



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TÍTULO

Análisis de viabilidad Técnico-Económica para mejorar la conectividad de datos e internet en los refugios del Nevado Cayambe.

AUTOR

Cacuango Labre, Richard Stalyn

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR

López Rodríguez, Carlos Vinicio

Santa Elena, Ecuador

Año 2025



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**Ing. Alicia Andrade Vera, Mgtr.
COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

**Ing. Carlos López Rodríguez, Mgtr.
TUTOR**

**Ing. Luis Amaya Fariño, Mgtr.
DOCENTE ESPECIALISTA**

**Ing. Daniel Jaramillo Chamba, Mgtr.
DOCENTE ESPECIALISTA**

**Abg. María Rivera González, Mgtr.
SECRETARIA GENERAL UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por RICHARD STALYN CACUANGO LABRE, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Telecomunicaciones.

Ing. Carlos López Rodríguez, Mgtr.

Santa Elena, 15 de diciembre de 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, RICHARD STALYN CACUANGO LABRE

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, Análisis de viabilidad Técnico-Económica para mejorar la conectividad de datos e internet en los refugios del Nevado Cayambe previo a la obtención del título en Magíster en Telecomunicaciones, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, 15 de diciembre de 2024

Richard Stalyn Cacuango Labre



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado Análisis de viabilidad Técnico-Económica para mejorar la conectividad de datos e internet en los refugios del Nevado Cayambe, presentado por el estudiante, Richard Stalyn Cacuangó Labre fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 1%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 **CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
magíster

TFM Ricardo Cacuangó Labre

< 1%
Textos sospechosos

 **< 1% Similitudes**
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
2% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: TFM Ricardo Cacuangó Labre.docx ID del documento: 9081f332578dc60a7a4381d16125071bd05937c2 Tamaño del documento original: 18,74 MB Autores: []	Depositante: CARLOS VINICIO LÓPEZ RODRÍGUEZ Fecha de depósito: 28/10/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 28/10/2024	Número de palabras: 17.650 Número de caracteres: 115.435
---	--	---

Ing. Carlos López Rodríguez, Mgtr.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, **RICHARD STALYN CACUANGO LABRE**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales del proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Santa Elena, 15 de diciembre de 2024

Richard Stalyn Cacuango Labre

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido sobrellevar todas las desavenencias que se han suscitado en este último año, librándome de los peligros y enfermedades que amenazaban al mundo entero, además de manera general a la misma Universidad Estatal Península de Santa Elena y todos los docentes que tuve la oportunidad de conocer, quienes compartieron sus conocimientos en las distintas áreas disciplinares.

También de manera especial a mi Tutor de tesis Ingeniero Carlos Vinicio López Rodríguez que me ha brindado su paciencia y dedicación para poder guiarme en este trabajo final

Richard Stalyn, Cacuango Labre

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de fin de maestría a todos quienes estuvieron incondicionalmente a mi lado durante mi recorrido académico, brindándome su apoyo tanto en los momentos de alegría como en los desafíos. En especial, a mis padres, María Lucía Labre Shagñay y Carlos Alfredo Cacuango Robalino, cuyo amor, esfuerzo y ejemplo constante me guiaron con motivación y fortaleza, siempre presentes en mi vida diaria para ayudarme a no rendirme y alcanzar esta meta. Gracias a ellos, hoy soy una mejor persona y puedo ofrecer este logro con orgullo a mis hermanos y a toda mi familia.

Asimismo, dedico este trabajo a mis compañeros, quienes fueron una fuente de inspiración y apoyo. Su compromiso y camaradería me demostraron que, con esfuerzo conjunto, es posible superar cualquier obstáculo y continuar adquiriendo conocimientos que nos permitirán alcanzar nuestras metas.

Richard Stalyn, Cacuango Labre

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO.....	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO.....	V
AUTORIZACIÓN.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA.....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	7
1.1 Revisión de literatura	7
1.2 Desarrollo teórico y conceptual	8
1.2.1 Tecnologías de la Comunicación	8
1.2.2 Satélites.....	8
1.2.3 Comunicaciones por radio	10
1.2.4 Torres de comunicación celular	12

1.2.5	Infraestructura de fibra óptica.....	13
1.2.6	Beneficios del acceso a internet en entornos remotos	16
1.2.7	Impacto Económico del Acceso a Internet en áreas remotas.....	17
1.2.8	El turismo digital	18
1.2.9	Enlace de microondas	19
1.2.10	Propagación de ondas	20
1.2.11	Modelo de Propagación	21
1.2.12	Ambiente con línea de vista.....	21
1.2.13	Zona de Fresnel.....	22
1.2.14	Comparativa de las Tecnologías	23
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....		25
2.1	Contexto de la investigación.....	25
2.2	Diseño y alcance de la investigación	26
2.3	Tipo y métodos de investigación	26
2.4	Población y muestra.....	27
2.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
2.6	Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.....	28
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		29
3.1	Desarrollo de la propuesta	29
3.2	Análisis de las condiciones actuales de conectividad de datos e internet en los refugios del Nevado Cayambe.	29
3.3	Entrevista a Ingeniero en Telecomunicaciones Andy Reinoso fiscalizador de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT).	30
3.4	Encuesta.....	36

3.5	Estudio de la red actual de internet en los refugios del Nevado Cayambe	38
3.6	Diagrama de diseño del proyecto.....	42
3.7	Selección de los equipos para el enlace	45
3.8	Diseño del enlace vía microondas Cananvalle-Cayambe usando la herramienta Mimoso.....	51
3.9	Resultados de los cálculos del enlace diseñado	69
3.10	Análisis de los resultados del diseño	71
3.11	Análisis económico del enlace diseñado	73
CONCLUSIONES		76
RECOMENDACIONES		77
REFERENCIAS.....		78
ANEXOS.....		82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Beneficios y limitaciones de la tecnología de comunicaciones por radio	12
Tabla 2.	Comparación entre tecnologías de Telecomunicaciones.....	23
Tabla 3.	Preguntas de entrevista al Ingeniero especialista	31
Tabla 4.	Resultados de la entrevista	32
Tabla 5.	Evaluación de las tecnologías de telecomunicaciones	35
Tabla 6.	Promedio mensual de turistas	37
Tabla 7.	Punto De Acceso Punto A Multipunto	45
Tabla 8.	Radio Punto a Punto	46
Tabla 9.	Radio de cliente Punto a Punto o Punto a Multipunto.....	46
Tabla 10.	PoE	47
Tabla 11.	Antena Sectorial	48
Tabla 12.	Antena Parabólica.....	48
Tabla 13.	NID (NETWORK INTERFACE DEVICE).....	49
Tabla 14.	Antena de Alta Ganancia.....	50
Tabla 15.	Tipo de radio Mimosa y sus características.....	54
Tabla 16.	Tipos de radios Mimosa	62
Tabla 17.	Descripción de los equipos, cantidades y precios	73
Tabla 18.	Descripción y precios de infraestructura	74
Tabla 19.	Descripción y salario del personal.....	74
Tabla 20.	Presupuesto final del proyecto.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de Internet Satelital	10
Figura 2. Esquema descriptivo de las aplicaciones de comunicaciones por radio.....	11
Figura 3. Diagrama de componentes de la torre celular	13
Figura 4. Infraestructura del cable de fibra óptica	14
Figura 5. Aplicaciones de la fibra óptica	14
Figura 6. Diagrama de los beneficios del internet en entornos remotos.....	17
Figura 7. Descripción del impacto económico del internet en áreas remotas.....	18
Figura 8. El turismo digital	19
Figura 9. Radioenlace microondas.....	20
Figura 10. Onda Electromagnética	20
Figura 11. Línea de vista y zona de Fresnel.....	22
Figura 12. Diagrama de la Zona de Fresnel.....	22
Figura 13. Ubicación del lugar de estudio	25
Figura 14. Mapa de cobertura 3G/4G/5G de Movistar Móvil en Ecuador	39
Figura 15. Mapa de cobertura 3G/4G/5G de Claro Móvil en Ecuador.....	39
Figura 16. Mapa de cobertura 3G/4G/5G de CNT Móvil en Ecuador.....	40
Figura 17. Prueba en campo para medir la velocidad de internet e los refugios	41
Figura 18. Diagrama del diseño del enlace propuesto	43
Figura 19. Página del software Mimosa	51
Figura 20. Diseño y simulación de enlaces punto a punto del mundo real.....	52

Figura 21. Creación de un nuevo enlace punto a punto	52
Figura 22. Conexión exitosa de las torres A y B.	53
Figura 23. Configuración de radio de transmisión y línea de vista	55
Figura 24. Configuración de parámetros del enlace	56
Figura 25. Condiciones de configuración y cálculos del enlace	57
Figura 26. Configuración de parámetros del clima.....	58
Figura 27. Grafica de elevación de línea de vista del enlace	58
Figura 28. Perfil de guía de instalación del enlace	59
Figura 29. Finalización del enlace punto a punto	60
Figura 30. Enlace creado con las torres de transmisión.....	61
Figura 31. Diseño del enlace punto-multipunto en la torre B.....	62
Figura 32. Esquema de frecuencias en cada radio, y potencia de transmisión	63
Figura 33. Detalle de configuración de la radio.....	64
Figura 34. Configuración de los CPEs en el refugio	65
Figura 35. Configuración de clientes conectados en la zona	65
Figura 36. Finalización del enlace Punto-Multipunto en los refugios.	66
Figura 37. Se observa el diseño del enlace punto a punto en Google Earth	66
Figura 38. Diseño del enlace punto-multipunto.....	67
Figura 39. Documento resumen de los equipos de MIMOSA.....	67

RESUMEN

Este trabajo investigativo denominado Análisis de viabilidad Técnico-Económica para mejorar la conectividad de datos e internet en los refugios del Nevado Cayambe, abordó el diseño de conectividad a internet mediante un radioenlace punto a punto, centrado en los refugios del Nevado Cayambe.

Se emplearon datos cuantitativos como cualitativos para desarrollar una arquitectura sostenible que garantice conectividad en la zona rural. El objetivo fue mejorar la calidad de la red de internet y los servicios de datos, respondiendo a las necesidades locales en información y comunicación, proponiendo un diseño viable que permita ofrecer servicios de telecomunicaciones, para ello se usó programas como Mimoso una herramienta esencial y moderna en el diseño de los radioenlaces (punto a punto) vía microondas, comparando el estudio con tecnologías de la información y comunicación. Este proyecto busca una solución técnico-económica para mejorar el acceso a internet en los refugios, y con ello impulsar el turismo y la economía local. Además, pretendió mejorar aspectos sociales, educativos y comerciales, reduciendo la brecha de desigualdad en el acceso a internet en áreas rurales y permitiendo que los operadores presenten servicios de conectividad en las comunidades.

Palabras claves: Radioenlace punto a punto, Mimoso, Técnico-económica.

ABSTRACT

This research work called Technical-Economic feasibility analysis to improve data and internet connectivity in the shelters of Nevado Cayambe, addressed the design of internet connectivity through a point-to-point radio link, focused on the shelters of Nevado Cayambe.

Quantitative and qualitative data were used to develop a sustainable architecture that guarantees connectivity in the rural area. The objective was to improve the quality of the internet network and data services, responding to local needs in information and communication, proposing a viable design that allows offering telecommunications services, using programs such as Mimosa, an essential and modern tool in the design of radio links (point to point) via microwave, comparing the study with information and communication technologies. This project sought a technical-economic solution to improve Internet access in the shelters, and thus boost tourism and the local economy. It also sought to improve social, educational and commercial aspects, reducing the inequality gap in internet access in rural areas and allowing operators to present connectivity services in the communities.

Keywords: Point-to-point radio link, Mimosa, Technical-economic.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de red desempeñan un papel crucial en el área de la información actual. Las telecomunicaciones se encuentran en constante crecimiento y evolución para mejorar la calidad de la comunicación y conexión, lo cual fomenta el desarrollo económico, cultural y educativo. Hoy en día, estar conectado se ha convertido en una necesidad fundamental para una mejor calidad de vida, sobre todo esta demanda se presenta en áreas de difícil acceso con condiciones geográficas complejas.

Los refugios del Nevado Cayambe son un destino turístico que atrae a visitantes por sus emocionantes actividades de aventura, paisajes únicos y la cálida hospitalidad de sus habitantes. Además, la región cuenta con infraestructuras que brindan seguridad y servicios adecuados para los turistas. Sin embargo, persisten desafíos en cuanto a la conectividad, debido a las condiciones geográficas y climáticas de la zona, lo que subraya la necesidad de implementar soluciones tecnológicas para mejorar este aspecto crucial. (Refugios de altura, 2019).

Con base en las iniciativas de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) para mejorar la conectividad, el proyecto de investigación busca realizar un análisis técnico-económico viable que permita mejorar el acceso a datos e internet en los refugios, con el fin de impulsar aún más el turismo y la economía local. Se propone el uso de tecnologías de telecomunicaciones, basadas en radioenlaces punto a punto vía microondas para superar las limitaciones geográficas de la zona y mejorar la calidad de la conexión. Esta investigación se centra en las tecnologías de redes inalámbricas de alta capacidad específicas para áreas rurales y remotas realizando un análisis profundo de los elementos que cumplan con las características requeridas para satisfacer las necesidades que demanda la red, evaluando equipos de transmisión, antenas y otros componentes críticos. Posteriormente se diseña la red utilizando el software Mimoso herramienta profesional que permite planificar, diseñar y optimizar redes inalámbricas con alta demanda de capacidad de datos, con el objetivo de proporcionar un estudio factible que facilite una futura implementación práctica.

Mejorar la conectividad a internet en los refugios del Nevado Cayambe es esencial para impulsar el turismo y aportar en el crecimiento social, educativo y comercial de la zona. Este proyecto busca cerrar la brecha de desigualdad en el acceso a un servicio de internet de calidad, mejorar las condiciones de vida de los residentes y turistas, facilitando acceso a oportunidades laborales, fomentando el emprendimiento y la economía virtual e impulsando a que operadores y empresas de telecomunicaciones se enfoquen más en prestar sus servicios a las áreas rurales.

El desarrollo del proyecto se basa en diversas directrices que se especifican de forma general en este apartado. El enfoque del proyecto es una investigación aplicada, llevada a cabo mediante un proceso riguroso de obtención de datos y fuentes argumentadas de alto rigor científico, lo cual permite un análisis profundo de temas en áreas de interés alineadas al tema del proyecto.

Asimismo, se incorpora fuentes de información relevantes a las tecnologías de telecomunicaciones y diseño de red en plataformas virtuales, constituyendo un aporte esencial para la formulación del objetivo principal como de los objetivos secundarios. Esto facilita un análisis minucioso y las soluciones viables en respuesta a la problemática identificada.

El proyecto investigativo se desarrolla enfocado en la necesidad específica a través de funcionalidades, investigaciones y asesoría de validación por parte de profesionales del área. Además, se realizan simulaciones y pruebas de funcionamiento para evaluar los resultados del proyecto. Finalmente, se presenta un análisis de los resultados obtenidos y una evaluación de conclusiones y recomendaciones con el fin de enfocar el proyecto en su conjunto.

Planteamiento de la investigación (Fundamentación de la investigación)

En respuesta a la problemática identificada, se planteó la implementación de una tecnología avanzada como la solución más eficaz que permitiera reducir las dificultades de conectividad y promover un crecimiento sostenible en la zona. Para ello, fue fundamental basarse en tecnologías de telecomunicaciones que mejoren las redes de

comunicaciones existentes, ampliará el rango de cobertura y fomentarán la colaboración entre las organizaciones comunitarias en los refugios del Nevado Cayambe, haciéndolo más sostenible, viable y atractivo turísticamente.

Una opción viable que se estudió fue la implementación de un enlace de microondas punto a punto, debido a que esta tecnología permite la comunicación entre dos puntos fijos situados a una distancia específica mediante un radioenlace, que conectaba un punto emisor y un receptor ubicado en el refugio del Nevado Cayambe. Fue esencial que entre estos dos puntos existiera una línea de vista con el menor número de obstáculos posibles para evitar pérdidas en el enlace.

Otra opción considerada fue la implementación de la tecnología WiMax, la cual ofrece un alcance de hasta 30 km y velocidades de hasta 124 Mbit/s, en contraste con Wi-Fi que tenía un alcance de aproximadamente 300 metros y velocidades de hasta Mbit/s. WiMax está diseñado para uso en exteriores y soporta altas velocidades de movimiento, permitiendo la conexión simultánea de miles de usuarios sin necesidad de cables. Esto facilita la integración y aplicación de la red, proporcionando conectividad a internet de manera rápida y económica. Los dispositivos inteligentes podían conectarse de manera inalámbrica a la red WiMax siempre que se encuentren dentro del alcance de la estación base, que opera de manera similar a una torre de telecomunicaciones emitiendo señales de radio (ondas electromagnéticas). Para establecer esta conexión, es esencial que los dispositivos estén equipados con un receptor compatible con WiMax.

El estudio exploró estas y otras tecnologías de la información y comunicación (TIC), basadas en redes inalámbricas y satelitales, para ampliar el ancho de banda en la zona, configurada de manera que cubriera todas las necesidades en telecomunicaciones.

Este enfoque pretendió solucionar la problemática de acceso a internet en los refugios del Nevado Cayambe, mejorando la calidad de conexión y favoreciendo el crecimiento y desarrollo social y económico del sector. Asimismo, abrió puertas a estudios más profundos en el desarrollo de las telecomunicaciones.

Justificación

Las telecomunicaciones y las tecnologías de red están constantemente innovando para mejorar la calidad de la comunicación y la conexión en ámbitos: económico cultural y educativo. Hoy en día la necesidad de estar conectado en cualquier lugar es una prioridad, generando un aumento en la demanda de servicios de conectividad a internet, especialmente enfocado en áreas de difícil acceso y remotas geográficamente, siendo el objeto de la problemática que aborda el estudio investigativo.

La zona turística de los refugios del Nevado Cayambe es muy visitada debido a las experiencias de aventura que tiene para ofrecer, sus paisajes impresionantes y su atrayente casquete polar. Según el último censo, alrededor de 94,308 habitantes conforman esta área, y recibe aproximadamente 5000 turistas anualmente. Aunque los refugios han mejorado en infraestructura y servicios básicos para acoger a los visitantes, la conectividad a internet sigue siendo un desafío debido a las características geográficas de la región (Refugios de altura, 2019).

El objetivo de este trabajo es desarrollar un diseño óptimo que mejore la conectividad de internet en la zona, evaluando los parámetros clave para seleccionar la mejor opción entre las tecnologías más avanzadas en telecomunicaciones con miras a su futura implementación. Este diseño no solo busca garantizar un acceso a internet de alta calidad, sino también fomentar el desarrollo de emprendimientos locales como negocios, tiendas y servicios en línea. Además, podría facilitar el acceso a telemedicina o el fortalecimiento de la educación a distancia, Así mismo promueve que la zona se vuelva más atractiva para inversionistas interesados en proyectos turísticos y comerciales. (Huertas Cardozo, 2019).

Formulación del problema de investigación

En los refugios del Nevado Cayambe se ha identificado una problemática relacionada con la conectividad a internet, puesto que la infraestructura de red actual no satisface las necesidades de los usuarios. Esta deficiencia dificulta la comunicación y el acceso a información, afectando tanto a la comunidad local como a los visitantes.

La idea central de esta investigación es diseñar una solución técnica y económicamente viable, eficiente y sostenible que mejore la conectividad de datos e internet en los Refugios del Nevado Cayambe. Se requiere un análisis ideal para identificar y evaluar las mejores opciones tecnológicas que puedan ser implementadas en esta zona, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y las necesidades específicas del usuario.

Objetivo General:

Desarrollar una propuesta de factibilidad técnico-económica para garantizar una conectividad de internet confiable y eficiente en los refugios del Nevado Cayambe.

Objetivos Específicos:

1. Analizar las condiciones actuales de conectividad de datos e internet en los refugios del nevado Cayambe.
2. Elaborar un análisis comparativo entre las diversas tecnologías disponibles que optimicen la conectividad, teniendo en cuenta factores como la altitud, el clima y la geografía de la zona.
3. Realizar un análisis económico para determinar la solución óptima de conectividad en los refugios del Nevado Cayambe.

Planteamiento hipotético

Con base en la problemática se propuso implementar una nueva tecnología que permita reducir las dificultades de conectividad y ampliar el crecimiento sostenible, para ello es fundamental invertir en tecnologías de telecomunicaciones que permitan mejorar las redes de fibra óptica existentes, ampliar el rango de cobertura y fomentar la colaboración entre las organizaciones comunitarias en los refugios del nevado Cayambe haciéndolo más sostenible, viable y turístico.

