#### **Interpretación estadística.**

Como el nivel de significancia obtenido es menor que 0,05 ( $0,045 < 0,05$ ), rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ , por lo tanto, podemos afirmar que las condiciones geográficas del centro poblado Corazón de Jesús permiten la implementación de un sistema de red inalámbrica.

### Hipótesis específica 3

#### Formulación de la hipótesis

**Ha** La implementación de una red inalámbrica generará impacto social en el centro poblado rural Corazón de Jesús.

**Ho** La implementación de una red inalámbrica no generará impacto social en el centro poblado rural Corazón de Jesús.

Tabla 29

#### Prueba de la hipótesis específica 3

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	13,091 <sup>a</sup>	6	,042
Razón de verosimilitud	11,746	6	,068
Asociación lineal por lineal	1,309	1	,253
N de casos válidos	30		

a. 10 casillas (83,3%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,17.

**Nota:** Resultado de la prueba de hipótesis específica 3. Fuente: Software SPSS (2019)

#### Interpretación estadística.

Como el nivel de significancia obtenido es menor que 0,05 ( $0,042 < 0,05$ ), rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ , por lo tanto, podemos afirmar que la implementación de una red inalámbrica generará impacto social en el centro poblado rural Corazón de Jesús.

### **3.2 Discusión de resultados**

En cuanto a los resultados obtenidos, podemos afirmar que el diseño de red bajo el sistema de radio enlaces con tecnología inalámbrica Wi Fi 802.11 ac, cumple con las condiciones y requerimientos para ofrecer conectividad de internet al centro poblado Corazón de Jesús, que beneficiará en un futuro escenario a las instituciones y población en general; resultado similar presenta Perez (2015) en su investigación, diseño de un sistema inalámbrico de larga distancia para entornos rurales utilizando Tecnología WiFi, brindando cobertura a 14 comunidades en Cajamarca, para lo cual realizó un diseño de red con tecnología Wi fi en su estándar 802.11n , aplicando el método de simulación con Radio Mobile para determinar la viabilidad de la arquitectura de red; así también, Los autores Gamarra y Sanchez (2017) en su investigación “Diseño de un sistema de red inalámbrica para el acceso a internet en el centro poblado rural san José de Paucar, 2017, realizaron el diseño aplicando el software Radio Mobile para determinar la factibilidad de la red inalámbrica; finalmente demostraron que su diseño de red se adapta a los requisitos para una pronta implementación.

El diseño de red contempla aspectos de factibilidad técnica, donde se considera primordialmente el uso de radio enlaces con antenas para conectar comunicación a largas distancias, desarrolladas en ambientes de simulación con el software Radio Mobile y Airlink, donde se obtuvieron valores que dieron merito a un diseño de red confiable, robusta, alta capacidad de transmisión y escalable cuando se pretenda incrementar puntos de acceso y número de usuarios.

Para la elección de la tecnología inalámbrica, se tuvieron en cuenta principalmente las características que definen como la mejor alternativa que se adapta como propuesta de interconexión para zonas de áreas rurales en el ámbito nacional, así mismo, se realiza un análisis comparativo de las principales características de las tecnologías inalámbricas Wi Fi, Wimax y 4Glte, donde se evalúan las capacidades de cada tecnología y se muestra detalles específicos sobre la tecnología definida como la mejor opción, es decir, la tecnología Wifi 802.11 ac de largo alcance. Cabe destacar que la propuesta de realizar el diseño de red para el caso de estudio con la tecnología Wifi, es considerada principalmente por las ventajas que ofrece y que se adaptan mejor a los requerimientos del diseño de red, considerando aspectos de rendimiento, costo y beneficio

En cuanto al análisis de tecnologías inalámbricas, se determinó que Wi fi 802.11 ac es la mejor alternativa frente a las tecnologías Wimax y 4G lte, de acuerdo al estudio comparativo de características y capacidades, que finalmente fueron criterios de selección para el diseño de red; además, el resultado concuerda con la investigación Nithya y Rao (2017 denominado, Análisis comparativo de la tecnología inalámbrica opciones para la conectividad rural, las cuales determinaron que Wi Fi es técnicamente viable para brindar cobertura a zonas rurales a grandes velocidades de transmisión.

### **3.3 Aporte Práctico**

#### **3.3.1 Método propuesto**

La metodología aplicada para obtener los valores para el diseño de red, propuesto como objetivo general en la presente investigación, se basan en la utilización de herramientas y aplicaciones informáticas, que permitieron realizar las interacciones a través de ambientes de simulación y georreferenciación de la zona de estudio para medir los criterios de calidad de la red inalámbrica. Entre ellas se destaca la aplicación de:

#### **Google Earth**

Esta aplicación gratuita nos permitió obtener información geográfica de todo el Mundo, a través de planos, mapas, imágenes satelitales y fotografías en 3D. Esta herramienta permitió consultar indicaciones de ubicación del centro Poblado Corazón de Jesús y sus anexos para obtener detalles de los escenarios geográficos que se empleó para el diseño y topología de la red Inalámbrica.

#### **Software Radio Mobile (Simulador)**

Es un software desarrollado por Roger Coudè, que se basa en el modelo de terreno de Longley-Rice y predice las condiciones de propagación desde 20 MHz a 20 GHz, mediante varios tipos de mapas digitales de elevación.