Una opción viable es el estudio de la implementación de un enlace microondas punto a punto, pues al comunicar 2 puntos fijos situados a una distancia específica se puede diseñar un radio enlace que parta de un punto emisor hacia el receptor que sería el refugio

del nevado Cayambe, teniendo en cuenta que entre estos 2 puntos exista una línea de vista con el menor número de obstáculos en toda la trayectoria para evitar pérdidas en el enlace.

Otra opción es la implementación de la tecnología WiMax, puesto que ofrece un rango de alcance mayor de 30 Km y velocidades de hasta 124Mbit/s, en contraste con Wi-Fi que tiene un alcance de 300 metros y velocidades de hasta 54Mbit. /s, WiMax está diseñado para uso de exteriores y soporte de altas velocidades de movimiento conectado a miles de usuarios simultáneamente sin la necesidad de cables, facilitando la integración y aplicación de la red. Esta es la mejor manera para ofrecer conectividad a internet de forma rápida y de bajo costo, en el cual dispositivos inteligentes pueden conectarse a la red WiMax de forma inalámbrica, siempre que estén dentro del alcance de la estación base, para ello se requiere de una sola torre base que funcione como una torre de telefonía de red que emita señales de radio (ondas electromagnéticas) y que los dispositivos posean un receptor WiMax.

El estudio explora estas y otras tecnologías de la información y comunicación (TIC) basado en redes inalámbricas y satelitales, para ampliar el ancho de banda en la zona y mejorar el acceso a internet y datos, así también incluye el diseño de una red factible mediante el uso de programas que permitan asimilar una estructura optima a implementar basado en las características de la zona y configurado de manera que cubra todas las necesidades referentes a las telecomunicaciones. Este enfoque pretende solucionar la problemática de acceso a internet en los refugios del Nevado Cayambe, mejorando la conexión de alta calidad, con ello permitirá favorecer el crecimiento y desarrollo social y económico del sector, abriendo puertas a estudios más profundos en el desarrollo de las telecomunicaciones.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Revisión de literatura

Se ha identificado diversas investigaciones que son relevantes para el tema en estudio, mismas que provenientes de revistas, repositorios universitarios y fuentes confiables de información. Estos recursos proporcionaron una base sólida para abordar la situación actual del tema de investigación.

Según Santillán-Santillán (2020) en su investigación “Estudio De Factibilidad Técnica Y Económica Para La Implementación De Una Red De Acceso Para La Empresa Proveedora De Servicios De Internet New Access S.A.”, proporciona información de 3 tecnologías de acceso a internet; XDSL, radioenlaces, GPON, para con ello analizar cuál es la mejor opción tanto técnica como económicamente, revisando sus principales ventajas y desventajas para identificar la viabilidad de una futura implementación, concluyendo según el estudio realizado que la tecnología GPON es la idónea tanto técnica como económicamente.

Según Caiza et al. (2023) en su tema de investigación “Diseño de una Red para Brindar Acceso a Internet a las Instituciones Educativas del Cantón Pujilí”, en donde plantean el diseño de una red de acceso a internet comparando tecnologías alámbricas e inalámbricas y analizan características geográficas y socioeconómicas según las condiciones del sector, obteniendo como resultado la viabilidad del proyecto tanto en el ámbito económico como técnico ya que la red analizada y propuesta tiene la capacidad de dar cobertura a las instituciones del sector.

Según González y Castañeda (2023) en su investigación, “Conectividad a Internet para el progreso rural”, en el cual buscan la integración de las zonas rurales a un mundo digital, mediante un estudio técnico para la conectividad de internet a la zona rural de Chinchiná, por medio de la tecnología inalámbrica WIMAX, apoyándose en las entidades públicas del sector para que sea factible la viabilidad del proyecto.

1.2 Desarrollo teórico y conceptual

La conectividad es fundamental para una buena calidad de vida especialmente en áreas remotas como es el caso de estudio en los refugios del Nevado Cayambe, es por ello que, en este apartado se aborda un análisis teórico y conceptual que permita tener más en claro los conceptos para proponer el diseño de una topología de red mediante el análisis de tecnologías de transmisión (microondas, satélites, redes móviles, fibra óptica), y consideraciones para zonas de difícil acceso. Este marco teórico proporcionará las bases que se requiere para llegar a una solución que responda a las necesidades y demandas de conectividad en los refugios del Nevado Cayambe.

1.2.1 Tecnologías de la Comunicación

Las tecnologías de la Comunicación (TIC) viene desde los avances tecnológicos tanto en las telecomunicaciones como de la informática utilizando en su gran mayoría el Internet como medio de desarrollo de aplicaciones para la conectividad de las cosas. Se puede decir también que en el ámbito de las telecomunicaciones han surgido innovaciones tales como, redes de fibra óptica, comunicación satelital, nuevas tecnologías en telefonía móvil, entre otras, que brindan un mejoramiento en la comunicación global. Añadiendo también que las tecnologías de la comunicación conjugan perfectamente en la informática, electrónica y telecomunicaciones, para lograr nuevos e innovadores avances tecnológicos en beneficio de una necesidad en común de uno o varios sectores específicos (Cruz Pérez et al., 2019).

Las tecnologías en comunicaciones remotas siendo sistemas empleados para la transmisión de información en áreas limitadas se describen a continuación:

1.2.2 Satélites

Son dispositivos que permiten transmitir señales a largas distancias a través de la órbita terrestre brindando servicios como Tv, internet, radio y señales telefónicas a distancias en donde no se puede acceder con redes terrestres su función radica en conectarse

directamente a una antena que se ubica en la torre por medio de un cable, es decir, la empresa de telecomunicaciones envía señales de internet a un satélite que se sincroniza con la órbita para recibir y enviar de manera bidireccional a los hogares o sitios de acceso remoto, para que este proceso se lleve a cabo y se pueda establecer el correcto funcionamiento requiere de factores descritos en este apartado (Cifuentes Avedaño, 2022), a continuación se describe el esquema de internet satelital con los componentes que lo conforman en la figura 1.

Antena. - Transmite de forma bidireccional las señales al satélite, este se ubica en el punto más alto del lugar en que él se requiere el internet.

Estación Base o Central. - Empresa que emite las señales de telecomunicaciones que llegan al satélite regulando la calidad y velocidad de transmisión.

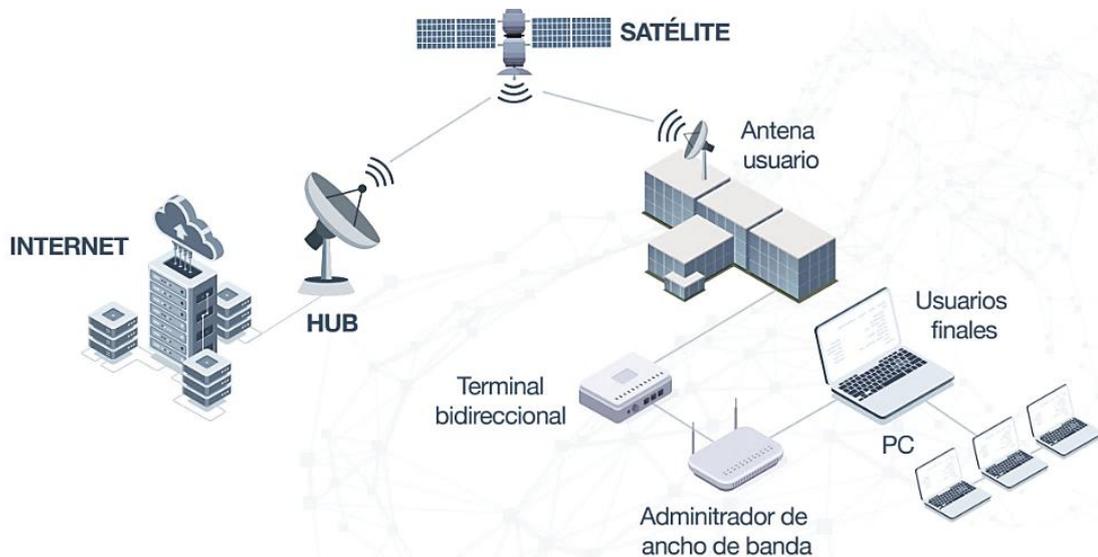
Módem. – Equipo de recepción e interpenetración de tratamiento de señales para el uso y de conectividad en los distintos dispositivos electrónicos.

Satélite. – Objeto que se encuentra orbitando la tierra alrededor de unos 36.000 km de altura que permite recibir y transmitir de forma bidireccional las señales de internet.

Red Troncal o Backbone. – cadena de interconexión de redes para la comunicación a través de una ruta.

Transportadores. – Permiten recibir y transmitir información tanto a la central como a los clientes, se ubica en el satélite.

Figura 1. Esquema de Internet Satelital

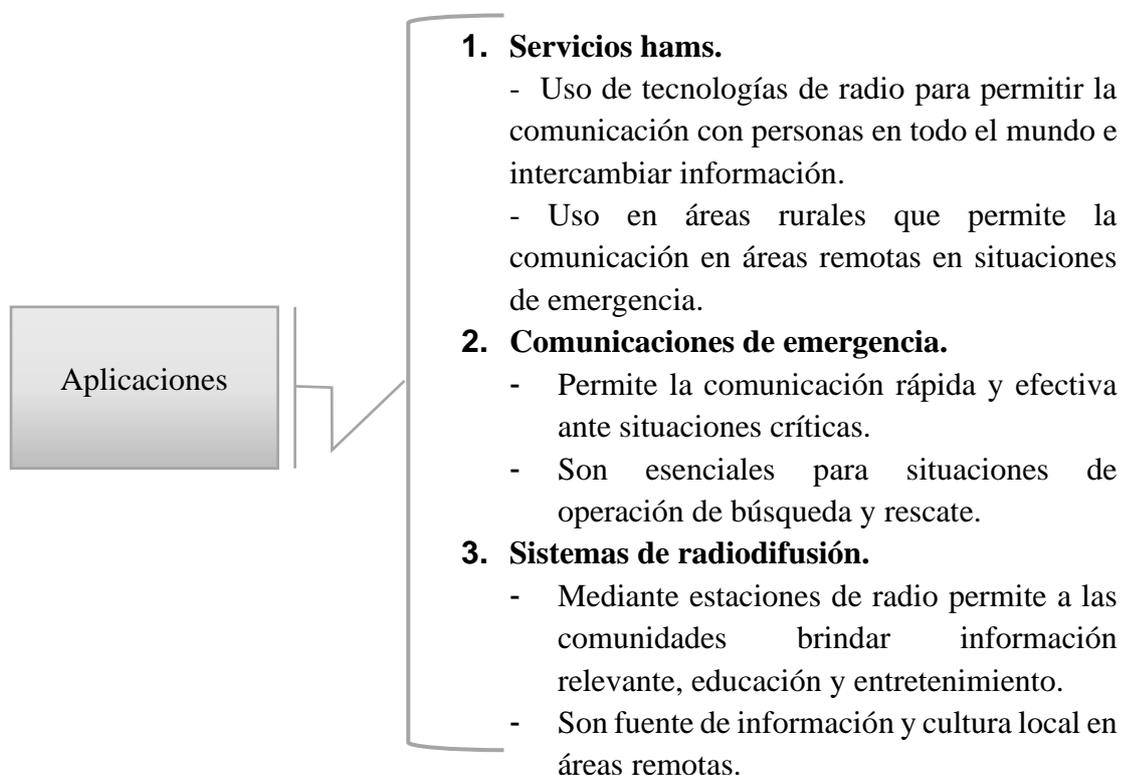


Nota: Transmisión de internet por medio de un satélite (Cifuentes Avedaño, 2022)

1.2.3 Comunicaciones por radio

Las comunicaciones por radio se basan en establecer comunicación a través de ondas electromagnéticas utilizando frecuencia desde 3 KHz a 300 GHz, por medio de ondas de radio pueden enviar señales de audio, video y datos de forma inalámbrica (ruge.axessnet, 2023). En el siguiente esquema de la figura 2 se describen algunas aplicaciones de las comunicaciones por radio.

Figura 2. Esquema descriptivo de las aplicaciones de comunicaciones por radio.



Nota: Descripción de aplicaciones de las comunicaciones por radio (ruge.axessnet, 2023).

1.2.3.1 Beneficios y limitaciones de comunicaciones por radio.

Siendo una tecnología que posibilita la transmisión de información que usa ondas de radio electromagnética a pesar de no usar un medio físico de transporte y se propaga por medio del vacío, su uso conlleva a tener beneficios y limitaciones explicadas a continuación:

Tabla 1. Beneficios y limitaciones de la tecnología de comunicaciones por radio

<ul style="list-style-type: none">• Accesibilidad.-No requiere torres o cables, resultando fáciles y económicas de implementar en áreas remotas.• Fiabilidad.- Se adapta a las condiciones climáticas adversas y terrenos con dificultades demográficas.• Movilidad.- Posee dispositivos radioportátiles que permiten la comunicacion en movimiento de campo o al aire libre.	<ul style="list-style-type: none">• Interferencia.- Pueden ser afectados por interferencias electromagnéticas y atmosféricas.• Alcance.- Las señales de VHG y UHF tiene un alcance limitado, para extender la cobertura se requiere de otros dispositivos.• Requiere Licencias.- En radios de alta potencia y algunas frecuencias se requiere el uso de licencias autorizadas por las telecomunicaciones.
Beneficios 	Limitaciones 

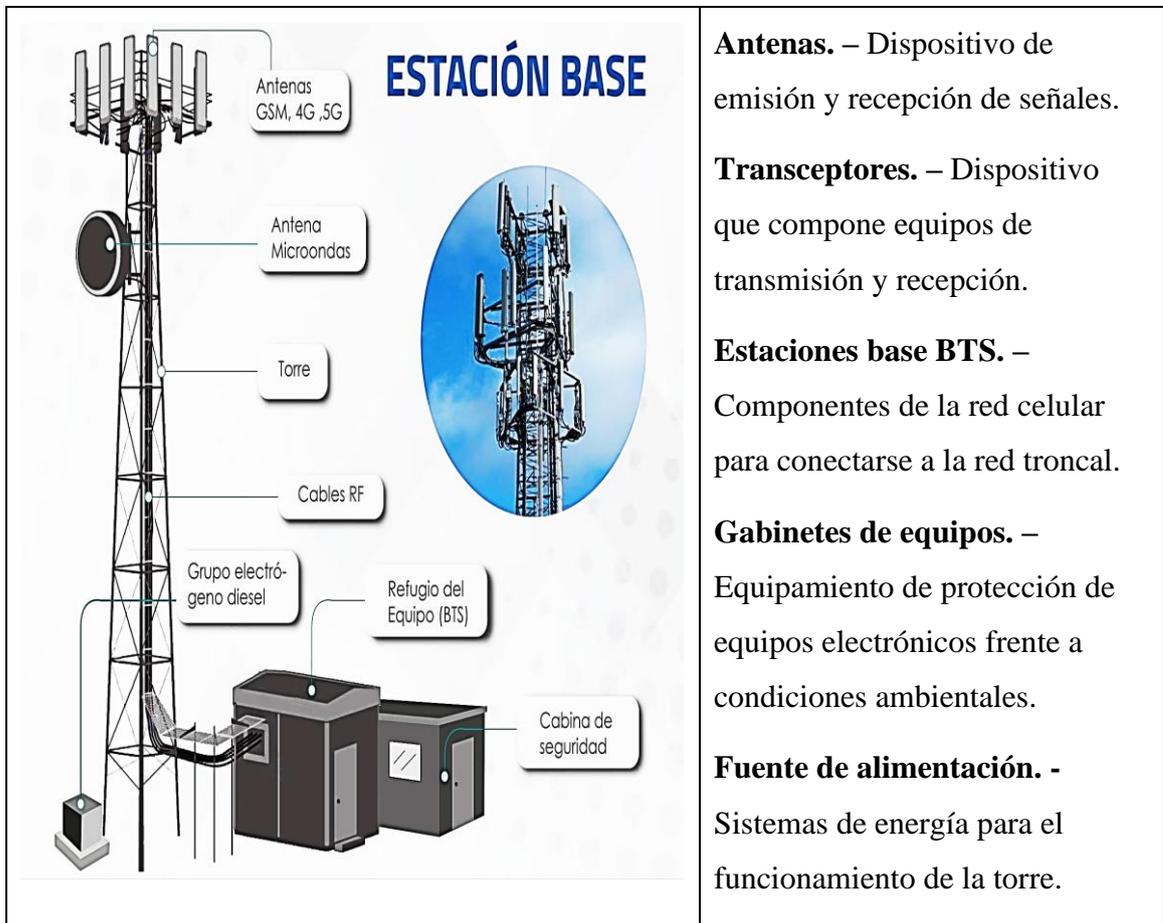
1.2.4 Torres de comunicación celular

Las torres de comunicación celular son tecnologías de transmisión altas diseñadas para transmitir y recibir señales de radiofrecuencia para la comunicación móvil, estas torres cuentan con frecuencias de radio que se encargan de emitir ondas electromagnéticas con características de velocidad, capacidad y eficiencia trabajando en distintas bandas de frecuencia (2G,3G,4G,5G), para ser transmitidos en diferentes canales como: AM, FM, QAM (Emerzon, 2023).

1.2.4.1 Infraestructura y componentes

La infraestructura de una torre celular es el conjunto de componentes físicos que permiten transmitir y recibir señales, con el objetivo de asegurar el funcionamiento continuo para conectar la torre a la red troncal. De manera que trabajen en conjunto para garantizar el acceso a servicios de voz y datos. A continuación, se presenta el diagrama de componentes de una torre celular, figura 3.

Figura 3. Diagrama de componentes de la torre celular

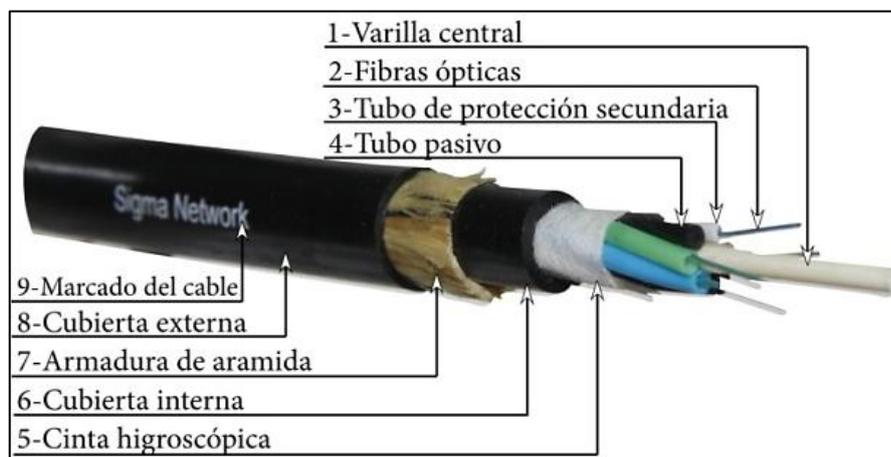


Nota: Descripción de los componentes de una torre celular (Emerzon, 2023)

1.2.5 Infraestructura de fibra óptica.

La fibra óptica es una tecnología primordial para establecer las telecomunicaciones con beneficios de alta capacidad, velocidad y fiabilidad, la infraestructura se compone de fibra de vidrio o plástico en el cual se transportan las señales de datos e información a distancias altas dependiendo el tipo de enlace de fibra que se implemente, por ejemplo para fibra óptica monomodo se tiene un alcance de hasta 40 a 100 km, y la fibra óptica multimodo tiene un alcance de entre 300 y 2 km (Flores, 2022). En la figura 4 se presenta la infraestructura del cable de fibra óptica.

Figura 4. Infraestructura del cable de fibra óptica



Nota: Partes que compone la fibra óptica (Flores, 2022).

1.2.5.1 Aplicaciones de la fibra óptica

De acuerdo a la infraestructura y características que se requiere la fibra óptica tiene varias aplicaciones que se describen en este esquema de la figura 5.

Figura 5. Aplicaciones de la fibra óptica



1.2.5.2 Impacto Social y Económico de la Infraestructura de Fibra Óptica

La fibra óptica al ofrecer una alta velocidad, facilitar una inclusión digital y mejorar el acceso a internet, permite tener un impacto social y económico, impulsando el crecimiento empresarial, de inversiones y creación de nuevos empleos. Además, reduce la brecha digital dando paso a que zonas remotas y comunidades aisladas tengan

oportunidades de desarrollo y mejor calidad de vida, a continuación, se describe los factores más relevantes.

Mejora la calidad de vida

- **Conectividad mejorada.** – La fibra óptica permite a los usuarios conectarse de manera fiable y eficiente a internet con una conexión de alta velocidad.
- **Teletrabajo y trabajo remoto.** - Ayuda a las personas al teletrabajo cumpliendo con las labores sin necesidad de desplazarse y aumentando el rendimiento laboral.
- **Entretenimiento digital.** - Proporciona una mejor experiencia en el ámbito del entretenimiento, facilitando el acceso a plataformas de video, juegos, y servicios digitales con mayor calidad y velocidad (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2019).

Acceso a la Educación y Telemedicina

- **Educación a distancia.** - Beneficia a zonas de áreas remotas permitiendo a que las personas tengan acceso a plataformas digitales de educación, bibliotecas virtuales y recursos educativos.
- **Telemedicina.** – Mejora la atención médica en zonas remotas, permitiendo tener acceso a consultas médicas virtuales, monitoreo de pacientes y acceso a servicios de salud asesorado con un especialista médico.

Internet de las cosas (IoT) en áreas remotas

- **Conectividad para dispositivos IoT.** - La fibra óptica permite el paso al desarrollo de sistemas inteligentes con infraestructura sólida y aplicaciones avanzadas en comercio, agricultura y turismo.
- **Cobertura en áreas rurales.** – Permite extender la conectividad en áreas rurales y con ello la implementación de tecnología IoT lo que ayuda al desarrollo del sector.

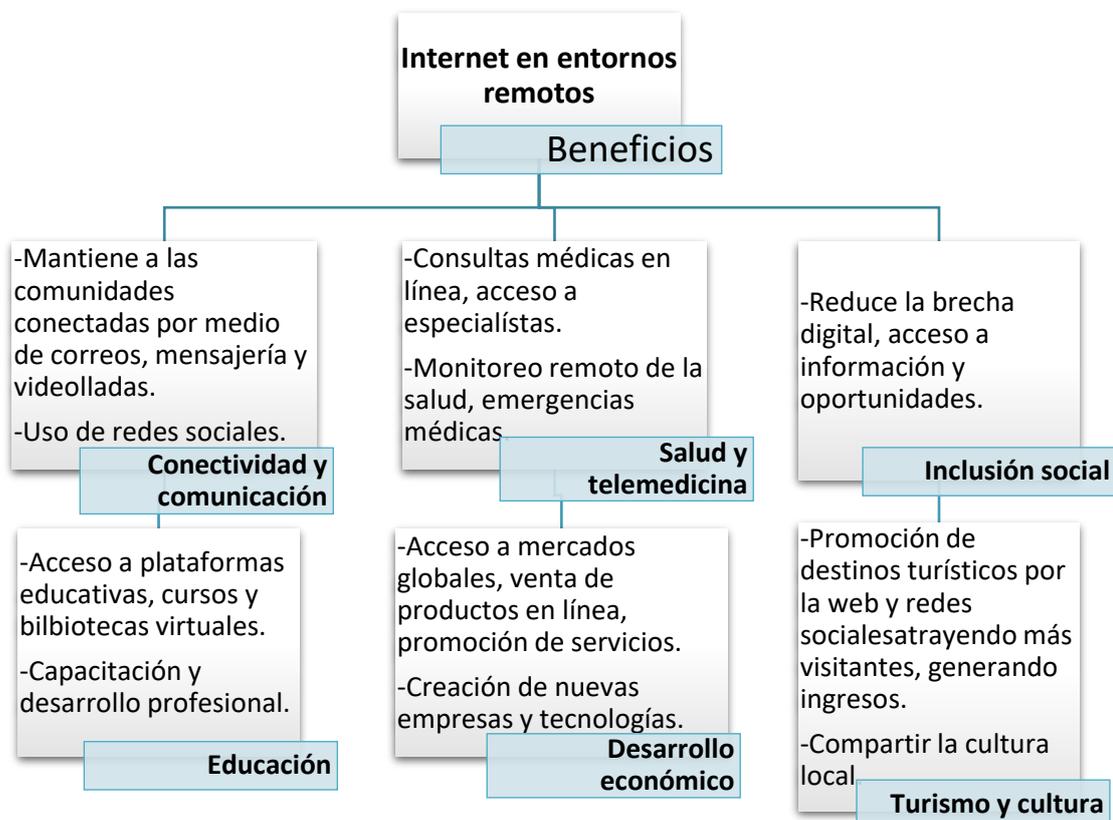
- **Monitorización y control remoto.** – Ayuda en el control y monitorización de la zona en mejorar los servicios básicos como control de sistemas de energía y suministro de agua (Cánovas et al., 2018).

Para el estudio se considera el análisis de la implementación de una red con fibra óptica puesto que esta tecnología mejora significativamente la experiencia de los turistas en los refugios del nevado Cayambe. La fibra óptica permite a los visitantes mantenerse conectados y disfrutar de los beneficios del acceso a internet, siendo esta fundamental para el desarrollo socioeconómico dando un impacto positivo a la extensión de la zona y múltiples áreas en mejorar la conectividad y eficiencia a futuro.

1.2.6 Beneficios del acceso a internet en entornos remotos

Tener internet ofrece diversos beneficios que permiten contribuir al desarrollo social, económico y cultural siendo considerado con un servicio que permite dar una mejor calidad de vida, se describe a continuación estos beneficios en el esquema de la figura 6.

Figura 6. Diagrama de los beneficios del internet en entornos remotos.



Nota: Impacto del internet en la vida social, entornos remotos (Castells, 2024).

1.2.7 Impacto Económico del Acceso a Internet en áreas remotas

El acceso a internet da paso a la presencia de oportunidades de mejorar la conectividad económica y superar barreras geográficas, acceder a conocimiento educación, las oportunidades de empleo y mejorar los niveles de productividad llegando a ser una prioridad para mejorar la calidad de vida de las personas y por ende de la economía (Sempértégui, 2022). A continuación, se describe información sobre el impacto que influye el internet con la economía, figura 7.

Figura 7. Descripción del impacto económico del internet en áreas remotas

Desarrollo de nuevas industrias	Promoción de turismo	Servicios públicos	Fomento de emprendimientos locales
<ul style="list-style-type: none"> • Creación de negocios • Marketing digital • Generación de empleos • Mejora de la economía 	<ul style="list-style-type: none"> • Promoción turística en línea • Difusión de información • Desarrollo del turismo 	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a información • Tramites en línea • Servicios de salud y educación 	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento de negocios locales en línea • Comercio en línea • Creación de empleo y economía

Nota: Factores que influye en internet en la economía (Sempértegui, 2022).

1.2.8 El turismo digital

El acceso a internet en zonas remotas como los refugios del nevado Cayambe presenta una gran ventaja como el crecimiento del turismo lo cual posibilita la promoción, gestión, disfrute, virtual de experiencias, convirtiéndolos en una herramienta atractiva para los visitantes. Así se facilita la exploración y conocimiento de las maravillas que ofrece la zona, incluso antes de la llegada física de los turistas (Uribe, 2022). Aquí se describe más información sobre el turismo digital en el esquema de la figura 8:

Figura 8. El turismo digital



Nota: El turismo digital y sus utilidades (Arenas-Escaso et al., 2022) (Alfonso et al., 2021).

1.2.9 Enlace de microondas

Un enlace de microondas o también llamado radioenlace es un sistema de comunicación que utiliza la propagación de ondas electromagnéticas de determinada frecuencia, por el espacio libre como medio de transmisión, en este sistema intervienen tres elementos principales, un nodo de transmisión, un nodo de recepción y un canal o medio de transmisión, en la figura 9 se observa el comportamiento de un radioenlace microondas (Tercero Carrasco & Rivera Morales, 2023).

Figura 9. Radioenlace microondas

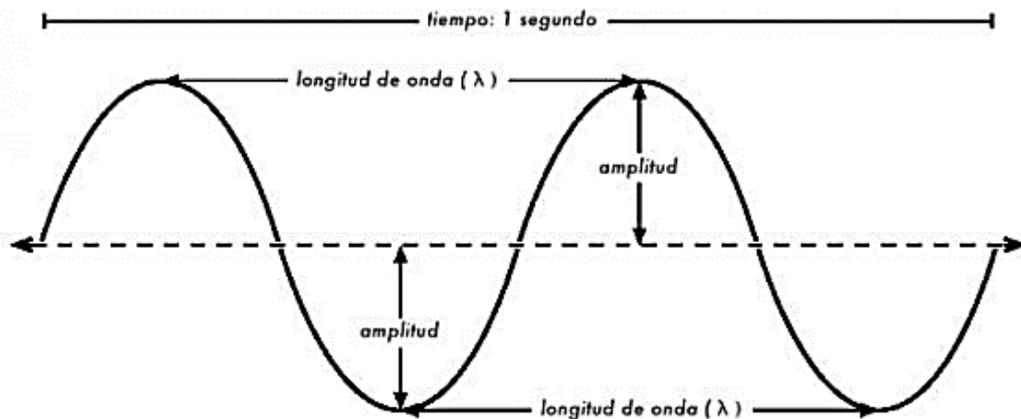


Nota: Elementos de un Radioenlace (Toledo, 2019).

1.2.10 Propagación de ondas

Es la transmisión de ondas electromagnéticas, que son generadas por el movimiento de forma simultánea de las partículas eléctricas y magnéticas, en donde dichas ondas son transportadas por medio del aire sin ningún medio físico, figura 10.

Figura 10. Onda Electromagnética



Nota: Elementos de una Onda Electromagnética (Córdova Sandoval, 2019).

Para el estudio de las ondas electromagnéticas se requiere tener en cuenta ciertos elementos como, por ejemplo:

- Frecuencia.
- Longitud de Onda.
- Periodo
- Amplitud.

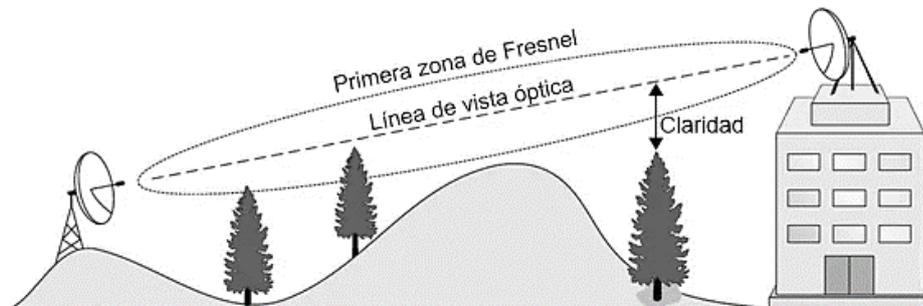
1.2.11 Modelo de Propagación

Al transmitir una señal desde el transmisor hacia el receptor el modelo de propagación puede predecir lo que pasaría con dicha señal. Existen dos maneras de propagarse las ondas en el ambiente, una con una línea de vista directa entre origen y destino, mientras que la otra en la cual existen obstáculos entre estos dos puntos que dificultan la comunicación, como pueden ser edificios, árboles o montañas. Para obtener una estimación de la capacidad operativa de los equipos y sus especificaciones técnicas, se debe aplicar un modelo de propagación en estos dos ambientes, que detallaremos a continuación(Tercero Carrasco & Rivera Morales, 2023).

1.2.12 Ambiente con línea de vista

En las comunicaciones de radio o radioenlaces el factor determinante es la distancia que existe entre transmisor y receptor, y en la mayoría de los casos esta distancia es muy grande y al viajar la señal por el espacio libre se requiere que no exista ningún tipo de obstáculo para que no se pierda la intensidad de la señal. En un radioenlace al tener una línea de vista directa quiere decir que la antena transmisora y la antena receptora trazan una línea recta sin ningún obstáculo que se interponga, figura 11 (Tercero Carrasco & Rivera Morales, 2023).

Figura 11. Línea de vista y zona de Fresnel

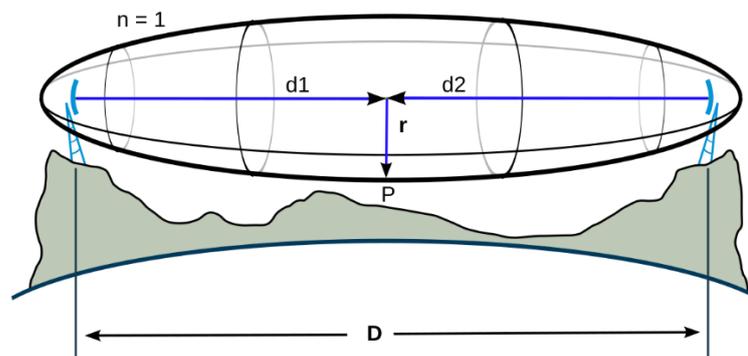


Nota: Línea de vista directa sin ningún obstáculo (Telectrónica, 2018).

1.2.13 Zona de Fresnel

La zona de Fresnel es la cantidad suficiente de espacio que existe entre una antena transmisora y otra receptora, en donde esa cantidad debe estar por lo menos un 60% libre de cualquier obstáculo para que exista una comunicación óptima, a este porcentaje o cantidad de espacio se la conoce como primera zona de Fresnel, figura 12.

Figura 12. Diagrama de la Zona de Fresnel.



Para obtener la primera zona de Fresnel se lo puede realizar mediante la siguiente fórmula.

$$Rf1 = n\sqrt{\frac{(d1)(d2)}{(f)(dt)}}$$

En Donde:

$n = 17.31$ (constante de la Zona de Fresnel)

$Rf1 =$ Radio de la primera Zona de Fresnel. (m)

$d1 =$ distancia desde el transmisor hasta el obstáculo. (km)

$d2 =$ distancia desde el receptor hasta el obstáculo. (km)

$dt =$ distancia total del enlace (m)

$f =$ frecuencia de transmisión del enlace (GHz)(Tercero Carrasco & Rivera Morales, 2023).

1.2.14 Comparativa de las Tecnologías

Basado en el estudio de las diferentes tecnologías posibles para el desarrollo de la investigación, se realiza el siguiente cuadro comparativo con las características principales de cada una.

Tabla 2. Comparación entre tecnologías de Telecomunicaciones

TECNOLOGIA	VELOCIDAD	LATENCIA	COBERTURA	CAPACIDAD	COSTO	VENTAJA	DESVENTAJA
REDES MOVILES	10 Gbps(5G)	1-100 ms	Amplia	Alta	Modera do-Alto	Movilidad y Cobertura	Limitación en zonas rurales
FIBRA OPTICA	1-100 Gbps	1-5 ms	Limitada Geográficamente	Muy Alta	Alto	Alta velocidad – baja latencia	Costo alto de instalación, mantenimiento
MICROONDAS	100 Mbps – 10Gbps	1-10 ms	Línea de vista directa	Alta	Modera do	Excelente para áreas remotas	Condiciones climáticas
REDES SATELITALES	10 Mbps-100 Mbps	500 ms -1.5 s	Global	Limitada	Variable	No requiere infraestructura física	Alta latencia, costosa

Nota: Análisis de las tecnologías más utilizadas actualmente(Viloria Núñez et al., 2019).

Con esta comparación se puede definir que los enlaces microondas es la opción más óptima y viable para el desarrollo de la investigación, pues tiene más ventajas en comparación a las demás tecnologías estudiadas. Al tratarse de una zona de difícil acceso los enlaces microondas tienen un alcance mayor de cobertura y con menor latencia que permite tener una señal óptima en los dispositivos finales, en tema de costo e implementación es más económica y rápida ya que no se requiere de una infraestructura física extensa.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

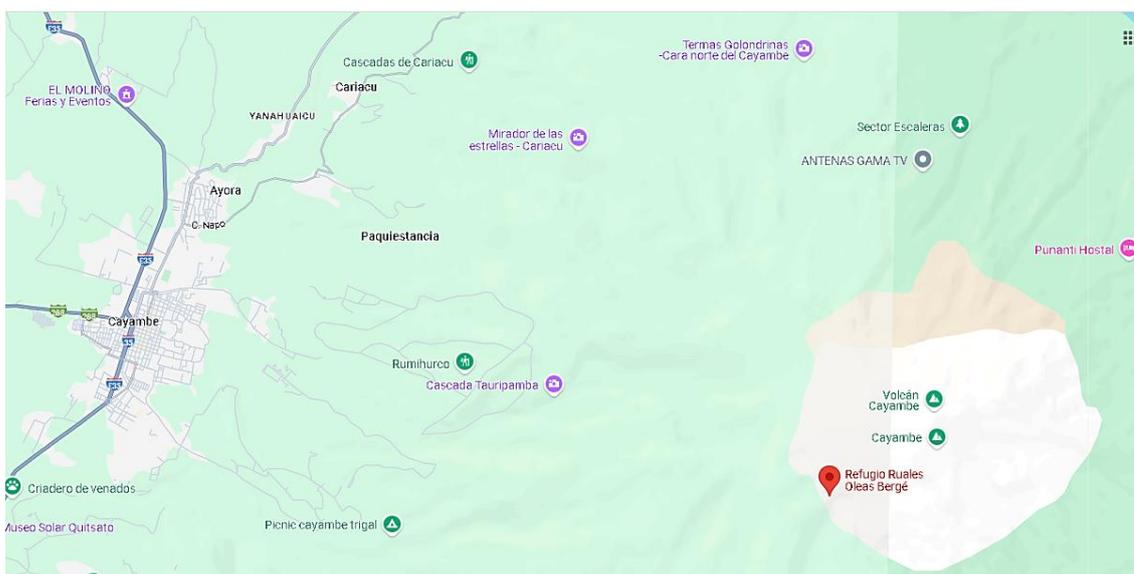
2.1 Contexto de la investigación

La presente investigación se la realizó en el Nevado Cayambe, perteneciente al Parque Nacional Cayambe-Coca, ubicado en la Cordillera de los Andes, en la provincia de Pichincha, en Ecuador, en las siguientes coordenadas $0^{\circ}01'26''N$ $77^{\circ}59'20''O$.

El Parque Nacional Cayambe – Coca, se localiza en la zona interandina al norte-oriental de Ecuador, entre las provincias de Pichincha e Imbabura (Región Sierra); Napo y Sucumbíos (Región Oriente) (*Volcán Cayambe - Ecuador, s. f.*)

Debido a su rica biodiversidad, paisajes impresionantes y el imponente Nevado Cayambe, el parque ofrece una variedad de servicios que incluyen rutas de senderismo, deportes extremos, refugios de montaña, áreas de camping y opciones gastronómicas. Es por ello que es visitada y preferida por miles de turistas que buscan vivir experiencias únicas. Por ello, se considera fundamental mejorar la infraestructura de telecomunicaciones para garantizar un acceso más confiable y facilitar la conectividad en tiempo real. A continuación, se presenta un mapa de Google Maps para una mejor ubicación del sitio.

Figura 13. Ubicación del lugar de estudio



2.2 Diseño y alcance de la investigación

El estudio de la investigación es de carácter transversal debido a que se realiza en un momento específico en el tiempo, puesto que no se requiere de seguir a las variables a lo largo del tiempo, el objetivo denota describir la situación actual. Este diseño permite evaluar el estado actual de la infraestructura y conectividad en los refugios, y aportar en el análisis económico de la viabilidad de la propuesta planteada.

Así mismo, es una investigación de campo porque se lleva a cabo la recopilación de datos e información en el entorno natural, es decir en el lugar de estudio como son los refugios del Nevado Cayambe, y así evaluar el entorno en donde se pretende implementar la solución de forma directa y detallada en las condiciones actuales.

En cuanto al alcance de la investigación se clasifica como descriptiva, ya que se detalla y documenta la situación actual de la conectividad y acceso a internet en los refugios, y proporcionar un panorama claro de la situación que sirve como base para investigaciones y acciones futuras que permitan explorar futuras correlaciones en mayor profundidad.

2.3 Tipo y métodos de investigación

El estudio se enfoca en observar y analizar situaciones existentes sin la manipulación directa de variables, basado en métodos como la observación y análisis de datos, que permitan evaluar las necesidades y condiciones actuales de conectividad en los refugios del Nevado Cayambe, así como la viabilidad de mejorar el acceso a internet.

En este contexto, el estudio da lugar a recolectar y analizar datos del entorno natural, para obtener limitaciones y oportunidades sin alterar el contexto original. La observación en el campo es esencial para identificar tanto los desafíos técnicos como ambientales que pueden afectar en la implementación propuesta.

El alcance es analítico y prospectivo ya que implica descomponer el problema para comprender sus elementos contribuyentes en el estudio de factibilidad analizando la disponibilidad de tecnologías de acceso a internet, y considerar las posibles soluciones y recomendaciones a partir del estudio proyectando como se podría mejorar el acceso a

internet en los refugios del nevado Cayambe y cuales sería los pasos a seguir para implementar esta mejora efectiva y sostenible.