Este Software gratuito (para Windows) fue el principal instrumento que utilizamos en nuestra Investigación, considerando sus beneficios a la hora de ahorrar tiempo en la etapa de comprobación de los valores obtenidos en el software Airlink, lo cual nos permitió simular los radio enlaces de los sistemas punto a punto y punto a multipunto, así mismo, nos brindó reportes detallados de las simulaciones con valores satisfactorios y finalmente obtener el diseño de red.

## **Airlink**

Esta plataforma web, ofrecida por la marca Ubiquiti de manera gratuita, en la dirección <https://link.ui.com/>, fue determinante para establecer la factibilidad de los enlaces, permitiendo obtener las líneas de vista de los sistemas punto a punto y punto a multipunto, además, nos permitió realizar las interacciones con las características de las antenas seleccionadas con el objetivo de lograr los mejores niveles de señal (-dBm) y capacidad de transmisión de datos (Mbps) indispensables para la efectividad de los enlaces entre los nodos.

## **Osiptel Móvil (Cobertura Móvil)**

El Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) dispuso una aplicación Online que permite verificar la cobertura móvil en todo el territorio nacional. Esta herramienta hace referencia a la cobertura de todos los operadores que brindan servicio de telecomunicaciones en el Perú.

Para esta investigación, se realizaron consultas online a través del aplicativo en la dirección web: <http://www2.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/> para determinar la cobertura de red en el centro poblado.

En cuanto al objetivo específico 1, Evaluar las tecnologías de redes inalámbricas que permitan el acceso a internet en el centro poblado rural Corazón de Jesús; De acuerdo a la bibliografía revisada, analizamos y determinamos cuál tipo de tecnología de red inalámbrica es propuesta para realizar el diseño de red aplicable para el centro poblado Corazón de Jesús, considerando el siguiente criterio:

Análisis comparativo de características entre las diferentes y principales tecnologías inalámbricas con sus estándares. Esta va permitir determinar la viabilidad del diseño para la presente investigación. Entre los 3 tipos de tecnologías inalámbricas (Wifi, Wimax y 4G Lte), se ha decidido considerar el estándar 802.11ac, conocido comercialmente como Wifi 5, aplicada con sistema de radio enlaces para lograr conexiones a largas distancias, además, es una tecnología que se destaca porque utiliza la frecuencia de 5 GHz, siendo mucho menos congestionada que la banda 2.4 GHz, así como las interferencias son menores debido al número de redes que emiten en esa frecuencia; en cuanto a dispositivos, existen en el mercado múltiples equipos compatibles con esta tecnología, por su

parte, las actualizaciones han permitido incluso routers con dos canales Wi Fi, 2,4Ghz. y 5 GHz respectivamente.

Para el logro del objetivo específico 2, Identificar las condiciones geográficas del centro poblado rural Corazón de Jesús para la implementación de un sistema de red inalámbrica, se realizó el reconocimiento de la zona para determinar que cumplen requisitos indispensables para la viabilidad de una futura implementación de una red inalámbrica con sistema de radio enlaces, para lo cual se identificaron aspectos como: servicios de energía eléctrica, cobertura móvil (reporte de Osiptel), puntos de elevación para instalación de torres (reporte de Google Earth) acceso vial, condiciones climatológicas, entre otros.

En cuanto al objetivo específico 3: determinar si la implementación de una red inalámbrica generaría impacto social en el centro poblado rural corazón de Jesús, se realizó aplicando un cuestionario de medición a la muestra de estudio, para posteriormente procesar dicha información en el software estadístico SPSS, que permitió contrastar las hipótesis de la presente investigación.

## **IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

Se ha logrado realizar el diseño de red para el centro poblado Corazón de Jesús, que permitirá la conexión inalámbrica a través de radio enlaces con la tecnología WiFi 802.11 ac; esta permitirá contar con acceso a internet y beneficiará a los usuarios de las diferentes Instituciones y población general en un escenario aplicado a través de la inversión pública o privada.

La evaluación de las distintas tecnologías inalámbricas, nos ha permitido conocer las distintas características que cada una de ellas cuenta, es decir, se evaluaron las capacidades de transmisión, cobertura, seguridad, protocolo, topología y sobre todo relación costo-beneficio para realizar la selección de una red en particular, para este caso, la tecnología WiFi en su estándar 802.11 ac.

La aplicación de las herramientas Radio Mobile, AirLink y Google Earth han sido determinantes a la hora de realizar las simulaciones de los enlaces para medir los criterios de calidad de las interconexiones. El proceso de las interacciones, ha sido determinante, porque nos ha permitido demostrar la viabilidad de los enlaces en los sistemas punto a punto y punto a multipunto, obteniendo valores reales que van a permitir de manera eficiente una futura conexión inalámbrica de alta capacidad para el centro Poblado Corazón de Jesús.

Para la implementación con la tecnología WiFi 802.11 ac, se definieron los dispositivos de conexión inalámbrica de la serie Airmax AC de la marca UBIQUITI, en la frecuencia de banda libre 5.8 GHz, las cuales cumplen con los requisitos técnicos considerados en el diseño de red.

Las tecnologías inalámbricas Wimax, WiFi, LTE4G, tienen la capacidad de permitir la conexión inalámbrica a todos los Centros poblado del Perú, donde no es posible hacer llegar la fibra óptica, sin embargo, se determinó a la tecnología WIFI 802.11 ac, como la mejor alternativa en criterios de costo, alto rendimiento y beneficio.