2.4 Población y muestra

Población: La población en este estudio está compuesta por todos los potenciales usuarios y beneficiarios de la mejora del acceso a datos e internet en los refugios del Nevado Cayambe. Esto incluye a residentes locales, trabajadores de los refugios, turistas, empresas turísticas, autoridades locales, organizaciones no gubernamentales (ONG) y otras partes interesadas relacionadas con el tema.

Es importante identificar el número de personas que frecuentan el parque durante un periodo específico (por ejemplo, un año) para tener una referencia, y estimar el número de personas a los cuales se requiere obtener datos más contundentes.

Tipo de muestreo: Para obtener una representación precisa de la población, el tipo de muestro puede ser probabilístico si se cuenta con datos o cifras oficiales de fuentes confiables. Este tipo de muestreo podría ser aleatorio simple, donde se puede realizar la recopilación de datos a personas al azar que se encuentren por la zona y que estén dispuestas o dispuestos a responder a la información.

Tamaño de la muestra: Para poder definir el tamaño de la muestra se debe evaluar varios factores, como el tamaño total de la población, el nivel de confianza deseado (95%) y el margen de error aceptable (5%), de acuerdo estos parámetros se aplica una fórmula estadística para calcular el tamaño de la muestra y mediante una población grande, obtener una muestra representativa que sea la base del estudio.

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas a utilizar son:

-Entrevistas estructuradas y semiestructuradas a expertos en tecnologías de redes de una empresa de telecomunicaciones, líderes comunitarios, personal de los refugios. Estas entrevistas fueron estructuradas con preguntas específicas y con temas de discusión abierta.

-Encuestas diseñadas para residentes locales, turistas, personal de los refugios y otros grupos interesados permitiendo recopilar información con respecto al acceso de internet en la zona

-Análisis documental a través de la revisión de informes técnicos estudios previos, estadísticas oficiales y otras fuentes de información que sea relevante para comprender la situación actual del acceso a internet en los refugios del Nevado Cayambe y las posibles propuestas de solución.

-Análisis económico mediante proyección de costos e indicadores que permitieron evaluar la viabilidad financiera de las soluciones propuestas.

2.6 Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.

Las técnicas utilizadas son de validez de constructo, es decir, se mide la percepción de los usuarios sobre la importancia del acceso a internet, para ello se verifica que las preguntas reflejen adecuadamente este concepto.

Las técnicas y medidas estadísticas en consistencia interna permitieron utilizar un método para evaluar la consistencia mediante prueba-retest (Anexo 3), para comparar y evaluar la eficiencia del proyecto (Almendros et al., 2012).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Desarrollo de la propuesta

La propuesta planteada se fundamenta en una investigación enfocada a la conectividad de internet y datos en áreas remotas, considerando tanto los aspectos positivos como los desafíos a tener en cuenta en el proceso del diseño de la red.

Para abordar las necesidades actuales realizó un análisis detallado de la red actual en el sitio lo que permite identificar los problemas como la falta de cobertura, la interferencia y la insuficiencia de ancho de banda, aspectos a tomar en cuenta para una buena conexión y conectividad fiable considerando las características geográficas y climáticas que impactan en la estabilidad de conexión.

La propuesta se fundamenta de la información con el apoyo por parte de especialistas en el área de telecomunicaciones aportando su experiencia en la selección de tecnologías adecuadas para áreas remotas, e identificando las condiciones más viables para mejorar la cobertura en la zona montañosa.

Además, se define parámetros técnicos específicos para optimizar la red como la alienación, línea de vista, gestión de la zona de Fresnel y selección de frecuencias. Este enfoque técnico respaldado por un análisis riguroso y el conocimiento de la experiencia profesional proporciona una base sólida para el desarrollo de la red que se eficiente y responda las necesidades de conectividad en los refugios del Nevado Cayambe.

3.2 Análisis de las condiciones actuales de conectividad de datos e internet en los refugios del Nevado Cayambe.

Se realiza un análisis de la infraestructura de la red de comunicaciones existente en Cayambe, centrándose particularmente en la cobertura actual. El estudio evidencia una inconformidad significativa con el servicio proporcionado por los proveedores de internet, quienes no ofrecen un ancho de banda suficiente para cubrir de manera efectiva las necesidades de conectividad, especialmente en los refugios ubicados en el Nevado Cayambe.

Para llevar a cabo este análisis, se emplean encuestas dirigidas tanto a la población local como a los turistas que frecuentan estos refugios, los cuales reflejan el descontento generalizado con el servicio actual. Asimismo, se detecta un interés considerable en explorar tecnologías alternativas que puedan mejorar la calidad de conectividad de la zona.

Basado en los resultados del estudio y el análisis de los aspectos mencionados se propone el desarrollo de un diseño de red utilizando tecnología de vanguardia que cumpla con los requisitos de los usuarios de la región. Este diseño se fundamenta en criterios y metodologías que garanticen la eficiencia y eficacia de la solución propuesta, con el objetivo de satisfacer las demandas actuales y futuras de conectividad de la zona.

Para el desarrollo propuesto se realiza una entrevista que represente el análisis de resultados.

3.3 Entrevista a Ingeniero en Telecomunicaciones Andy Reinoso fiscalizador de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT).

Objetivo de la entrevista

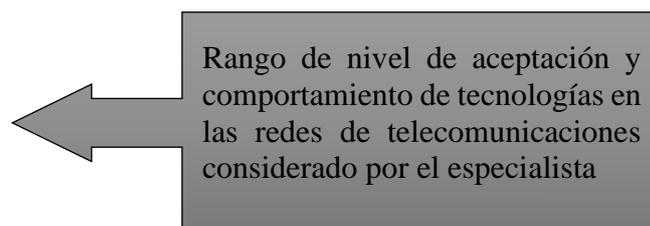
Debido a la amplia experiencia en el campo de las telecomunicaciones y al conocimiento especializado permite evaluar y comparar las tecnologías más utilizadas y eficientes en redes como: Wi-Fi, enlaces microondas y telefonía móvil, ha llevado a cabo una entrevista con un Ingeniero en esta área. El objetivo es definir el método de diseño más adecuado para la situación en estudio.

Como parte del proceso, ha establecido rangos de aceptación para evaluar las diferentes tecnologías y su comportamiento en el ámbito de las redes de la siguiente manera:

1=Malo

2=Regular

3=Bueno



4=Excelente

Tabla 3. Preguntas de entrevista al Ingeniero especialista

N°	Pregunta
1	¿Cuáles son las principales tecnologías que en la actualidad son aplicadas en áreas remotas?
2	¿Qué factores se consideran al momento de seleccionar una tecnología para ofrecer conectividad en zonas de difícil acceso?
3	En su experiencia. ¿Cuál tecnología ofrece la mejor opción en cuestión de costo-beneficio para áreas remotas?
4	¿Cuáles son los desafíos técnicos más comunes que enfrentan las redes móviles(4G-5G) en zonas montañosas?
5	¿Cómo afecta la topología de un área a la elección de la tecnología de la red?
6	¿Qué medidas se recomiendan tomar para garantizar la sostenibilidad y mantenimiento de las redes en estos lugares?
7	¿Qué importancia tiene la capacidad de adaptación de una tecnología a futuro?
8	¿Qué consideraciones de seguridad son fundamentales tomar en cuenta al implementar redes en áreas remotas?
9	¿Qué rol juegan las condiciones climáticas en la operación de una red en zonas remotas?
10	¿Podría proporcionar ejemplos de un caso en el que haya implementado tecnologías de internet en áreas de difícil acceso?

Fecha de entrevista:

10 de julio de 2024

Lugar de entrevista

Se realizó de manera presencial en la sede CNT ubicado en las calles Juan León Mera y Joaquín Pinto de la ciudad de Quito

Entrevistador: Richard Cacuango

Entrevistado: Ing. Andy Reinoso

Tabla 4. Resultados de la entrevista

N°	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuáles son las principales tecnologías que en la actualidad son aplicadas en áreas remotas?	Consideraría tecnologías como Wi-Fi, para comunidades pequeñas, enlaces de microondas conectar puntos de acceso en distancias mayores y satelitales como opción viable en zonas de difícil acceso, también las redes móviles (4G,5G), la fibra puede considerarse igualmente, aunque su implementación resulta un poco costosa y desafiante.
2	¿Qué factores se consideran al momento de seleccionar una tecnología para ofrecer conectividad en zonas de difícil acceso?	Se considera la cobertura geográfica, la capacidad de banda ancha, el costo de implementación y mantenimiento, sostenibilidad, así como la resiliencia frente a condiciones climáticas difíciles.
3	En su experiencia. ¿Cuál tecnología ofrece la mejor opción en cuestión de costo-beneficio para áreas remotas?	En el trabajo la tecnología que más se utiliza y da resultados es enlaces de microondas con una excelente relación costo-beneficio, especialmente usado en terrenos donde es difícil implementar fibra. Son fáciles de instalar y mantener dependiendo de sus equipos puede proporcionar ancho de banda suficiente para satisfacer las necesidades de zonas remotas.
4	¿Cuáles son los desafíos técnicos más comunes que enfrentan las redes	La construcción y mantenimiento de torres en áreas remotas es muy difícil además de no tener una cobertura adecuada debido a la

	móviles(4G-5G) en zonas montañosas?	dispersión de la población, además la conexión entre torres y la red llega a limitarse mucho.
5	¿Cómo afecta la topología de un área a la elección de la tecnología de la red?	La línea de vista es un factor que se necesita, pero por tener áreas montañosas resulta ser un gran problema y la implementación de fibra llega a ser muy costoso, también influye en la cobertura y la calidad de la señal.
6	¿Qué medidas se recomiendan tomar para garantizar la sostenibilidad y mantenimiento de las redes en estos lugares?	Se recomienda usar tecnologías de bajo mantenimiento y tener un constante suministro energético, se requiere de personal capacitado en un mantenimiento preferiblemente que sea local y conozca la zona, además de establecer protocolos preventivos para evitar fallas.
7	¿Qué importancia tiene la capacidad de adaptación de una tecnología a futuro?	La conectividad al estar en constante crecimiento siempre es fundamental que se tenga una tecnología apta a expandirse para no reemplazar toda la infraestructura establecida y así se permita adaptar a futuras integraciones sin grandes modificaciones.
8	¿Qué consideraciones de seguridad son fundamentales tomar en cuenta al implementar redes en áreas remotas?	Un problema presente son los robos y el vandalismo de equipos físicos por ello es crucial implementar medidas de seguridad robustas con mayor protección en su infraestructura, también mejorar en la redundancia y el cifrado de datos.
9	¿Qué rol juegan las condiciones climáticas en la operación de una red en zonas remotas?	Para seleccionar la mejor tecnología siempre hay que evaluar el lugar en donde se debe implementar, puesto que pueden verse afectados por los cambios climáticos constantes, es por ello que se requiere elegir equipos robustos y diseñar redes con

		redundancia para contrarrestar los factores climáticos.
10	¿Podría proporcionar ejemplos de un caso en el que haya implementado tecnologías de internet en áreas de difícil acceso?	En una comunidad a la cual pertenezco se realizó enlaces microondas con tecnología actual complementándolo con redes móviles 4G para proporcionar conectividad en áreas de difícil acceso, es un sistema que se monitorea mediante el software Mimosa permitiendo una eficiente cobertura y optimización de costos, actualmente opera con éxito.

Conclusiones de la entrevista

En el presente estudio se llevó a cabo una entrevista con un Ingeniero especialista en el área de telecomunicaciones. Las respuestas proporcionadas permitieron identificar y evaluar las tecnologías más eficientes utilizadas en la actualidad para mejorar el acceso a internet en entornos remotos. Entre las tecnologías mencionadas incluyen: redes móviles, Fibra óptica, redes satelitales y enlaces microondas. Cada una de estas tecnologías presenta ventajas y desventajas que varían en función de factores como la cantidad de usuarios, velocidad de conexión, calidad de la señal, condiciones climáticas y ambientales, así como la factibilidad de mantenimiento en terrenos difíciles.

El objetivo del estudio es determinar cuál de estas tecnologías ofrece el mejor desempeño para optimizar la conectividad en los refugios del Nevado Cayambe. Con base en la información recopilada a través de la entrevista, se realizó una evaluación de las tecnologías en función de su efectividad dentro del rango de calificación propuesto. Los resultados de esta evaluación se presentan en la tabla 5, que se muestra a continuación.

Tabla 5. Evaluación de las tecnologías de telecomunicaciones

Tecnologías	Redes Móviles	Fibra Óptica	Enlaces Microondas	Redes Satelitales
Cobertura y alcance	2	2	3	4
Capacidad de manejo de usuarios	3	3	2	2
Velocidad y ancho de banda	3	3	4	2
Calidad y estabilidad de la señal	2	3	4	2
Resiliencia ante condiciones climáticas	2	3	4	4
Costo de implementación y mantenimiento	1	1	2	2
Factibilidad de implementación	4	4	3	3
Accesibilidad y disponibilidad de repuestos	3	3	3	2
Seguridad y privacidad	3	3	4	2

Nota: elaboración propia, RC 2024

Análisis

El análisis comprende la selección de tecnología más adecuada para el diseño eficiente de la red. Tras la recopilación y evaluación de la información proporcionada por el especialista se concluye que los enlaces microondas representa la opción más destacada para optimizar la conectividad de datos e internet en los refugios del Nevado Cayambe, debido a su capacidad de proporcionar altas velocidades que van desde 100 Mbps hasta más de 10 Gbps y ancho de banda que puede variar entre 7MHz y 112 MHz o más, comparable a la fibra óptica, características esenciales para manejar aplicaciones de alta

demanda de datos. Además, aunque demanda de una buena línea de vista directa y puede verse afectado por condiciones climáticas adversas, ofrece una calidad y estabilidad de señal superiores, garantizando una conexión confiable en áreas difíciles. Aunque su implementación es un poco costosa su durabilidad y capacidad para cubrir grandes distancias sin necesidad de infraestructura extensa lo convierte en una solución eficaz y robusta para entornos remotos siendo la mejor opción frente a otras tecnologías que podrían fallar o no ofrecer un rendimiento comparable.

3.4 Encuesta

Una encuesta es un procedimiento para recolectar datos e información de usuarios de una zona específica de estudio (muestra), permitiendo obtener percepciones referentes a un tema en particular, en el cual contestan según su criterio un cuestionario con opciones o respuestas técnicas (Montes, 2022).

En el presente proyecto de investigación, se llevó a cabo a 340 visitantes del Nevado Cayambe, incluyendo tanto a locales como turistas. El cuestionario fue diseñado para identificar y evaluar las necesidades actuales en los refugios, así como la conectividad disponible y el nivel de satisfacción de los visitantes.

Cuestionario

Las preguntas se formularon técnicamente para capturar información relevante y reflejar con precisión los objetivos del estudio (Anexo1).

Población

La población se determinó en 2916 turistas basado en los datos del Ministerio de Turismo quien declaró a Cayambe como la segunda localidad de Pichincha que se denominó como pueblo mágico en el marco del turismo siendo un lugar ideal para recibir viajeros nacionales y extranjeros (Ministerio de Turismo, 2021).

Muestra

La muestra se seleccionó en base a los datos recopilados en el Ministerio de Turismo, que indican un flujo aproximadamente de 35.000 visitantes anuales, a partir de esta cifra, se

calculó un promedio mensual dividiendo el total entre los 12 meses del año. Proceso que sirvió para determinar la representatividad de la muestra en el análisis de estudio (Ministerio de Turismo, 2021).

Tabla 6. Promedio mensual de turistas

Total	Calculo	Meses	Promedio
35000	/	12	2916

Nota: elaboración propia, RC 2024

Cálculo de la muestra

Para calcular la muestra se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot P \cdot Q}{E^2(N - 1) + Z^2 \cdot P \cdot Q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

PQ = Varianza, valor constante 0,5

N = Población Total

$(N - 1)$ = Ajuste para muestras grandes > 30

E = Margen de error aceptable: 5% (recomendado en educación)

Z = Nivel de confianza

$$n = \frac{2916 \cdot (1,96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(0.05)^2 2915 + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{2800}{8.23}$$

$$n = 340$$

Número de encuestas= **340**

Resultados:

De acuerdo a la encuesta aplicada muestra que un 95% de turistas calificó la calidad y estabilidad de la conexión a internet en los refugios del Nevado Cayambe como “Mala” o “Muy Mala”. Además, la gran mayoría de los encuestados considera que una buena conexión a internet es muy importante para el desarrollo de sus actividades, como la navegación, el uso de redes sociales y consulta de rutas turísticas, lo que refleja que la conectividad actual es deficiente afectando negativamente la experiencia de los visitantes y objetando una necesidad urgente de implementar mejoras para optimizar el servicio de internet en los refugios.

3.5 Estudio de la red actual de internet en los refugios del Nevado Cayambe

El estudio de la red actual en los refugios del Nevad Cayambe se enfoca en una evaluación integral de la conectividad existente, se utilizan métodos cuantitativos y cualitativos para extraer datos y analizar el estado de la infraestructura de telecomunicaciones. Para obtener una información precisa se llevaron a cabo encuestas dirigidas a turistas y residentes locales que han visitado y trabajado en la zona, con el fin de capturar sus experiencias y percepciones sobre la calidad de la conectividad a internet y servicios móviles (Anexo1).

Además de las encuestas se realizó un análisis técnico de la cobertura móvil en las tecnologías 3G, 4G y 5G proporcionado de forma virtual por los proveedores de telecomunicaciones en la región, como Movistar, CNT y Claro, basado en la recolección de información y datos de mapas de coberturas actuales, los cuales fueron contrastados con mediciones de campo realizadas en los refugios, (figura 14, 15, 16).

Figura 14. Mapa de cobertura 3G/4G/5G de Movistar Móvil en Ecuador

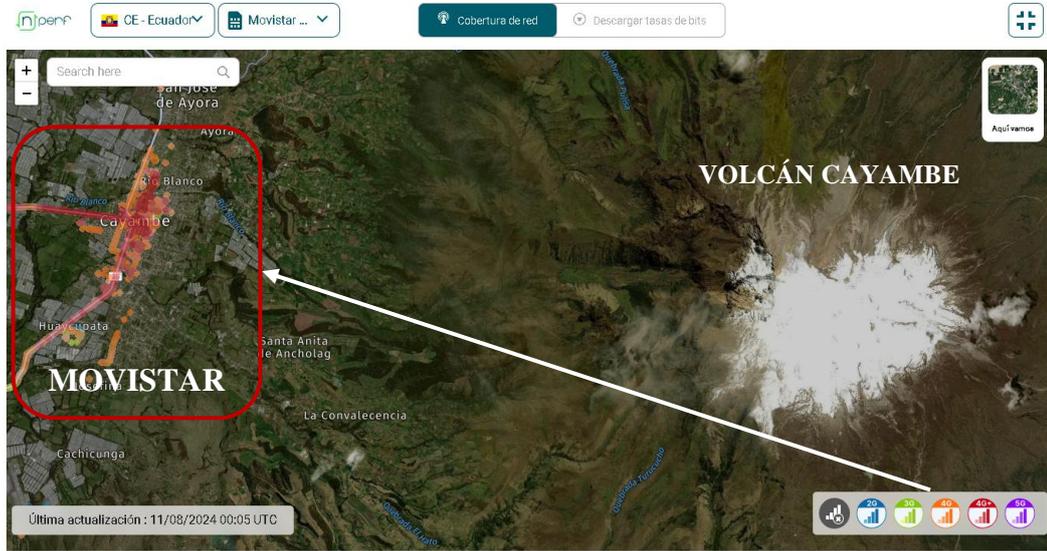


Figura 15. Mapa de cobertura 3G/4G/5G de Claro Móvil en Ecuador



Figura 16. Mapa de cobertura 3G/4G/5G de CNT Móvil en Ecuador



Las pruebas de campo se realizan mediante la evaluación de la velocidad de descarga y carga, estabilidad de la conexión y calidad de ancho de banda disponible actualmente evaluando las tecnologías móviles. Para determinar estos datos se evalúa la zona y realizar varias pruebas de velocidad para asegurar que conexión se tiene en realidad, figura 17.

Figura 17. Prueba en campo para medir la velocidad de internet e los refugios



El objetivo principal de este análisis es recolectar datos solidos que sean claros para la base del diseño del enlace que satisfaga las necesidades presentes en mejorar la conectividad de internet en los refugios del Nevado Cayambe a como se encuentra en la actualidad.

Por ello se puede evidencia en la figura 17, que la prueba refleja una velocidad de internet de 2.1Mbps, este valor es relativamente bajo lo cual no permite la trasmisión de datos en alta calidad ni descarga de archivos grandes.

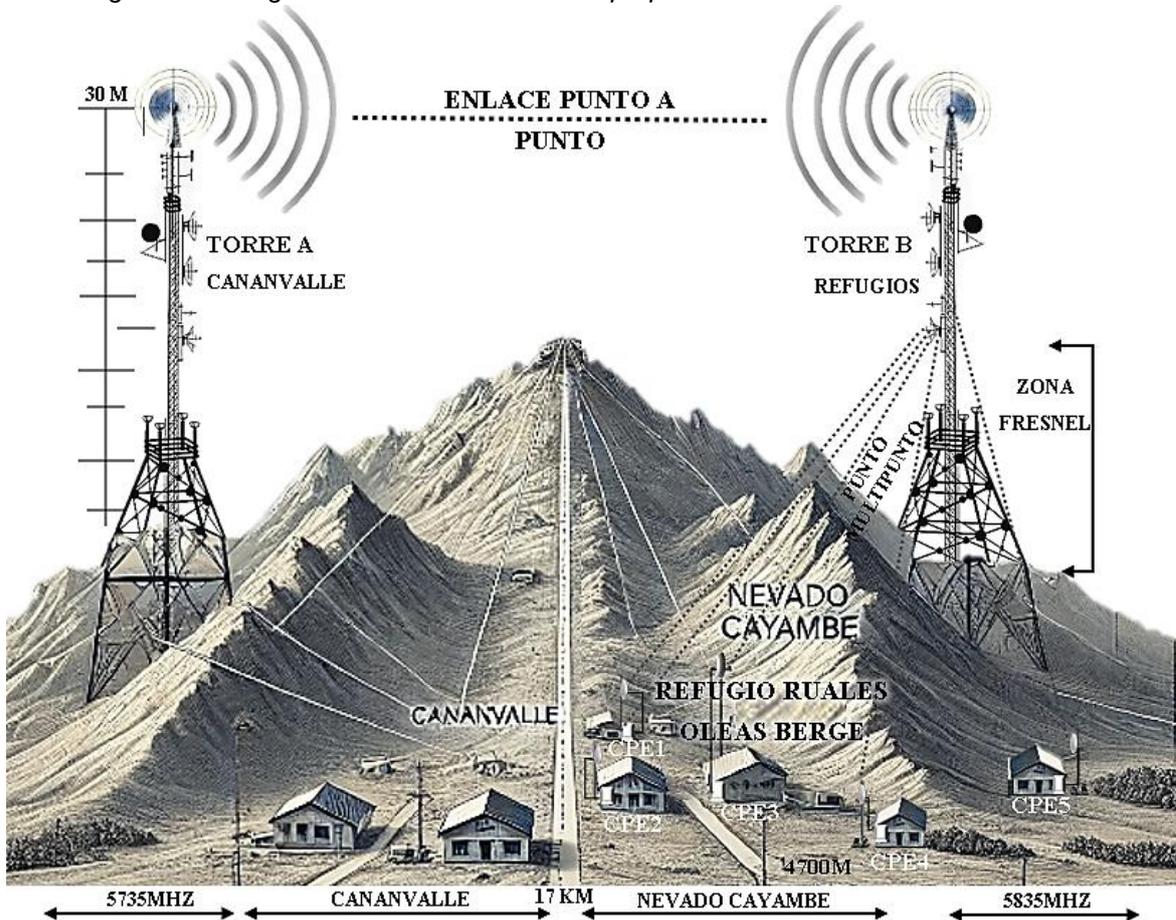
Una latencia o ping de descarga de 29ms es aceptable pero no asegura una experiencia rápida especialmente en videollamadas o conexión en vivo. La latencia alta significa que no tiene una respuesta rápida entre servidor y el dispositivo, por otro una latencia de carga de 713ms indica una señal deficiente para el uso de aplicaciones que se requieren en tiempo real, es decir un mal rendimiento en navegación web, la imposibilidad de hacer videollamadas, los juegos en línea sería imposibles de ejecutar ya que requieren tiempos de respuestas rápidos, streaming video puede ocasionar tiempos de carga prolongados o interrupciones constantes.

Es por ello que mediante esta prueba se concluye que la calidad de internet y la conectividad en el área evaluada no es óptima. Aunque se cuente con una red 4G la velocidad de descarga es de solo 2.1 Mbps y la latencia de carga de 713ms es extremadamente alta por lo que afecta considerablemente cualquier actividad como la navegación y conexión a internet, lo cual indica que la conectividad actual no cumple con los estándares necesarios para una conexión estable y eficiente, es por ello que las mejoras en la infraestructura son necesario para mejorar la conectividad a internet adecuada de la zona.

3.6 Diagrama de diseño del proyecto

El diagrama de diseño del proyecto se especifica en la figura 18, en el cual se muestra un enlace de microondas para los refugios del Nevado Cayambe. Este diseño muestra las torres (Torre A en Cananvalle y Torre B en los refugios) las cuales se encuentran conectadas por un enlace de microondas punto a punto. La distancia entra ellas es de 17Km y la altura de las torres se encuentra a 30 metros, con ellos se asegura una zona de Fresnel despejada y sin obstrucciones para generar un enlace eficiente. Además, en este diagrama se observa también el enlace punto multipunto entre la torre B y los CPEs de los clientes en los refugios del Nevado Cayambe.

Figura 18. Diagrama del diseño del enlace propuesto



Nota: elaboración propia, RC 2024

1. Enlace Punto a Punto (Torre A y Torre B):

- **Torre A-B:** Torres equipadas con antenas directivas de alta ganancia, como son antenas parabólicas de microondas asegurando un enlace confiable y robusto.
- **Altura de las torres:** Varía en alturas de entre 20 a 40 metros para asegurar una línea de vista entre ambas torres.
- **Línea de vista:** En el diagrama se muestra que no existen obstrucciones en la zona del Fresnel representándose como un área circular entre las dos torres.
- **Parámetros técnicos:** Se consideran los parámetros de frecuencia (en GHz), potencia de transmisión (dBm), ganancia de la antena (dBi), pérdida de trayectoria (dB), entre otros.

2. Enlace Punto a Multipunto (Torre B a CPEs)

- **Torre B:** La antena sectorial envía señal al enlace punto multipunto cubriendo varios CPEs
- **CPEs (Customer Premises Equipment):** Son los dispositivos que reciben la señal que se encuentran generalmente a 10 o 20 metros de altura, estos dispositivos pueden ser tipo C5 o C5x de Mimosa
- **Cobertura sectorial:** Son las antenas sectoriales que pueden estar ubicados a un ángulo de cobertura determinado considerando que 0° es el Norte, 180° el Sur, 90°Este y 270° Oeste, este sector es donde se encuentran los CPEs
- **Zona Fresnel:** Es el área que debe estar libre de obstrucciones para asegurar una buena calidad de señal siendo está el área elíptica entre las torres.
- **Topografía:** En el diagrama se representa el terreno indicado con las montañas, vales y áreas planas que posee la zona a considerar para la configuración del enlace y la calidad de la señal.
- **Atenuación y pérdidas atmosféricas:** El nevado Cayambe posee áreas montañosas que pueden afectar las condiciones de la señal por eso estas pérdidas se deben considerar al dimensionar los enlaces.
- **Distancias:** Son las distancias entre la torre y los CPEs para evaluar la pérdida por trayectoria en espacio libre.
- **Radios de microondas:** Radios B5c para las torres A-B
- **CPEs:** C5x o C5 para los refugios

Este diagrama ofrece una visión clara y detallada del entorno y las conexiones necesarias para el diseño de una red de telecomunicaciones eficiente. Permite evaluar con precisión las características esenciales del enlace, considerando factores como topografía, condiciones climáticas y posibles obstrucciones en la zona de Fresnel, con este diagrama visualizado se puede simular el rendimiento de la red en condiciones reales, y considerando posibles problemas o desafíos de conectividad, que permita optimizar el diseño de la red para garantizar una mejor cobertura y cumplir con los objetivos de una mejor conectividad en los refugios del Nevado Cayambe.

3.7 Selección de los equipos para el enlace

Para una posible implementación del radioenlace se realizó una selección de equipos mediante un análisis comparativo de las principales características que se requieren para que el radioenlace funcione correctamente.

Tabla 7. Punto De Acceso Punto A Multipunto

CARACTERISTICAS	EQUIPOS		
	PRISMA UBIQUITI ROCKET 5AC	CAMBIUM EPMP 3000	MIMOSA A5C
FRECUENCIA	5.150 – 5.875 GHz	5.150 – 5.975 GHz	5.15 – 6.4 GHz
VELOCIDAD	Más de 500 Mbps	1 Gbps	1 Gbps
POTENCIA DE TRANSMISION	28 dBm	30 dBm	27 dBm
CAPACIDAD MIMO	2x2	4x4	4x4
SENSIBILIDAD DE RECEPCION	-96 dBm a 20MHz	-93 dBm a 20MHz	-93 dBm a 20MHz
TAMAÑO DEL CANAL	10/20/30/40/50/60/80 MHz	20/40/80 MHz	20/40/80 MHz
CLIENTES	Depende de la configuración	Hasta 120	64
CONSUMO DE ENERGIA	8.5 W	12 W	25 W
PROTECCION	IP67	IP67	IP67
PRECIO	\$250 - \$300	\$450 - \$550	\$500 - \$600

Los tres equipos son similares en cuanto a su funcionamiento, pero se eligió el **MIMOSA A5C** ya que es compatible con el software de simulación, además de su capacidad de velocidad de datos y su potencia de transmisión, que son adecuadas para el radioenlace,

Tabla 8. Radio Punto a Punto

	EQUIPOS		
CARACTERISTICAS	UBIQUITI AIRFIBER 5XHD	CAMBIUM PTP 550	MIMOSA B5C
FRECUENCIA	4.8 – 6.2 GHz	4.9 – 6.2 GHz	4.9 – 6.2 GHz
CAPACIDAD DE DATOS	1 Gbps	1.36 Gbps	1.5 Gbps
MIMO	2x2	2x2	4x4
MODULACION	Hasta 1024 QAM	Hasta 256 QAM	Hasta 256 QAM
TAMAÑO DEL CANAL	10/20/30/40/50/60/80 MHz	20/40/80 MHz	20/40/80 MHz
ALCANCE	Hasta 100 Km	Hasta 122 Km	Más de 100 Km
PROTECCION	IP67	IP67	IP67
PRECIO	\$500 - \$600	\$1550 - \$2000	\$500 - \$700

Los tres equipos son similares en cuanto a su funcionamiento, pero se eligió el **MIMOSA B5C** ya que es compatible con el software de simulación, además de su capacidad de datos y alcance, así como un precio asequible en el mercado.

Tabla 9. Radio de cliente Punto a Punto o Punto a Multipunto.

	EQUIPOS		
CARACTERISTICAS	UBIQUITI NANOBEAM AC GEN2	CAMBIUM FORCE 300 CSM	MIMOSA C5x
FRECUENCIA	5.15 – 5.85 GHz	4.9 – 6.2 GHz	4.9 – 6.4 GHz
CAPACIDAD DE DATOS	450 Mbps	600 Mbps	700 Mbps
MODULACION	Hasta 256 QAM	Hasta 256 QAM	Hasta 256 QAM
GANACIA	19dBi	Depende de la antena	8 dBi integrada

TAMAÑO DEL CANAL	10/20/30/40/50/60/80 MHz	20/40/80 MHz	20/40/80 MHz
DISTANCIA	Hasta 15 Km	Hasta 60 Km	Más de 10 Km
PROTECCION	IP65	IP67	IP55
PRECIO	\$99 - \$120	\$200 - \$250	\$120 - \$170

Los tres equipos son similares en cuanto a su funcionamiento, pero se eligió el **MIMOSA C5x** ya que es compatible con el software de simulación, además de su capacidad de datos y la antena integrada, que se puede aumentar la ganancia con antenas externas.

Tabla 10. PoE

	EQUIPOS		
CARACTERISTICAS	UBIQUITI POE-24-24W-G	TP-LINK TL-POE150S	MIMOSA GIGABIT POE N.AM
VELOCIDAD	1 Gbps	1 Gbps	1 Gbps
VOLTAJE DE SALIDA	24 V	48 V	48 V
POTENCIA	24 W	15.4 W	56W
COMPATIBILIDAD	AirMax, UniFi	Dispositivos IEEE 802.3af	Dispositivos Mimosa B5, C5
DISTANCIA MAXIMA DE CABLE	Hasta 100 metros	Hasta 100 metros	Hasta 100 metros
PoE	Gigabit	Gigabit	Gigabit
CONECTOR	RJ45	RJ45	RJ45
APLICACIONES	Redes Inalambricas, Punto a Punto, UniFi	Puntos de acceso, Telefonía IP, Camaras IP	Punto a punto, Redes Inalámbricas
PRECIO	\$20 -\$30	\$15 - \$25	\$50-\$70

Los tres equipos son similares en cuanto a su funcionamiento, pero se eligió el **MIMOSA GIGABIT POE N.AM** principalmente porque es compatible con los radios mimosa anteriormente comparados además de brindar una potencia de salida alta requerido para el enlace que es de larga distancia.

Tabla 11. Antena Sectorial

	EQUIPOS		
CARACTERISTICAS	UBIQUITI AIRMAX AM-5AC21-60	CAMBIUM NETWORKS PMP 450I SECTOR	MIMOSA N5-45X4
GANANCIA	21 dBi	17 dBi	19 dBi
TIPO DE ANTENA	Sectorial (60°)	Sectorial (90°/120°)	Sectorial (45°)
POLARIZACION	2X2 MIMO (dual H/V)	2X2 MIMO (dual H/V)	4X4 MIMO (±45°dual)
FRECUENCIA	5.1 – 5.9 GHz	4.9 -5.925 GHz	4.9 -6.4 GHz
APERTURA DE HAZ HORIZONTAL	60°	(90°/120°)	45°
APERTURA DE HAZ VERTICAL	6°	6°	6°
CONECTOR	2x RP-SMA	2x N Hembra	4x RP-SMA
PESO	7.4 Kg	7.5 Kg	3.17 Kg
PRECIO	\$200 -\$250	\$500 - \$600	\$350 - \$400

Los tres equipos son similares en cuanto a su funcionamiento, pero se eligió el **MIMOSA N5-45X4** principalmente porque es compatible con los radios mimosa anteriormente comparados además de brindar una potencia de salida alta requerido para el enlace que es de larga distancia.

Tabla 12. Antena Parabólica

	EQUIPOS		
CARACTERISTICAS	UBNT RocketDish RD-5G30-LW	RF Elements UltraDish TP-550	MIMOSA N5-X25
GANANCIA	30 dBi	24 dBi	25 dBi
TIPO DE ANTENA	Parabólica	Parabólica	Parabólica
POLARIZACION	(Dual H/V)	(Dual H/V)	(±45°dual)

FRECUENCIA	5.1 – 5.9 GHz	5.1 -5.9 GHz	4.9 -6.4 GHz
APERTURA DE HAZ HORIZONTAL	5.8 °	11°	9°
APERTURA DE HAZ VERTICAL	5.8°	11°	9°
CONECTOR	2x RP-SMA	2x N Hembra	2x RP-SMA
PESO	3.5 Kg	4.2 Kg	3.63 Kg
PRECIO	\$160 -\$200	\$120 - \$160	\$180 - \$250

Los tres equipos son similares en cuanto a su funcionamiento, pero se eligió el **MIMOSA N5-X25**, ya que brinda un mejor rango en la frecuencia de operación y una buena ganancia, y también es compatible con el software Mimosa.

Tabla 13. NID (NETWORK INTERFACE DEVICE)

	EQUIPOS		
CARACTERISTICAS	Ubiquiti Ethernet Surge Protector ETH-SP-G2	Tycon TP-NET-BASE1000	MIMOSA NID
PROTECCION	10KV	6KV	Contra Rayos y Descargas
INTERFAZ	10/100/1000 Mbps Gigabit Ethernet	10/100/1000 Mbps Gigabit Ethernet	10/100/1000 Mbps Gigabit Ethernet
POE	Pasivo (24V-48V)	Pasivo (24V-48V)	Pasivo
CONECTORES	2-RJ45 Blindados	2-RJ45 con Protección	RJ45 con Protección externa
MONTAJE	Cualquier Superficie	Pared o Mastil	Pared o Poste
PESO	80 g	400 g	300 g
PRECIO	\$15 -\$30	\$30 - \$50	\$60 - \$90

Los tres equipos son similares en cuanto a su funcionamiento, pero se eligió el **Ubiquiti Ethernet Surge Protector ETH-SP-G2**, ya que es compatible con los dispositivos

mimosa, además de su mayor protección de hasta de 10KV y por su bajo costo en comparación a los otros equipos.

Tabla 14. Antena de Alta Ganancia

CARACTERISTICAS	EQUIPOS		
	RF Elements UltraDish TP-400	UBNT RocketDish RD-5G34	Jirous JRC- 35DD
GANANCIA	34 dBi	34 dBi	34.5 dBi
POLARIZACION	(dual H/V)	(dual H/V)	(dual H/V)
FRECUENCIA	5.1 – 5.9 GHz	5.1 -5.9 GHz	4.9 -6 GHz
APERTURA DE HAZ HORIZONTAL	4.5°	3.3°	2.9°
APERTURA DE HAZ VERTICAL	4.5°	3.3°	2.9°
CONECTOR	2x N Hembra	2x RP-SMA	4x N-Hembra
COMPATIBILIDAD CON RADIOS	MIMOSA, CAMBIUM	UBIQUITI, ROCKET, MIMOSA B5c	MIMOSA, CAMBIUM
PESO	6.2 Kg	9.8 Kg	8.6 Kg
PROTECCION CONTRA INTERFERENCIAS	Muy Buena	Alta	Excelente
PRECIO	\$180 -\$240	\$160 - \$200	\$250 - \$300

Los tres equipos son similares en cuanto a su funcionamiento, pero se eligió el **Jirous JRC-35DD** pese a su precio mayor en comparación al resto, es la mejor opción ya que es un elemento primordial para el funcionamiento del radio enlace, por lo que se toma en cuenta su mayor ganancia y la apertura de haz lo que permite obtener una conexión estable y precisa.

3.8 Diseño del enlace vía microondas Cananvalle-Cayambe usando la herramienta Mimosa

Para diseñar un enlace de telecomunicaciones de alta capacidad, es fundamental saber y definir todos los requisitos técnicos necesarios, Mimosa tiene una herramienta completa de diseño de enlaces, que ayuda a cumplir las necesidades básicas asegurando así la creación de enlaces de un rendimiento óptimo y una alta capacidad de transmisión.

La herramienta de diseño Mimosa permite realizar pronósticos precisos y realistas en términos de garantizar la mayor calidad de un enlace, ofreciendo soluciones tanto para configuraciones punto a punto y punto a multipunto. Permitiendo que el diseño del enlace se ajuste a las condiciones reales del entorno.

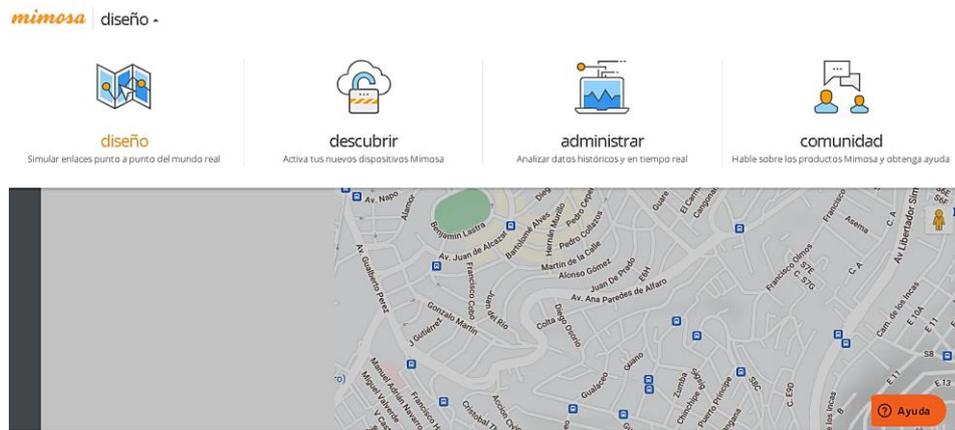
El primer paso para utilizar la herramienta es entrar en la página <https://mimosa.co/> y registrar la cuenta para tener acceso a los servicios, figura 19.