El presente proyecto de investigación tiene un enfoque de interés social, para su implementación es necesaria la participación e inversión de la Municipalidad distrital de Pillco marca, Municipalidad Provincial de Huánuco, Gobierno Regional de Huánuco o Empresas privadas especializadas en el rubro tecnológico y telecomunicaciones.

#### **4.2 Recomendaciones**

Para la implementación del presente proyecto, es necesaria la intervención de los gobiernos locales a través de la inversión pública que permita desplegar un sistema de conectividad inalámbrica para proveer servicio de internet a todo el centro poblado.

Se recomienda la inversión privada para ejecutar el diseño de red propuesto en la presenta investigación, previamente realizando un estudio de mercado para determinar la cantidad de clientes que podrían solicitar el servicio de internet, teniendo en consideración planes de servicio acorde a las necesidades y condiciones económicas de los posibles usuarios.

Para una mejora a futuro del diseño de red propuesto, se recomienda utilizar equipos de la marca Ubiquiti en la serie AirFiber, teniendo en consideración la llegada del estándar WIFI 6 (802.11ax). Actualmente esta investigación ha considerado el uso de dispositivos (antenas) de la serie AirMax ac por motivos de beneficio y costo.

Finalmente, es necesario resaltar que una implementación demanda costo, y la puesta en práctica de ejecutar el proyecto es diferente a la parte teórica descrita en esta investigación, porque surgirán problemas reales y dependerá de la capacidad de los ejecutores de resolver problemas e inconvenientes para garantizar la seguridad de los equipos y el buen funcionamiento de la red.

## REFERENCIAS

- Alvarado, R., & Alvarado, L. (2018). *Diseño e implementación de una red inalámbrica en alta montaña para la transmisión de datos hidrometeorológicos desde la quebrada cojup hasta la ciudad de Huaraz*. Perú. (tesis pregrado) Recuperado de: [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3363/T033\\_46281351\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3363/T033_46281351_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Alvarado, Y. Osbel, P. (2015). *Educación en Seguridad Criptográfica para Redes Inalámbricas con Tecnologías WIFI, BLUETOOTH Y WIMAX*. OLIMPIA. Revista de la Facultad de Cultura Física de la Universidad de Granma. Vol.14 No.43, abril-junio 2017. ISSN: 1817-9088. RNPS: 2067. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6210806>
- Asociación Gsma. (2018). *LTE: Tecnología y Salud 4G y banda ancha móvil*. Reino Unido. Recuperado de: <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2014/06/GSMA-LTE-tecnologia-salud.pdf>
- Arevalo, G. (2018) *Propuesta del diseño de red para la distribución de los dispositivos de conexión inalámbrica en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto*. . (tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín) Repositorio institucional: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2914/SISTEMAS%20-%20Gilmer%20Anthony%20Ar%C3%A9valo%20Tuanama.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barba K & LLumiQuinga D. (2013). *Estudio de la Tecnología Wimax como alternativa para mejorar la velocidad de acceso a internet de los docentes al ambiente virtual de aprendizaje cooperativo de la Universidad Politécnica Salesiana*. Ecuador. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5382/1/UPS-GT000489.pdf>

Benavente, A. (s.f). *Implementación Red Inalámbrica Wimax- Wifi*. Universidad Oberta de Catalunya. España. Recuperado de: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/43113/6/jbenaventecTFC0615memoria.pdf>

Bloque metodológico de la investigación (2010). *Técnicas e Instrumentos de recolección de datos*. Recuperado de: <https://bloquemetodologicodelainvestigacionudo2010.wordpress.com/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>

Canca, D. (2013). *Diseño de una Red Wimax de servicio a un conjunto de puntos geográficamente distantes*. Universidad de Sevilla. ( tesis de maestría) Recuperado de: DOI:[10.13140/RG.2.1.1094.8249](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1094.8249)

Calvillo, A.(2013) *Estudio y diseño de una red WiMAX para dar cobertura de banda ancha en un entorno rural*.{tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Valencia} Repositorio: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34530/Memoria.pdf?sequence=1>

Chacón, O. (2017) *Diseño de una red inalámbrica utilizando la tecnología Wimax para proveer servicio de internet en la zona urbana de la ciudad de Latacunga*. {Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador} Repositorio Institucional: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14627/CASO%20DE%20ESTUDIO%20%28OSCAR%20CHACON%20%29%2808-02-2018%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carbajal, (2012). *Técnicas de recolección de datos e instrumentos de Medición*. Recuperado de: [bvsp.er.paho.org/videosdigitales/matedu/.../tecnicas%20de%20recoleccion.ppt](https://www.youtube.com/watch?v=pahopvper)