Figura 19. Página del software Mimosa



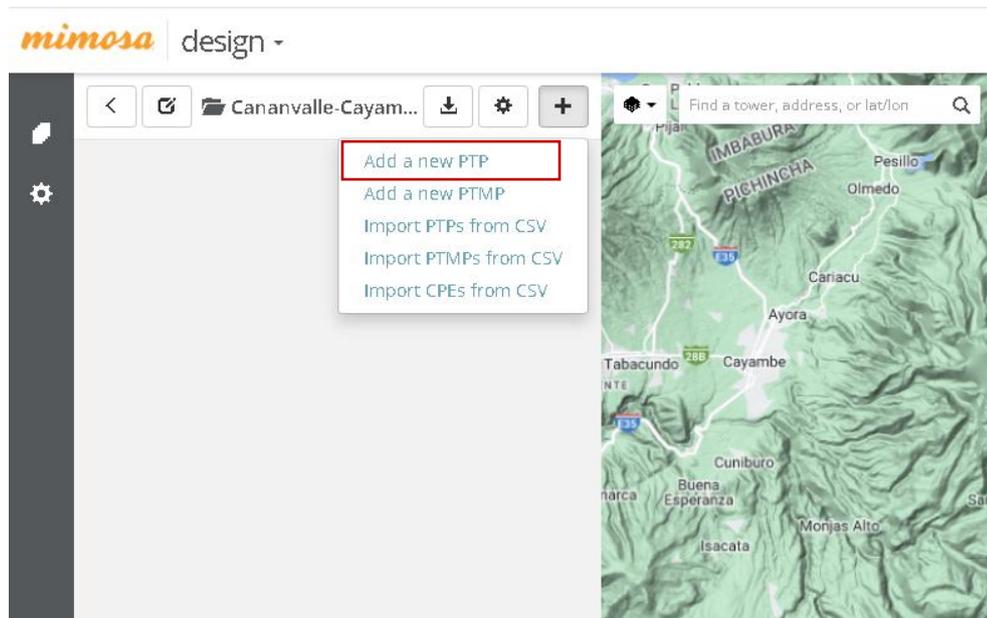
Una vez dentro del software Mimosa, se dispone de varios servicios. En este caso el servicio requerido es la herramienta de diseño, el cual permite configurar y optimizar el enlace de telecomunicaciones, además de generar un pronóstico detallado de los requisitos necesarios para su correcta implementación figura 20.

Figura 20. Diseño y simulación de enlaces punto a punto del mundo real



Dentro de esta herramienta se procede a crear un nuevo acceso o grupo denominado “Cananvalle-Cayambe”, en este grupo se va a crear y gestionar un nuevo enlace punto a punto, este proceso implicar definir los parámetros técnicos, la ubicación de los Access Point, condiciones de entorno y requisitos de ancho de banda, figura 21.

Figura 21. Creación de un nuevo enlace punto a punto

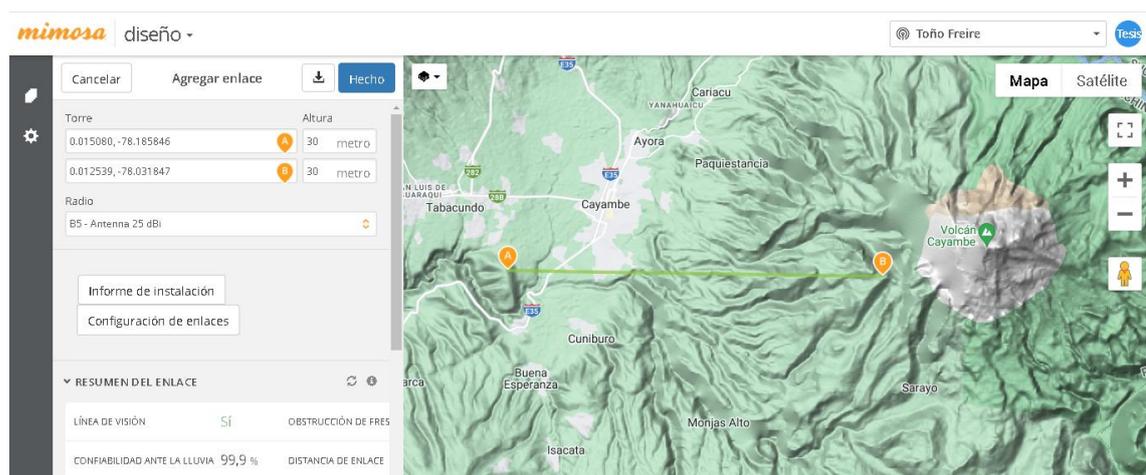


En la zona de estudio Cayambe, se procede a establecer las ubicaciones estratégicas para las torres de transmisión, para este caso se aprovechará las torres de antenas ya existentes

que se encuentra en Cananvalle, designado esta ubicación como Torre A, mientras que Torre B estará situada al pie de las faldas del volcán Cayambe.

Para verificar la línea de vista entre ambas torres el software Mimoso proporciona una funcionalidad visual que automáticamente indica el estado de la conexión, es decir, si la línea de vista es obstruida la conexión aparece en rojo, si es clara y óptima, se marca en verde. Esta herramienta también permite observar las posiciones exactas de las torres y ajustar la altura de estas para tener un mejor rendimiento del enlace asegurando que la configuración propuesta es ideal en la zona geográfica actual, figura 22.

Figura 22. Conexión exitosa de las torres A y B.



Se procede a configurar las torres utilizando las coordenadas del GPS, asegurando una ubicación óptima para cada punto. Además, se estandariza las torres a una altura de 30 metros para maximizar la línea de vista, así mismo se selecciona el equipo de radio más adecuado considerando las técnicas y operativas de cada opción disponible para garantizar la calidad y estabilidad de la conexión, tabla 7.

Tabla 15. Tipo de radio Mimosa y sus características

Radio Mimosa	Características
B5-Antena 25dBi	Radio + Antena de 25dBi, para distancias cortas (10km), limitado en capacidad y ganancia, antena integra sin opción a mejorar, opera desde (5.1GHz-hasta 5.8GHz).
B5c-Antena 32dBi	Radio conectorizado, permite colocar antenas externas para múltiples combinaciones, opera desde (4.9GHz hasta 6.2GHz), limitado por la ganancia de la antena.
B5-Lite Antena 20dBi	Radio equipo discontinuado con antenas de 20dBi, puede transmitir en dos frecuencias simultaneas.
B11-United States & B11 ROW	Radio United States cumple con las normas de FCC y limitaciones de ancho de canal y ROW abierto sin ninguna restricción.
C5c	Radio más utilizado en campo, opera desde (4.9GHz hasta 6.4GHz), un canal de 20-40 u 80.
B24	Es un radio de 24GHz de operación para distancias cortas aprox. 3Km,
C5x	Radio modular tiene una antena integrada de 8dBi, opera desde (4.9GHz hasta 6.4GHz), tiene flexibilidad de colocar cuatro modelos de antena y variar la ganancia del radio.

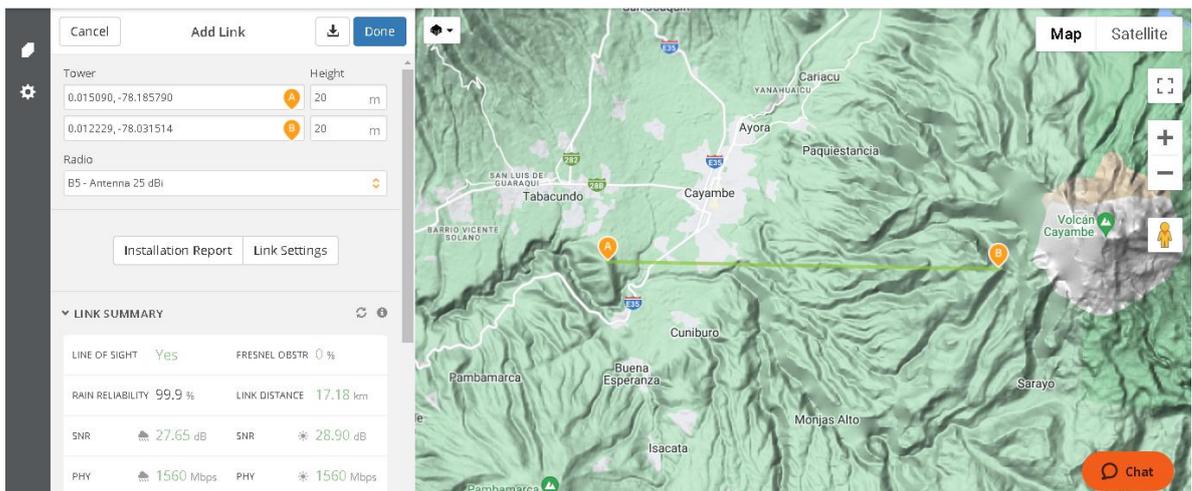
Nota: elaboración propia, RC 2024

Luego del análisis se selecciona el radio B5c con una antena de 32dBi puede operar en banda ancha de 5GHz y manejar un ancho de banda de hasta 80MHz, este equipo ofrece una alta eficiencia espectral lo que permite un rendimiento máximo de hasta 1 Gbps en

condiciones óptimas, la latencia para este tipo de enlaces suele ser de menos de 1 ms, garantizando un tiempo de respuesta rápido y eficiente en entornos remotos.

El software confirma que a una altura de 30 metros existe línea de vista despejada entre los puntos de transmisión, la zona de Fresnel, se encuentra sin obstrucciones con un 0% de interferencia. Estas condiciones aseguran que no habrá degradación de la señal ni errores de transmisión, garantizando un enlace fiable y de alta calidad cumpliendo con los requisitos del proyecto y optimizando la eficiencia y robustez del enlace para el entorno de los refugios del Nevado Cayambe, figura 23.

Figura 23. Configuración de radio de transmisión y línea de vista



En la siguiente etapa se configura los parámetros a tomar en cuenta. Para ello se entra a la opción de configuraciones, donde se define las características clave del enlace, además se selecciona los canales a utilizar y cuanto ancho de banda se requiere para trabajar. En este caso se opta por emplear dos canales de 80 MHz, resultando ideal para las condiciones del sitio.

De acuerdo al radio B5c a utilizar se configuran las frecuencias de operación para el caso se trabaja en frecuencias de 5735MHz-5835MHz, lo que permite maximizar el rendimiento del entorno específico. La potencia de transmisión (Power) se regula de acuerdo a la frecuencia en este caso será de 19dBm, mientras que la ganancia de la antena

se establece en 34dBi, la pérdida del cable se mantiene en un mínimo de 0.5dB asegurando la transmisión eficiente.

Se configura el Target SNR (Relación Señal/Ruido) en 27 dB, valor óptimo para lograr la máxima modulación y rendimiento del enlace. De acuerdo con el estudio de la zona se observa que es montañosa y con picos de vegetación alto, es por ello que se incorpora un Buffer de 6 metros para asegurar la estabilidad del enlace. Estas configuraciones permiten que el enlace sea robusto y eficiente en un entorno desafiante para proporcionar una conexión estable y garantizar que el enlace cumpla con los requerimientos necesarios, figura 24.

Figura 24. Configuración de parámetros del enlace

The image shows a screenshot of the Mimoso software interface for configuring link parameters. The interface is divided into two main sections: 'Configuración del canal' and 'Configuración de radio'. The 'Configuración del canal' section includes settings for channel width (2x80 MHz), central frequencies (5735 MHz and 5835 MHz), and transmission powers (19 dBm). The 'Configuración de radio' section includes settings for antenna gain (34 dBi), cable loss (0.5 dB), noise figure (4.5 dB), polarization (Horizontal), and target SNR (27 dB). A summary section on the left shows the overall link status, including line of sight (Sí), reliability (99.9%), and signal-to-noise ratio (39.6 dB).

Configuración del canal	
Ancho de canal (MHz)	2x80
Frecuencia central 1 (MHz)	5735
Frecuencia central 2 (MHz)	5835
Potencia de transmisión 1 (dBm)	19
Potencia de transmisión 2 (dBm)	19

Configuración de radio	
Ganancia de antena A (dBi)	34
Ganancia de antena B (dBi)	34
Pérdida de cable (dB)	0.5
Figura de ruido (dB)	4.5
Pérdida de interferencia (dB)	0
Polarización	Horizontal
Relación señal/ruido objetivo (dB)	27
Pérdida por desajuste (dB)	0
Amortiguación del nivel del suelo (m)	6

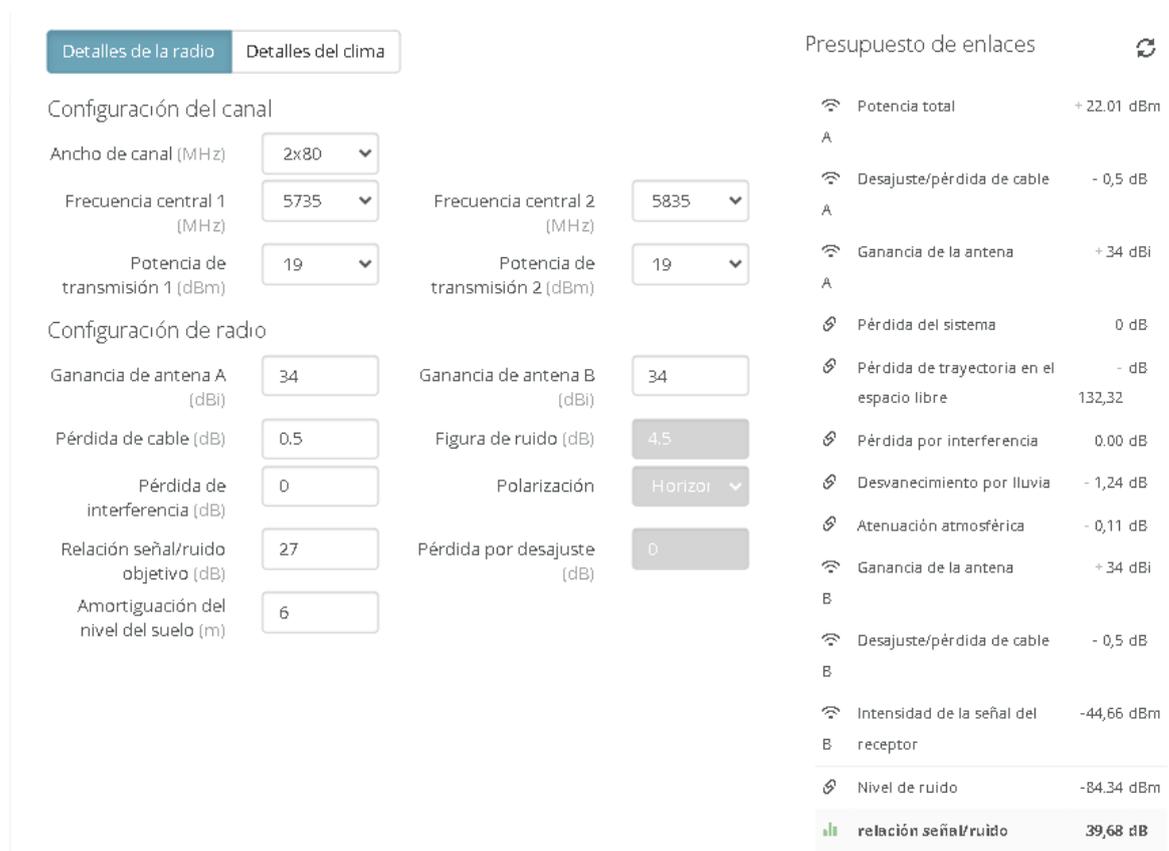
RESUMEN DEL ENLACE

LÍNEA DE VISIÓN	Sí
CONFIABILIDAD ANTE LA LLUVIA	99,9
RELACIÓN SEÑAL/RUIDO	39,6

Una vez establecido los parámetros y considerado el entorno específico de implementación como son los refugios del Nevado Cayambe, se procede a analizar los resultados técnicos, en este caso la potencia total de transmisión se establece en 22 dBm, la ganancia de la antena se mantiene en 34dBi, también se anticipa una pérdida por lluvia de -1,24dB, con una atenuación atmosférica de -0,11 dB.

A una distancia aproximada de 17Km se espera tener una señal recibida de -44dBm en alineación con un piso de ruido de -84dBm, con un SNR de 39dB, además se calcula una pérdida de trayectoria en espacio libre de como una pérdida de trayectoria de aproximadamente 132 dB. Estos valores indican que se espera un rendimiento sólido y estable del enlace, asegurando una conexión confiable en el entorno los refugios, figura 25.

Figura 25. Condiciones de configuración y cálculos del enlace



Se evalúan las condiciones atmosféricas mediante datos estadísticos a través de Google, para permitir ajustar los parámetros del enlace de forma precisa y asegurar que las variaciones meteorológicas sean contempladas de forma adecuada para mantener el enlace optimo una vez sea implementado mitigando así cualquier posible impacto en la

calidad de la señal y garantizar fiabilidad, así como estabilidad del sistema en las condiciones climáticas del Nevado Cayambe, figura 26.