- Digimodes.(2016).*Seguridad en Redes Wimax*. digimodes.wordpress.com.  
<https://digimodes.wordpress.com/2016/05/29/seguridad-en-redes-wimax/>
- Dip-badajoz (2018). *Las tecnologías Wifi y Wimax*. Recuperado de:  
[https://www.dipbadajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/tecnologias\\_wifi\\_wmax.pdf](https://www.dipbadajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/tecnologias_wifi_wmax.pdf)
- Durney, H, Castro,C y Ortiz,R. (2018) *Diseño e implementación de radioenlaces y estaciones repetidoras Wi-Fi para conectividad de escuelas rurales en zona sur de Chile*. [https://trilogia.utem.cl/wp-content/uploads/sites/9/2018/01/articulo4\\_trilogia\\_vol24n34.pdf](https://trilogia.utem.cl/wp-content/uploads/sites/9/2018/01/articulo4_trilogia_vol24n34.pdf)
- Gamarra y Sanchez (2017). *Diseño de un sistema de red inalámbrica para el acceso a internet en el centro poblado rural de san José de Paucar, 2017*. [tesis para optar el grado de Ingeniero de sistemas] repositorio institucional:[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE\\_cdf33585919b3c36313d8d8b203de38c](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_cdf33585919b3c36313d8d8b203de38c)
- Galvez,V.(2017). *Propuesta de mejora en la seguridad de redes inalámbricas, utilizando los estándares definidos por Nist. caso de estudio: red wifi de la IES*. Ecuador. (tesis de maestría) recuperado de :  
[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14408/Seguridad\\_WIFI\\_IES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14408/Seguridad_WIFI_IES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Guelot, A. & Rajavat, A. (2016). *Análisis de rendimiento del traspaso vertical en Wi-Fi y redes inalámbricas WiMAX*. 2016 Symposium on Colossal Data Analysis and Networking (CDAN). Recuperado de:  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7570926>
- Guevara, F. (2018). *Comparativo entre la tecnología de redes 4G y 5G y los beneficios de su implementación en Colombia*. recuperado de:  
<https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/189/COMPARATIVO%20ENTRE%20LA%20TECNOLOG%C3%8DA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hernandez, R. Fernandez, C. Baptista, M (2014). *Metodología de investigación Sexta Edición*. McGraw W-Hill/ Interamericana Editores S.A. recuperado de: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Huidobro, M. (2019) *5G y Wi-Fi 6, dos nuevas tecnologías inalámbricas*. (revista digital) recuperado de: [https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/047001.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/047001.pdf)
- International Centre for theoretical Physics,(2012).*Radio Mobile. Materiales de apoyo para entrenadores en Redes Inalámbricas*. Recuperado de: [http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/08-Radio\\_Mobile-es-v1.2.pdf](http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/08-Radio_Mobile-es-v1.2.pdf)
- Ladino, E, Parra, B. (2018) *diseño y simulación de una antena en frecuencia de microondas para la proyección de un radioenlace entre la universidad católica de Colombia y la universidad de los andes*. {tesis de pregrado}repositorio Institucional [Trabajo de grado.pdf \(ucatolica.edu.co\)](http://repositorio.ucatolica.edu.co)
- Lopez, A., Caballero, L. & Slagle,J. (2018) *Diseño de una red inalámbrica para el acceso a internet de la institución educativa departamental José Benito vives de andreis de la zona bananera desde la universidad cooperativa de Colombia sede santa marta*.{tesis de pregrado,Universidad Coperativa de Colombia } repositorio institucional: [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/8522/1/2018\\_red\\_internet\\_acceso.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/8522/1/2018_red_internet_acceso.pdf)
- Lina, X., Junqing, X., Xunteng X., Shuai, W. (2016). *Empresa LTE y Sistema de Inter funcionamiento WiFi y Solución de selección de red propuesta*. ANCS '16 March 17-18, 2016, Santa Clara, CA, USA. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7856579>.
- Leyva , J. & Beltrán, D. (2016).*La comunicación inalámbrica a través de la banda de los 60GHZ*. Revista Universidad y Sociedad [seriada en línea], 8 (2). pp. 89-96. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu>

- Martínez, M. Bastidas, X & Vera, P. (2015). *Wimax y su reducción de la brecha digital*. Slideplayer. recuperado de: <https://slideplayer.es/slide/6146319/>
- Muñoz, A. (2018) *Diseño y simulación de dos radioenlaces para la conexión de una red de telefonía móvil temporal*. Depósito de investigación Universidad de Sevilla. Recuperado de: <https://idus.us.es/handle/11441/83108>
- Perez, C. (2015) *Diseño de un Sistema Inalámbrico de larga Distancia para entornos Rurales Utilizando Tecnología WIFI*. Recuperado de : <https://riunet.upv.es/handle/10251/45956>.
- Reinosa, R. Caro, C. (2018) *propuesta de diseño de una red de banda ancha para mejorar los servicios de telecomunicaciones de las zonas rurales de la provincia de Piura*.(tesis de pregrado ) Recuperado de: [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8938/Reinosa\\_Sandoval\\_Ronald\\_Harry\\_y\\_Caro\\_Su%c3%a1rez\\_Clifford\\_Alcibias.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8938/Reinosa_Sandoval_Ronald_Harry_y_Caro_Su%c3%a1rez_Clifford_Alcibias.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez, E., Angamarca, M & Inga, E. (2017). *Optimización de cobertura para lugares georreferenciados*. ITECKNE Vol. 14 Número 2 • ISSN 1692-1798 • ISSN Digital 2339-3483. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/itec/v14n2/1692-1798-itec-14-02-00140.pdf>
- Salazar, J. (2016). *Redes Inalámbricas*. European Virtual Learning Platform for Electrical and Information Engineering. Recuperado de: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf)

- Taborda, L. (2017). *Despliegue de una Red Inalámbrica Libre Comunitaria: un ejercicio de soberanía digital en el barrio Villa del Río (Bogotá, Colombia)*. Hamut'ay 4(2). Julio-diciembre 2017. Págs. 80-90. Recuperado de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:emz6vHk7jpQJ:revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/HAMUT/article/download/1486/1471+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>
- Tasayco, P. (2018). *Redes Inalámbricas*. Recuperado de : <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/4057/Paulo%20Antonio%20TASAYCO%20ARENAS%20Monograf%C3%ADa%20UNE%202018%20REDES%20INAL%C3%81MBRICAS.pdf?sequence=1&isAlloved=y>
- Sultan,U & Markarian,G (2015) *Optimización de la red para la integración de WiFi y WiMAX*. The Fourth International Conference on Future Generation Communication Technologies (FGCT 2015). recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7300247>
- Vara, A. (2012). Siete pasos para una tesis exitosa. Recuperado de : <http://www.administracion.usmp.edu.pe/investigacion/files/7-PASOS-PARA-UNA-TESIS-EXITOSA-Desde-la-idea-inicial-hasta-la-sustentaci%C3%B3n.pdf>.
- Varinder,S., Deepinder S & Mritunjay, K.(2018). *Análisis Simulativo de la Red de Área Local usando WiMAX*. India. International Conference on Intelligent Circuits and Systems. recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8479590>
- Veluru, A & Sethuraman, R (2017). *Análisis comparativo de la tecnología inalámbrica opciones para la conectividad rural*. 2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7976824>.

Wimax Forum (2001). *Acerca del Foro Wimax. Wimax forum*. Recuperado de:  
<http://wimaxforum.org>. <http://wimaxforum.org/Page/About>

Zárate, H; Ortiz, J. (2015). *Simulación de redes inalámbricas en NS-2*. Cúcuta-Colombia Vol. 20 No. 1 enero - junio 2015 ISSN 0122-820X PP: 38-50.  
Recuperado de:  
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:FeQcXVVNN9AJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5364552.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>

## ANEXOS

### Anexo 1. Resolución de aprobación del proyecto de investigación

#### FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

#### RESOLUCIÓN N° 0475-2019/FIAU-USS

Pimentel, 3 de agosto de 2020

#### VISTO:

El Acta de reunión N°1207-2020, de fecha 12 de julio de 2020 del Comité de investigación de la Escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS, para la ejecución de la Tesis: **“ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS PARA CENTROS POBLADOS RURALES EN EL PERÚ”**, presentado por **RODRIGUEZ VILA RAINER CARUSSO**, del Programa de estudios INGENIERÍA DE SISTEMAS, y;

#### CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con la Ley Universitaria N° 30220 en su artículo 48º que a letra dice: "La investigación constituye una función esencial y obligatoria de la universidad, que la fomenta y realiza, respondiendo a través de la producción de conocimiento y desarrollo de tecnologías a las necesidades de la sociedad, con especial énfasis en la realidad nacional. Los docentes, estudiantes y graduados participan en la actividad investigadora en su propia institución o en redes de investigación nacional o internacional, creadas por las instituciones universitarias públicas o privadas.";

Que, de conformidad con el Reglamento de grados y títulos en su artículo 21º señala: "Los temas de trabajo de investigación, trabajo académico y tesis son aprobados por el Comité de Investigación y derivados a la facultad o Escuela de Posgrado, según corresponda, para la emisión de la resolución respectiva. El periodo de vigencia de los mismos será de dos años, a partir de su aprobación. En caso un tema perdiera vigencia, el Comité de Investigación evaluará la ampliación de la misma.

Que, de conformidad con el Reglamento de grados y títulos en su artículo 24º señala: La tesis es un estudio que debe denotar rigurosidad metodológica, originalidad, relevancia social, utilidad teórica y/o práctica en el ámbito de la escuela profesional. Para el grado de doctor se requiere una tesis de máxima rigurosidad académica y de carácter original. Es individual para la obtención de un grado; es individual o en pares para obtener un título profesional. Asimismo, en su artículo 25º señala: "El tema debe responder a alguna de las líneas de investigación institucionales de la USS S.A.C."

Que, en el Acta de reunión N°1207-2020 de fecha 12 de julio de 2020, del Comité de investigación de la Escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS, se indica entre los acuerdos la aprobación del tema de la Tesis denominado **“ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS PARA CENTROS POBLADOS RURALES EN EL PERÚ”** de la línea de investigación de INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE, a cargo de **RODRIGUEZ VILA RAINER CARUSSO** en condición de egresado, del Programa de estudios INGENIERÍA DE SISTEMAS.

Estando a lo expuesto, y en uso de las atribuciones conferidas y de conformidad con las normas y reglamentos vigentes;

#### SE RESUELVE:

**ARTÍCULO 1°: APROBAR**, el tema del Tesis denominado **“ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS PARA CENTROS POBLADOS RURALES EN EL PERÚ”**, perteneciente a la línea de investigación de **INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**, a cargo de **RODRIGUEZ VILA RAINER CARUSSO**, del Programa de estudios INGENIERÍA DE SISTEMAS.

**ARTÍCULO 2°: ESTABLECER**, que la inscripción del Título del Tesis se realice a partir de emitida la presente resolución y tendrá una vigencia de dos (02) años.