Figura 26. Configuración de parámetros del clima

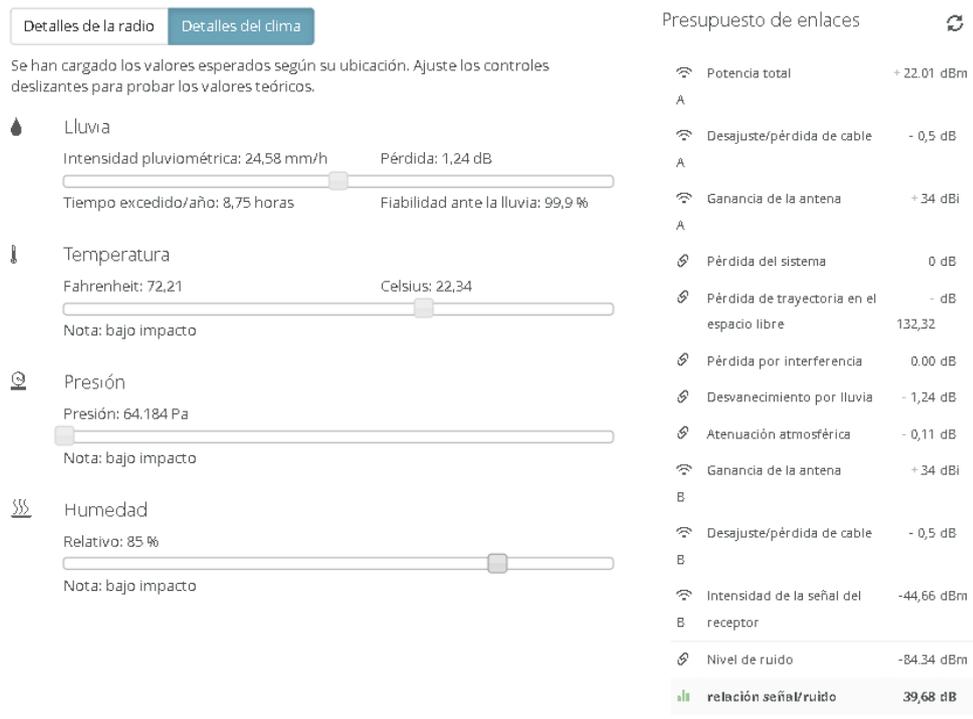
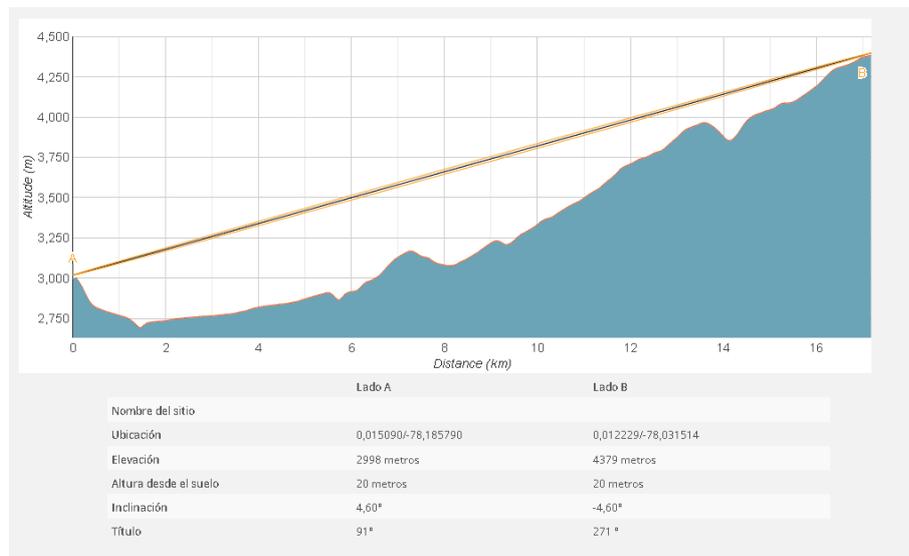
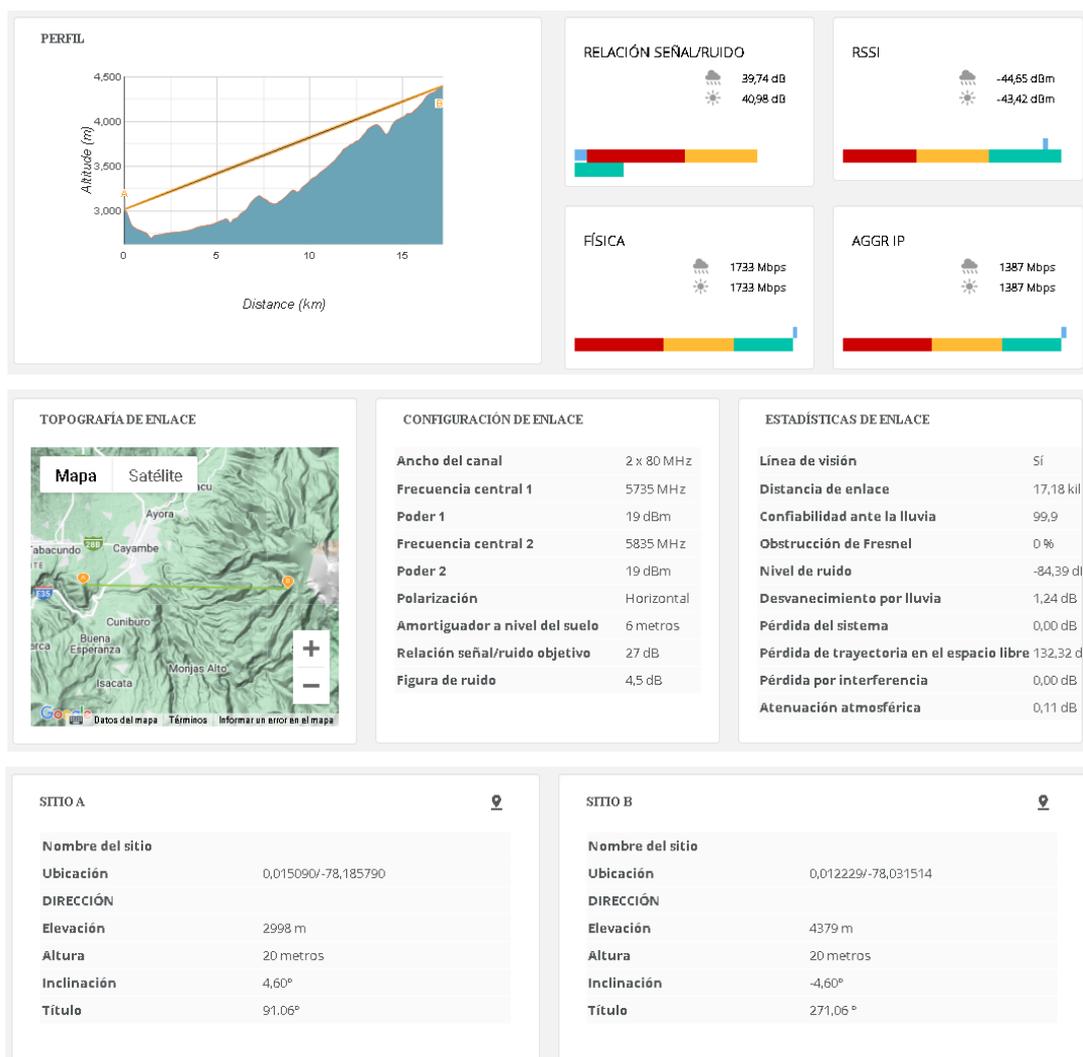


Figura 27. Grafica de elevación de línea de vista del enlace



Una vez finalizada la configuración, se elabora el documento de instalación siendo el detalle fundamental de todo el enlace, proporcionando instrucciones detalladas para el equipo técnico que le servirá durante la implementación física del enlace. Este documento especifica los niveles de potencia, alineación y ubicaciones geográficas exactas donde se instalarán cada uno de los radios. Además, se incluye la orientación a los cuales deben estar colocados los radios lo cual permitirá maximizar el rendimiento del enlace. Esta guía es fundamental para asegurar un funcionamiento exitoso del enlace y una instalación eficiente, figura 28.

Figura 28. Perfil de guía de instalación del enlace





Una vez establecido el enlace con las condiciones y configuraciones se procede a guardar el enlace con los nombres que corresponden, en este caso el nombre del enlace es Cananvalle-Cayambe, la torre A se identifica como (Cananvalle) y la torre B como (Refugios), ambas con una altura de 30 metros, figura 29.

Figura 29. Finalización del enlace punto a punto

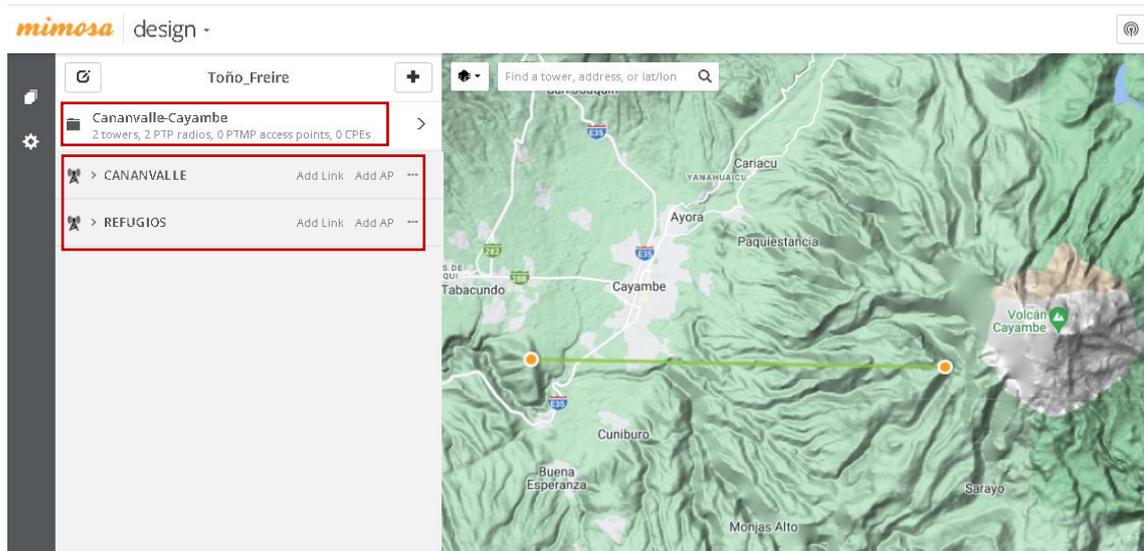
Guardar cambios ⓘ ✕

Nombre del enlace: Estado del enlace:

Nombre del grupo Nuevo	Nombre del grupo Nuevo
<input type="text" value="Cananvalle-Cayambe"/>	<input type="text" value="Cananvalle-Cayambe"/>
Nombre de la torre A	Nombre de la torre B
<input type="text" value="Cananvalle"/>	<input type="text" value="Refugios"/>
Altura de la torre {m}	Altura de la torre {m}
<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="30"/>
Altura del monte {m}	Altura del monte {m}
<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="30"/>
Nombre de la radio A	Nombre de la radio B
<input type="text" value="Cananvalle RadioA"/>	<input type="text" value="Refugios RadioB"/>

El enlace diseñado queda grabado dentro del grupo de prueba en el cual contiene las dos torres, figura 30.

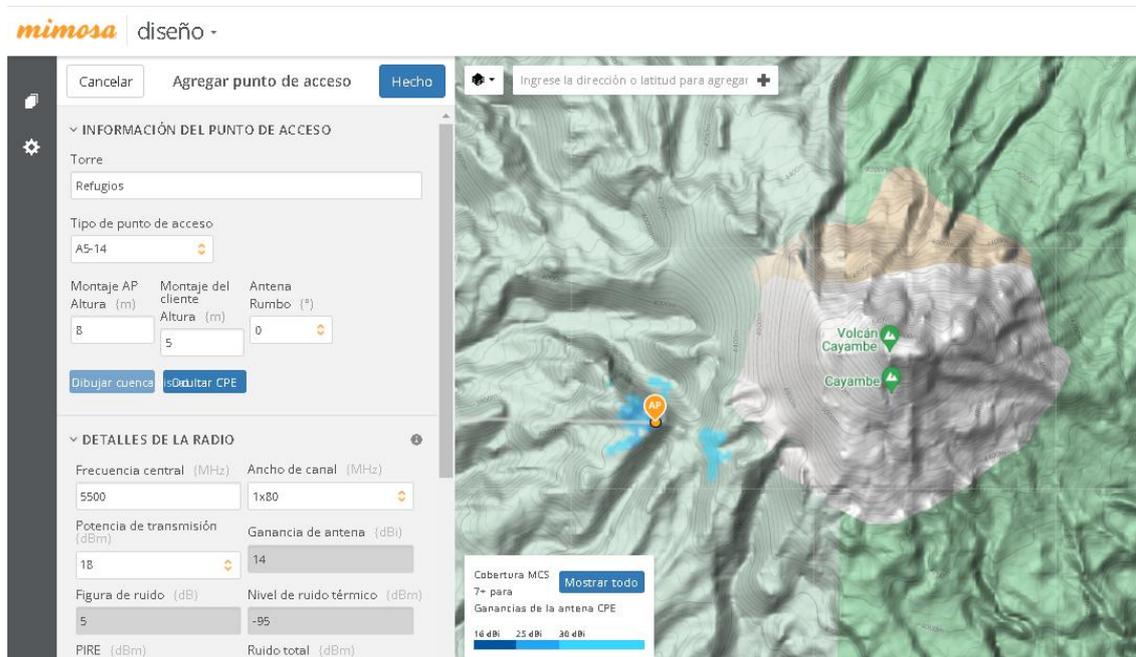
Figura 30. Enlace creado con las torres de transmisión



Una vez ya establecida la conexión entre las torres y evaluado los parámetros, se considera que la torre A ya está instalada pues tras el estudio de la zona en el sitio de ubicación más específico en Cananvalle (coordenadas 0.015090; -78.185090) se encuentran la mayor parte de infraestructura de las torres en Cayambe. Aprovechando esa infraestructura existente se parte de ahí para el diseño de la red propuesta, optimizando los recursos y reduciendo el costo en el plan.

Por otro lado, la torre B se ubica estratégicamente a un sitio cercano a las faldas del volcán Cayambe (coordenadas 0.012229; -78.031514). Dado su posicionamiento se planifica el enlace punto-multipunto en esta torre de manera que extienda la cobertura de esta zona para mejorar la calidad de la red y responder a las necesidades específicas del proyecto, figura 31.

Figura 31. Diseño del enlace punto-multipunto en la torre B.



Para este proceso se toma en cuenta las consideraciones técnicas entre ellas la selección del radio utilizar, a continuación, se detallan las características específicas de los equipos que ofrecen, tabla 8.

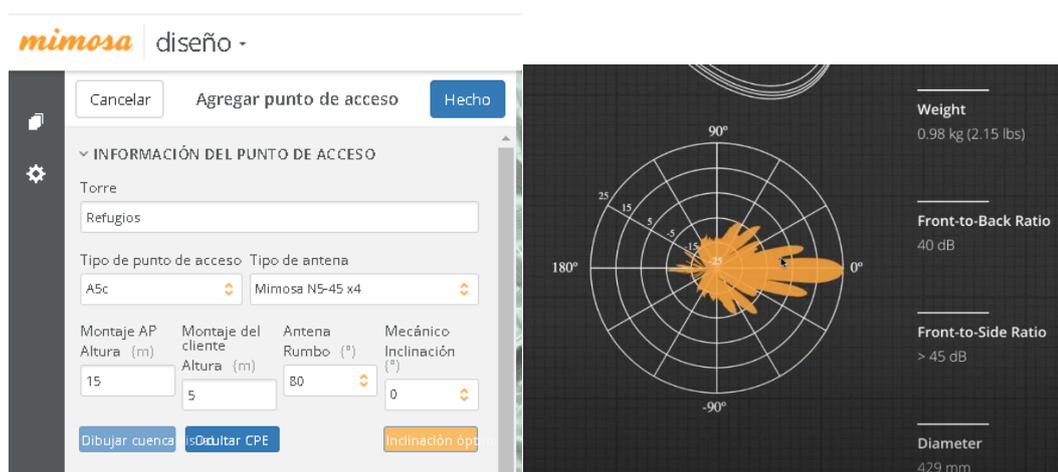
Tabla 16. Tipos de radios Mimoso

Radio Mimoso	Características
A5-14	Radio punto -multipunto, el Access Point de cuatro sectoriales de 360°, aproximadamente hasta 1km.
A5c	Radio conectorizado, se puede combinar con antenas de mimosa de 45° o con antenas predeterminadas.
B5-Lite Antena 20dBi	Radio equipo discontinuado con antenas de 20dBi, puede transmitir en dos frecuencias simultaneas.
B11-United States & B11 ROW	Radio United States cumple con las normas de FCC y limitaciones de ancho de canal y ROW abierto sin ninguna restricción.

C5c	Radio más utilizado en campo, opera desde (4.9GHz hasta 6.4GHz), un canal de 20-40 u 80.
B24	Es un radio de 24GHz de operación para distancias cortas aprox. 3Km.
C5x	Radio modular tiene una antena integrada de 8dBi, opera desde (4.9GHz hasta 6.4GHz), tiene flexibilidad de colocar cuatro modelos de antena y variar la ganancia del radio.

Se utiliza el A5c por ser un radio conectorizado, se puede combinar con antenas de Mimosa de 45° o con antenas predeterminadas, después se define a que altura estará ese radio aprox. (15metros), los clientes se pondrán entre 5 a 10m, donde va a estar posicionado el sectorial para ello se toma en cuenta que 0° es el Norte, 90° Este, 180° Sur y 270° Norte, también se define el mecánico de inclinación, y se selecciona la frecuencia a la que van a operar, tomando en cuenta que se tiene una sectorial definida se le coloca el esquema de frecuencias en cada radio, la potencia de transmisión del radio puede ir hasta 24dBm, para este caso se le coloca de 17dBm, figura 32.

Figura 32. Esquema de frecuencias en cada radio, y potencia de transmisión



En la parte de los detalles de transmisión se puede configurar dependiendo cuanta vegetación hay, si va a haber línea de vista a los clientes finales considerando el ambiente en que se está trabajando para aplicar los módulos correspondientes, en este caso se define como zona rural y montañosa presentado en el siguiente detalle, figura 33.

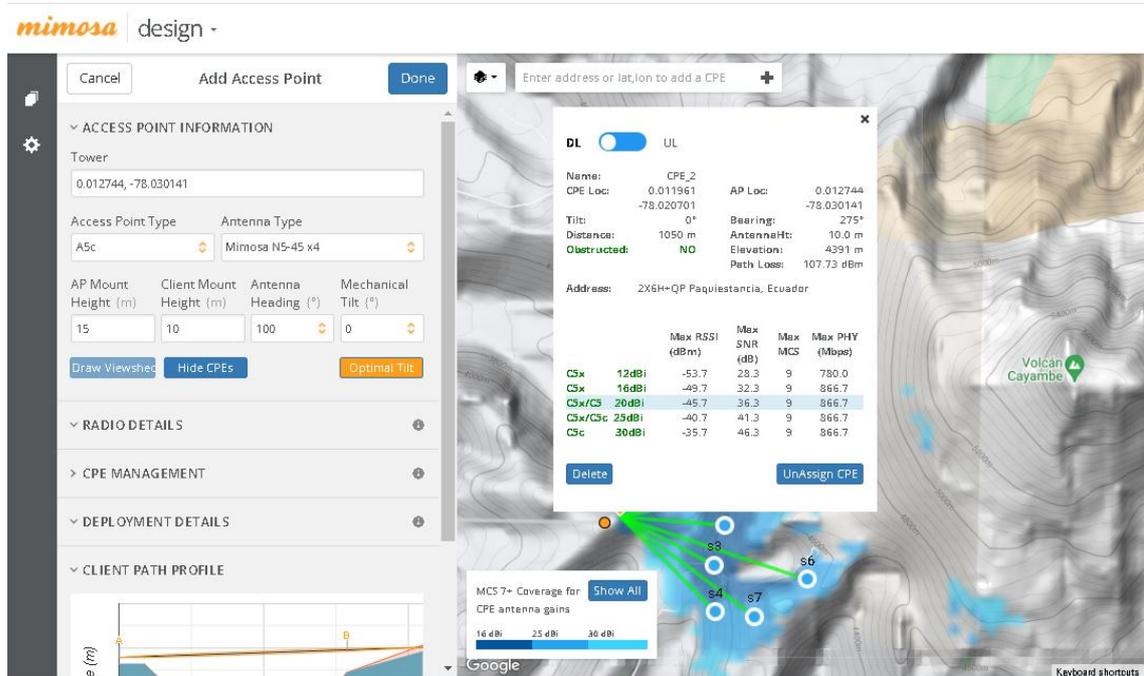
Figura 33. Detalle de configuración de la radio

The image shows a configuration panel for a radio system, divided into several sections:

- DETALLES DE LA RADIO**:
 - Frecuencia central (MHz): 5500
 - Ancho de canal (MHz): 1x80
 - Potencia de transmisión (dBm): 17
 - Ganancia de antena (dBi): 22
 - Figura de ruido (dB): 5
 - Nivel de ruido térmico (dBm): -95
 - PIRE (dBm): 42 (highlighted with a red box)
 - Ruido total (dBm): -82
- GESTIÓN DE CPE**: (Section header, no visible parameters)
- DETALLES DE LA IMPLEMENTACIÓN**:
 - Densidad de árboles: Line of sight, 0dB
 - Ambiente: Rural, +8dB
- PERFIL DE RUTA DEL CLIENTE**: (Section header, no visible parameters)

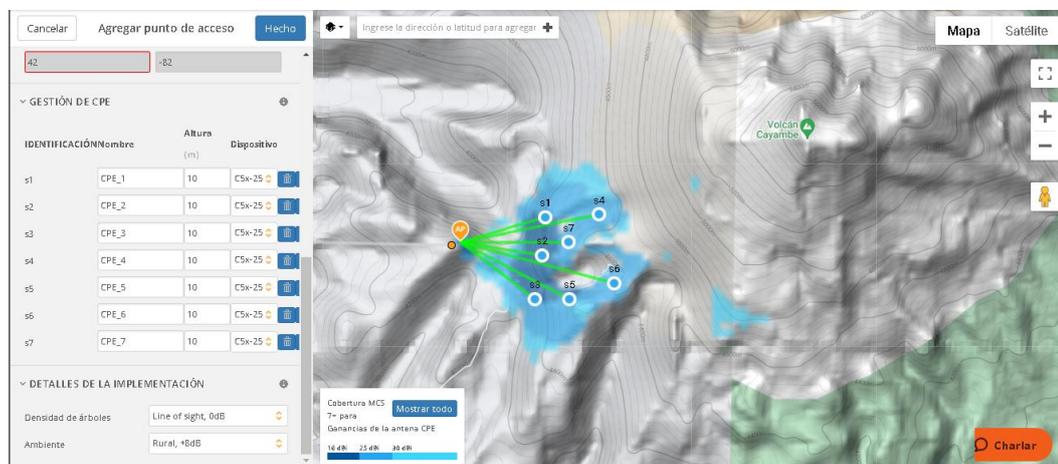
Una vez configurados todos los parámetros, se selecciona la opción de dibujar cuenca, herramienta que permite visualizar el patrón de radiación, es decir, es el área configurada por la antena que muestra el nivel sectorial ubicado a 80°, este gráfico muestra el nivel de cobertura y dentro del rango de radiación se puede colocar los clientes o CPEs (Equipos de Instalación de cliente), en los refugios del Nevado Cayambe, específicamente los refugios Ruales Oleas Bergé (coordenadas 0°00'54.7"N 78°11'08.9"W), uno de los puntos clave donde se requiere mejorar la conectividad de internet y asegurar una cobertura eficiente, figura 34.