**ARTÍCULO 3°: DEJAR SIN EFECTO**, toda Resolución emitida por la Facultad que se oponga a la presente Resolución.

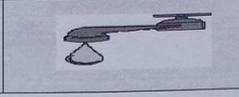
**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE**

  
  
Dr. Mario Fernando Ramos Mescol  
Decano - Facultad de Ingeniería,  
Arquitectura y Urbanismo  
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

  
  
MRA. Maria Noelia Sialer Rivera  
Secretaria Académica / Facultad de Ingeniería,  
Arquitectura y Urbanismo  
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Cc: Interesado, Archivo

## Anexo 2. Carta de aceptación de la institución para la recolección de datos.

 Partida Electrónica N° 11012190	<i>Junta Administradora del Servicio de Saneamiento "Manantial Rosavero-Yanag"</i> RUC N° 20542491958	
--	--	--

"Año de la Lucha contra la corrupción y la Impunidad"

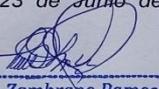
EL PRESIDENTE DEL JASS MANANTIAL ROSAVERO YANAG, COMPRENSION DEL DISTRITO DE PILLCO MARCA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO; QUE AL FINAL SUSCRIBE; OTORGA:

**AUTORIZACION PARA RECOJO DE INFORMACION:**

A Sr. **RAINER CARUSO RODRIGUEZ VILA**, identificado con DNI N° 80011467, domiciliado en el jirón San Francisco cuadra 5 s/n, en el poblado de Rosavero. -----  
El indicado ciudadano en su calidad de alumno de la carrera profesional; Ingeniería de Sistemas de la Universidad Señor de Sipán, podrá recoger información relacionado a "ANALISIS DE TECNOLOGIA DE REDES INALAMBRICAS PARA CENTROS POBLADOS RURALES EN EL PERU", dicha información que conforma la base de esa investigación para efectos académicos de la elaboración de tesis de pregrado.

Documento que expido a solicitud de parte del interesado. El presente documento se refiere únicamente a la autorización de recojo de información, por tanto, no exime de otras taxativas que pudiera exagerar el interesado.

Rosavero Yanag, 23 de Junio del 2019.

  
**Roberto Zambrano Ramos**  
DNI N° 22408248  
PRESIDENTE



“ Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad ”

**AUTORIZACION PARA EL RECOJO DE INFORMACION**

Huánuco, 23 de junio 2019

Quien suscribe:

**Srta. KATY TRUJILLO GALEANO**

Directora de la Institución Educativa Inicial N° 231 "Mi Pequeño Mundo"

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función de la tesis titulada "Análisis de Tecnologías de Redes Inalámbricas para Centros Poblados Rurales en el Perú"

Por el presente, el que suscribe, Srta. Katy Trujillo Galeano, Directora de la Institución Educativa Inicial N° 231 "Mi Pequeño Mundo". AUTORIZO al alumno Rainer Carusso Rodríguez Vila, identificado con DNI °80011467, estudiante de la carrera profesional de Ingeniería de sistemas y autor de la tesis denominada: "Análisis de Tecnologías de Redes Inalámbricas para Centros Poblados Rurales en el Perú" al uso de dicha información que conforma la base de esta investigación para efectos académicos de la elaboración de tesis de pregrado.

Atentamente

  
Mg./Trujillo Galeano Cathy C  
DIRECTORA

“ Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad ”

**AUTORIZACION PARA EL RECOJO DE INFORMACION**

Huánuco, 23 de junio 2019

Quien suscribe:

**Sr. FRANK HENRY RAMIREZ BONILLA**  
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DEL CENTRO POBLADO CORAZON DE JESÚS

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función de la tesis titulada “Análisis de Tecnologías de Redes Inalámbricas para Centros Poblados Rurales en el Perú”

Por el presente, el que suscribe, Sr. Frank Henry Ramirez Bonilla, Alcalde de la Municipalidad del Centro Poblado Corazón de Jesús, AUTORIZO al alumno Rainer Carusso Rodriguez Vila, identificado con DNI °80011467, estudiante de la carrera profesional de Ingeniería de sistemas y autor de la tesis denominada: “Análisis de Tecnologías de Redes Inalámbricas para Centros Poblados Rurales en el Perú” al uso de dicha información que conforma la base de esta investigación para efectos académicos de la elaboración de tesis de pregrado.

Atentamente



**Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos, con su respectiva validación de los instrumentos**

**ENCUESTA DE OPINION PARA LA MEDICION DE VARIABLES**

**I.PRESENTACION:** El tesista Rainer Carusso Rodriguez Vila, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo- Universidad Señor de Sipán, ha desarrollado la investigación denominada: Análisis de Tecnologías de Redes Inalámbricas para centros poblados rurales en el Perú.

**II. OBJETIVO:** El presente cuestionario tiene como objetivo recabar información con respecto al uso de tecnologías inalámbricas y conectividad a internet para la realización de un diseño de red inalámbrica en el centro poblado corazón de Jesús, en el distrito de Pillco Marca, provincia y Departamento de Huánuco; dicha información tiene carácter confidencial y anónima, para lo cual no hace falta su identificación en el presente instrumento.

**III.INDICACIONES:** A continuación, se le presenta una serie de preguntas las cuales deberá responder marcando con una (X) la respuesta que considere pertinente.

N.º	Variable independiente: red inalámbrica	SI	NO
	<b>Infraestructura tecnológica</b>		
1	¿Cree Ud. que el costo de implementación de un sistema de red inalámbrica es elevado?		
2	¿Considera Ud. conveniente que el centro poblado Corazón de Jesús disponga de servicio de internet?		
3	¿Considera Ud. importante que en el centro poblado Corazón de Jesús se implemente un sistema de telecomunicaciones?		
	<b>Transmisión de datos</b>		
4	¿Considera Ud. importante navegar por internet a altas tasas de velocidad?		
5	¿Considera Ud. conveniente navegar por internet sin interrupciones?		
6	¿Considera Ud. importante navegar por internet de forma segura?		
	<b>Conectividad</b>		
7	¿Cuenta el centro poblado corazón de Jesús con algún sistema de conectividad inalámbrica para el acceso a internet (4g Lte, Wi Fi, Wimax)?		
8	¿Cuenta Ud. con algún servicio de Internet inalámbrico en su hogar o centro de trabajo?		

9	¿Cuenta Ud. con algún dispositivo para conectividad a Internet (celular computadora, tablet, laptop)?		
---	---	--	--

N.º	Variable dependiente: Acceso a internet	SI	NO
<b>Zona geográfica</b>			
1	¿Considera Ud. que en el centro poblado Corazón de Jesús se pueden realizar implementaciones con distintas tecnologías de redes inalámbricas?		
2	¿Cree Ud. que, por ser un centro poblado rural, las empresas de telecomunicaciones no realizan inversiones para la implementación de conectividad a internet?		
3	¿Cree Ud. que, por ser un centro poblado rural, el Gobierno Nacional, ¿regional y local no realizan inversiones para la implementación de conectividad a internet?		
4	¿Considera Ud. que exista demanda por el servicio de internet en el centro poblado Corazón de Jesús?		
5	¿Cree Ud. que el centro poblado Corazón de Jesús reúne las condiciones necesarias (servicios eléctricos, acceso vial) para la implementación de conectividad a internet?		
6	¿Considera Ud. que la población del centro poblado Corazón de Jesús está preparado para el uso de las tecnologías y conectividad a internet?		
<b>Conectividad</b>			
7	¿Cuenta el centro poblado corazón de Jesús con algún servicio de internet?		
8	¿Cuenta Ud. con algún servicio de Internet inalámbrico en su hogar o centro de trabajo?		
9	¿considera Ud importante contar con servicio de internet a un precio accesible?		
10	¿Cuenta Ud. con algún dispositivo para conectividad a Internet (celular computadora, tablet, laptop)?		
11	¿considera Ud. importante navegar por internet a altas tasas de velocidad?		
12	¿considera Ud. importante navegar por internet sin interrupciones?		
13	¿considera Ud. importante navegar por internet de forma segura?		

	<b>Impacto social</b>		
14	¿Le gustaría contar con el servicio de Internet en su hogar o centro de trabajo?		
15	¿Considera Ud. beneficioso el acceso a internet para realizar sus labores o actividades?		
16	¿Considera Ud importante que el centro poblado Corazón de Jesús pueda contar con servicio de internet?		
17	¿Le gustaría contar con los beneficios que ofrece la conectividad inalámbrica?		
18	¿Cree Ud que el uso de las Tecnologías y la conectividad a internet generará un gran impacto y beneficio social en su comunidad?		
19	¿Considera Ud que la conectividad a internet mejorara la calidad de vida la población del centro poblado Corazón de Jesús?		
20	¿Considera Ud. importante que el Gobierno y la Empresa privada promueva inversiones para la conectividad a internet en el centro poblado?		

## Resultado de la prueba piloto a través del alfa de Cronbach

De acuerdo al resultado de alfa de Cronbach, se obtuvo ,8, la cual indica un nivel bueno de fiabilidad.

Intervalo al que pertenece el coeficiente alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad de los ítems analizados
[0 ; 0,5[	Inaceptable
[0,5 ; 0,6[	Pobre
[0,6 ; 0,7[	Débil
[0,7 ; 0,8[	Aceptable
[0,8 ; 0,9[	Bueno
[0,9 ; 1]	Excelente

Estadística de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	Nº de elementos
0,8	20

Resumen de procesamiento de los casos			
		N	%
Casos	válido	30	100,0 %
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
		30	100,0

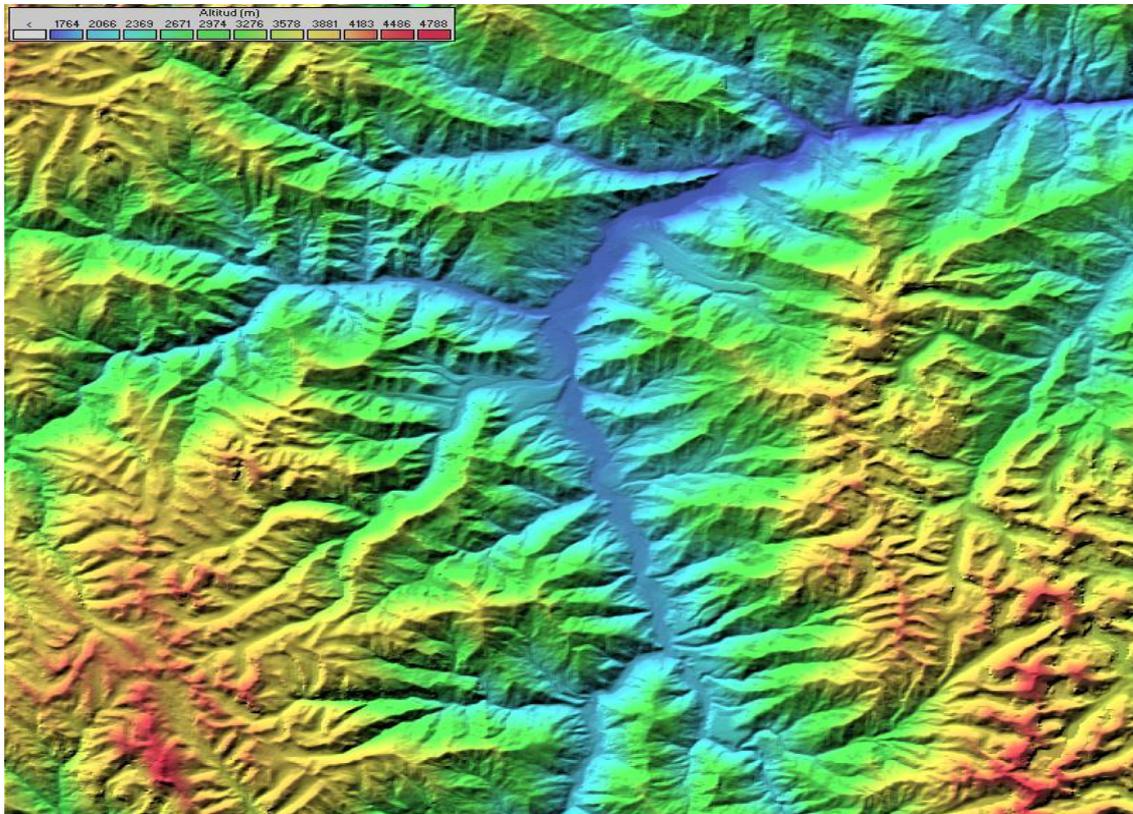
a.La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento

#### Anexo 4.

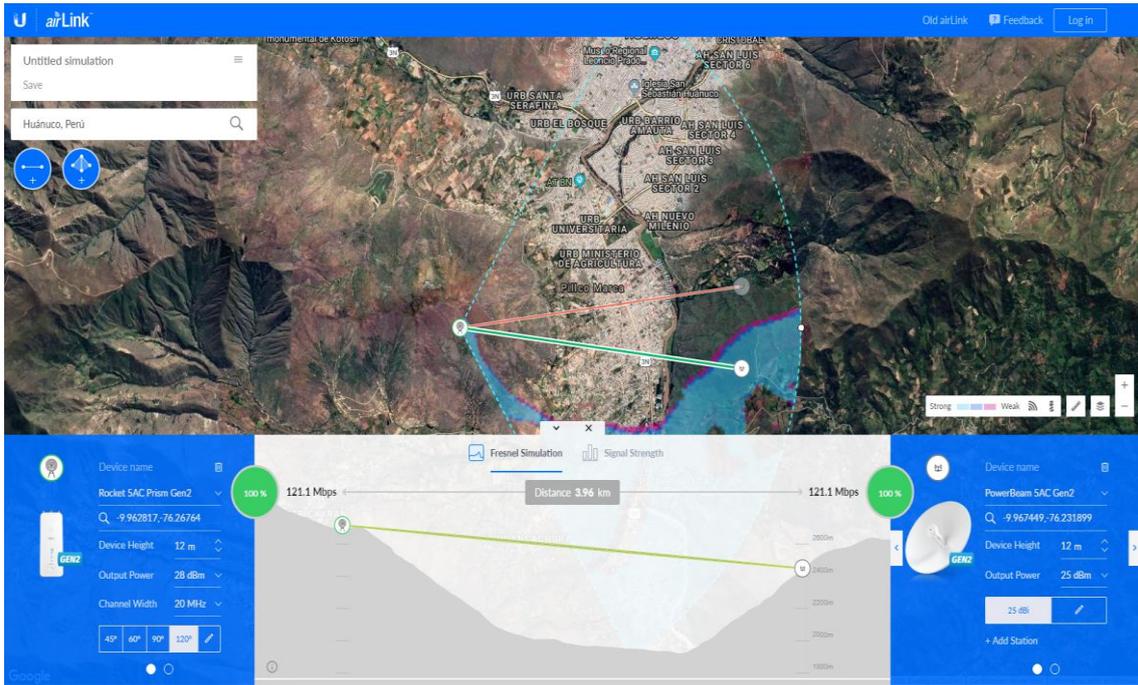
Vista panorámica del centro poblado corazón de Jesús en Google Earth.



**Instrumento para simulación par radio enlaces en el software Radio Mobile con vista de mapa en 3D**



# Método para simulación de radio enlaces en la plataforma Web Airlink



## Mapa de cobertura móvil del centro poblado ofrecida en la plataforma web de Osipitel

SEÑAL OSIPTEL Información al 15/07/2018 - Visitante: 857343

Buscar Cobertura

Cobertura: Teléfono Rural Fotografía

Departamento: HUÁNUCO  
Provincia: HUÁNUCO  
Distrito: PILLCO MARCA  
Localidad: ROSAVERO

**Información de reporte**

Información de cobertura celular reportada por las empresas.

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	CLARO	MOVISTAR	ENTEL	BITEL
HUÁNUCO	HUÁNUCO	PILLCO MARCA	ROSAVERO	Si	No	Si	Si

Información de tecnología por operador

Empresa	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
MOVISTAR	No	No	No	No	No
ENTEL	Si	Si	Si	Si	No
CLARO	Si	Si	Si	Si	Si
BITEL	No	No	Si	Si	Si

Lista de Reportes  
Se enciende el teléfono (Exporta a excel)

Usuario	Empresa	Fecha Vista	Realiza Llamada	Recibe Llamada	Nivel cobertura	Marca Equipo	Modelo Equipo	S.O. Equipo	Comentario	Fecha Registro
---------	---------	-------------	-----------------	----------------	-----------------	--------------	---------------	-------------	------------	----------------

Reportar

Ver cobertura