Figura 34. Configuración de los CPEs en el refugio



En este punto, se establece la dirección de la zona en donde se encuentra los refugios Rúales Oleas Bergé, asegurando su cobertura mediante varios CPEs. En el diseño se visualiza el Access Point y los clientes conectados, detallado específicamente los equipos en uso, en este caso, C5x con antena de 25 dBi. Además, se precisa que estos equipos están instalados a una altura aproximada de 10 metros, figura 35.

Figura 35. Configuración de clientes conectados en la zona



Una vez terminado se guarda los cambios, generando ya el enlace punto a punto y punto multipunto con los clientes conectados. Por cada Access Point se puede colocar entre (30 a 44 clientes), una vez terminado el diseño del enlace proyectado se obtiene la opción de exportarlo a formato de KMZ para observarlo en Google Earth, (figura 36,37,38)

Figura 36. Finalización del enlace Punto-Multipunto en los refugios.

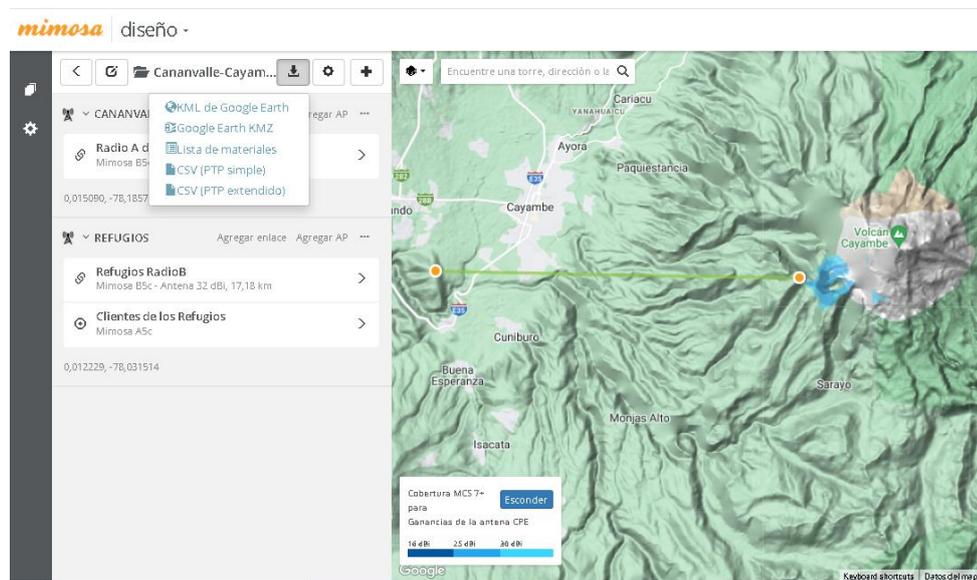


Figura 37. Se observa el diseño del enlace punto a punto en Google Earth

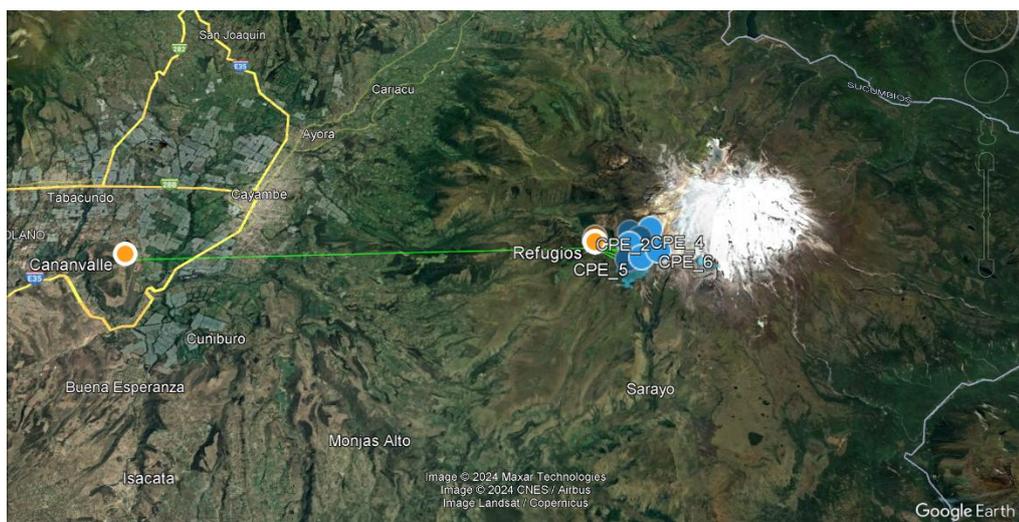


Figura 38. Diseño del enlace punto-multipunto



También se genera la lista de materiales del proyecto diseñado, básicamente es el resumen de todos los equipos de MIMOSA que se requiere para proceder con la implementación, desde las torres hasta los clientes y que equipos son los adecuados a implementar de acuerdo a sus condiciones (Anexo 2).

Figura 39. Documento resumen de los equipos de MIMOSA

CANANVALLE			
🔗 Cananvalle-Cayambe			
Product	Vendor	P/N	Qty
34.0 dBi Antenna compatible with B5c			
B5c	Mimosa	100-00014	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

REFUGIOS			
📍 Cananvalle-Cayambe			
Product	Vendor	P/N	Qty
34.0 dBi Antenna compatible with B5c			
B5c	Mimosa	100-00014	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)			
10 AWG Ground (Earth) Wire			
📍 Clientes de los Refugios			
Product	Vendor	P/N	Qty
N5-45 x4			
A5c	Mimosa	100-00084	1
A5c	Mimosa	100-00037	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)			
10 AWG Ground (Earth) Wire			

2X6H+9P PAQUIESTANCIA, ECUADOR			
📍 CPE_2			
Product	Vendor	P/N	Qty
C5x			
N5-X25	Mimosa	100-00085	1
N5-X25	Mimosa	100-00089	1
Gigabit POE N.AM	Mimosa	502-00022	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)			
10 AWG Ground (Earth) Wire			

Con esto se finaliza el diseño de la red propuesta para mejorar la conectividad de internet en los refugios del Nevado Cayambe, tomando en cuenta todos los parámetros a considerar para mejorar esa necesidad.

3.9 Resultados de los cálculos del enlace diseñado

Cálculos del Radioenlace

Para verificar la eficiencia del diseño del radio enlace se realizan los siguientes cálculos matemáticos de las pérdidas presentadas desde el transmisor hasta el receptor, con ellos se podrá evaluar una posible implementación del radio enlace para brindar el servicio de internet al refugio de los nevados Cayambe.

Pérdidas por Espacio Libre

Para el cálculo de la pérdida por espacio libre tomaremos en cuenta la frecuencia de operación de 5Ghz, y la distancia del enlace de 17Km. Con este cálculo observamos la atenuación de la señal en la propagación desde el transmisor hasta el receptor sin ningún tipo de obstáculo.

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

En donde:

d : Distancia entre Tx y Rx (km)

f : Frecuencia de la señal (en Hz)

$$FSPL(dB) = 32.45 + 20\log_{10}(17) + 20\log_{10}(5000)$$

$$FSPL(dB) = 131.04 \text{ dB}$$

Atenuación por Lluvia

Para obtener este valor es necesario tomar en cuenta la intensidad de la lluvia en el sector, por lo que se toma los valores de la Recomendación UIT-R P.837-7. En donde nos dice que para el sector de Cayambe la intensidad de la lluvia está en un rango de 50 a 100 mm/h, por lo que tomaremos el valor más alto en el cálculo siguiente.

Atenuación Especifica

La atenuación especifica viene de la fórmula:

$$\gamma R = k \times R^\alpha$$

En donde:

R es la tasa de lluvia en mm/h.

k y α : coeficientes específicos para la frecuencia de 5 GHz. (k= 0.075 y $\alpha= 1.0$)

$$\gamma R = 0.075 \times 100^1$$

$$\gamma R = 7.5 \text{ dB/Km}$$

Para calcular la pérdida total debido a la lluvia utilizamos la fórmula:

$$L_R = \gamma R \times d$$

$$L_R = 7.5 \times 17$$

$$L_R = 127.5 \text{ dB}$$

Perdidas por Propagación

Estas pérdidas se dan debido a las perdidas por espacio libre y por la lluvia, y está dado con la siguiente formula:

$$P_P = L_R + FSPL(\text{dB})$$

$$P_P = 127.5 + 131.04$$

$$P_P = 258.54 \text{ dB}$$

Pérdidas totales de Enlace

Las pérdidas totales es la diferencia entre la perdida por propagación de todo el enlace y las ganancias de las antenas de Tx y Rx

$$P_T = P_P - G_{Tx} - G_{Rx}$$

$$P_T = 258.54 - 34 - 34$$

$$P_T = 190.54 \text{ dB}$$

Perdida en la potencia de RX

Este cálculo viene de la formula general del radioenlace, que consta de la potencia de transmisión, las diferentes perdidas en la trayectoria del radioenlace y las ganancias de las antenas.

$$P_{Rx} = P_{Tx} + GTx + GRx - P_p$$

$$P_{Rx} = 19 + 34 + 34 - 258.54$$

$$P_{Rx} = -171.54 \text{ dBm}$$

3.10 Análisis de los resultados del diseño

Los datos proporcionados en la simulación y diseño del enlace punto a punto y punto a multipunto sugiere que el diseño propone una instalación futura, para ello se exponen los siguientes resultados que responden esta conclusión.

1. Factores climáticos:

- La simulación demuestra tener una intensidad pluviométrica de 24,58 mm/h y una pérdida de ,24 dB, a pesar de la pérdida expuesta se muestra una fiabilidad ante la lluvia de 99,9% indicando que el enlace es resistente a las condiciones climáticas de la zona.
- La temperatura, presión y humedad tiene un bajo impacto en sus variables lo que no representa una amenaza significativa para la estabilidad del enlace.

2. Presupuesto del enlace

- En el enlace la potencia total es de +22,01 dBm, y una ganancia de antena de 34 dBi en cada extremo, lo que garantiza una señal robusta y una buena transmisión de datos.
- El valor obtenido en la simulación de la relación señal/ruido es de 39,68 dB adecuada para asegurar una buena calidad de transmisión, reforzando la viabilidad del proyecto.
- La intensidad de la señal del receptor en el punto B es de -44,66 dBm lo que proporciona una señal suficientemente fuerte para tener una comunicación fiable.

3. Perfil del terreno

- El enlace punto a punto muestra una distancia total de 16,22 km entre la Torre A (Cananvalle con una elevación de 2998m) y el lado de la Torre B (Refugios del Nevado Cayambe con una elevación de 4379m). Dentro de estos parámetros configurados y establecidos no presenta obstáculos críticos y línea de vista manejable para la transmisión con 4,6° en ambos lados.

4. Detalles de radios

- Los radios tanto A como B utilizan el modelo B5c y una potencia de +19 dBm, así como la ganancia de la antena de +34 dBi, permitiendo asegurar una buena cobertura en esta área con terreno complicado como lo muestra el perfil de elevación.

5. Detalles PtMP

- La simulación muestra varios CPEs distribuidos con valores de Max RSSI (-53,7 dBm) y SNR (28,3 dB), reflejando una conexión eficiente con velocidad es de hasta 866,7Mbps en PHY.

Conclusión:

El diseño del enlace establecido tanto para punto a punto como punto a multipunto se muestra con resultados viables proyectando a una futura implementación. Los datos proporcionados muestran que la señal es fuerte y resistente a las condiciones climáticas rurales que se presentan en la zona de estudio. Además, la relación señal/ruido y la capacidad de carga de cada CPE aseguran que el sistema pueda operar con un alto nivel de eficiencia y estabilidad, por lo que se considera cumplidos los requisitos técnicos para una implementación exitosa que permita mejorar los datos y la conectividad a internet presente actualmente en los refugios del Nevado Cayambe.

3.11 Análisis económico del enlace diseñado

Para el análisis económico se toma en cuenta los diferentes costos inmersos en la posible implementación del proyecto del radio enlace, cabe destacar que el precio presentado en el análisis de costos de equipos se toma en cuenta los valores aproximados en el mercado.

Costos de Equipos

Con la evaluación efectuada en el apartado de selección de equipos, se realizó la siguiente tabla con los equipos y cantidades necesarias para todo el radioenlace.

Tabla 17. Descripción de los equipos, cantidades y precios

DESCRIPCION	EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Punto De Acceso Punto A Multipunto	MIMOSA A5C	1	\$550	\$550
Radio Punto a Punto	MIMOSA B5C	2	\$600	\$1200
Radio de cliente Punto a Punto o Punto a Multipunto.	MIMOSA C5x	7	\$145	\$1015
PoE	MIMOSA GIGABIT POE N.AM	7	\$60	\$420
Antena Sectorial	MIMOSA N5-45X4	1	\$375	\$375
Antena Parabólica	MIMOSA N5-X25	7	\$215	\$1505
NID (NETWORK INTERFACE DEVICE)	Ubiquiti Ethernet Surge Protector ETH-SP-G2	10	\$23	\$230
Antena de Alta Ganancia	Jirous JRC-35DD	1	\$275	\$275
TOTAL				\$5570

Costos de Infraestructura

Para el costo de la infraestructura se analizó en base a valores aproximados tanto en el arriendo de la torre del cerro de Cananvalle, y una posible construcción de una nueva torre de telecomunicaciones, así como los precios por el uso de frecuencias.

Tabla 18. Descripción y precios de infraestructura

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
Arriendo Torre de Cananvalle	\$750
Construcción de Nueva Torre de Telecomunicaciones	\$80000
Uso de Frecuencias	\$137.28
Total	\$80887,28

Costos de Mano de Obra

Tomando en cuenta que, para una posible implementación del sistema, se requiera de 4 técnicos con experiencia, y que el tiempo de implementación del proyecto se lleve a cabo en 3 meses. Para obtener el precio de mano de obra, nos basamos en el sueldo promedio de un técnico con experiencia en telecomunicaciones, que según el ministerio del trabajo puede estar entre \$900 y \$1200.

Tabla 19. Descripción y salario del personal

DESCRIPCION	PERSONAL	SALARIO INDIVIDUAL
Costo de Mano de Obra	4	\$1000
Total		\$4000

Presupuesto total

Una vez analizado los distintos costos el presupuesto total se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 20. Presupuesto final del proyecto

Descripción	Precio
Costos de Equipos	\$5570
Costos de Infraestructura	\$80887,28
Mano de Obra	\$4000
TOTAL	\$90457.28

CONCLUSIONES

- La conectividad de datos y acceso a internet en los refugios del Nevado Cayambe presentaron serias deficiencias como lo demuestra el análisis de condiciones actuales. Las pruebas realizadas muestran una velocidad de descarga insuficiente (2.1Mbps), y una latencia de carga alta (713ms), lo que afecta gravemente la navegación web y la transmisión de datos. A pesar de contar con una red 4G, la señal no satisface las necesidades de los usuarios tanto locales como turistas. Esto subraya la necesidad urgente de mejorar la infraestructura de conectividad y desarrollar un diseño de red que cubra las demandas actuales.
- El análisis comparativo de tecnologías para optimizar la conectividad en los refugios del Nevado Cayambe concluye que los enlaces microondas son la opción mas eficiente. Ofrece altas velocidades, estabilidad de señal y la capacidad de cubrir grandes distancias superando tecnologías como fibra óptica, redes móviles y satelitales. Aunque requieren de línea de vista y pueden verse afectados por el clima, su durabilidad y rendimiento los convierte en una solución más adecuada para entornos remotos, compensado su costo de implementación.
- El análisis económico del proyecto concluye que la solución más viable es la implementación de un radioenlace, con un costo total de \$90457.28. Este valor incluye los costos de equipos, infraestructura y mano de obra especializada. Aunque el costo inicial es significativo, la inversión en infraestructura robusta y personal capacitado garantizará una solución duradera y eficiente, que mejore la conectividad en la zona. La relación costo-beneficio sugiere que esta solución es la opción optima frente a otras alternativas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una mejora integral de la infraestructura de conectividad en la zona mediante la implementación de tecnologías más avanzadas que aborde las deficiencias actuales, de modo que satisfagan las necesidades de los usuarios locales y turistas, garantizando así un acceso a internet más eficiente y una conexión estable.
- Se recomienda priorizar la implementación de enlaces microondas para optimizar la conectividad en los refugios, dado su capacidad de ofrecer altas velocidades y cubrir grandes distancias. Además, es crucial prever medidas que mitiguen posibles interrupciones por condiciones climáticas adversas, asegurando así una instalación eficiente y una conectividad de alta calidad y durabilidad.
- Se recomienda planificar una implementación gradual del radioenlace para optimizar los costos y asegurar la sostenibilidad financiera del proyecto. Además, es fundamental capacitar al personal técnico para garantizar el mantenimiento adecuado de la infraestructura, asegurando una solución duradera y eficiente.

REFERENCIAS

- Alfonso, R. A., Reinoso, N. G., & Ortega, A. R. (2021). Promoción turística en una herramienta web para el Cantón Bolívar, Ecuador. *ECA Sinergia*, 8(1), 61-74.
- Almendros, C., Carrobles, J., Carballeira, A., Gámez-Guadix, M., Saldaña, O., García-Sánchez, R., & Salazar, N. (2012). Fiabilidad test-retest y validez diagnóstica de la Escala de Abuso Psicológico en Grupo—GPA-S [Test-retest reliability and diagnostic validity of the Group Psychological Abuse Scale—GPA-S]. *International Journal of Cultic Studies*, 3, 35-48.
- Arenas-Escaso, J. F., Folgado-Fernández, J. A., & Palos-Sánchez, P. R. (2022). Digital Free Tourism (DFT) o desconectar para volver a conectar: Una oportunidad económica y turística. *Suma de Negocios*, 13(28), 39-49.
- Cánovas, L. P. L., Cánovas, L. B. L., & Forcelledo, A. H. (2018). Telemedicina, impacto y perspectivas para la sociedad actual. *Universidad Médica Pinareña*, 14(3), 1-15.
- Castells, M. (2024, enero 24). El impacto de internet en la sociedad: Una perspectiva global. *OpenMind*. <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-impacto-de-internet-en-la-sociedad-una-perspectiva-global/>
- Cifuentes Avedaño, J. (2022, julio 27). *¿Cómo funciona el Internet Satelital?* <https://es.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-funciona-el-internet-satelital-cifuentes-avenda%C3%B1o->

- Córdova Sandoval, A. J. (2019). *Diseño de red de radioenlaces vía microondas para acceso al servicio de Internet a los pueblos más alejados del distrito de Tambogrande*.
- Cruz Pérez, M. A., Pozo Vinuesa, M. A., Aushay Yupangui, H. R., Arias Parra, A. D., Cruz Pérez, M. A., Pozo Vinuesa, M. A., Aushay Yupangui, H. R., & Arias Parra, A. D. (2019). Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) como forma investigativa interdisciplinaria con un enfoque intercultural para el proceso de formación estudiantil. *E-Ciencias de la Información*, 9(1), 44-59. <https://doi.org/10.15517/eci.v1i1.33052>
- Emerzon. (2023, julio 20). *Cómo funcionan las torres celulares para mantenerlo conectado* [ARTICULO]. DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA INALÁMBRICA. <https://www.ni.com/es/solutions/semiconductor/wireless-infrastructure-development/how-cell-towers-work.html>
- Flores, A. (2022, febrero 6). ▷ Como funciona la fibra optica | consultado julio 2024. *Quenotepilleeltoro*. <https://quenotepilleeltoro.es/tecnologia/como-funciona-la-fibra-optica/>
- Huertas Cardozo, N. C. (2019). Turismo rural comunitario como una propuesta metodológica de Innovación Social para comunidades en conflicto. Caso Montes de María [Ph.D. Thesis, Universitat de Girona]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <https://www.tdx.cat/handle/10803/378657>

Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, M. de T. y de la S. de la I. (2019, mayo 17). *DESCUBRE LOS BENEFICIOS DE LA FIBRA ÓPTICA – Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información*. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/descubre-los-beneficios-de-la-fibra-optica/>

Ministerio de Turismo. (2021, febrero 26). *CAYAMBE ES LA SEGUNDA LOCALIDAD DE PICHINCHA QUE RECIBE LA DECLARATORIA DE PUEBLO MÁGICO – Ministerio de Turismo*. <https://www.turismo.gob.ec/cayambe-es-la-segunda-localidad-de-pichincha-que-recibe-la-declaratoria-de-pueblo-magico/>

Montes, G. (2022). METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE DISEÑO Y REALIZACIÓN DE ENCUESTAS EN EL ÁREA RURAL. *Temas Sociales*, 21, 39-50.

Refugios de altura. (2019, octubre 15). El Universo. <https://www.eluniverso.com/entretenimiento/2016/10/15/nota/5853937/refugios-altura>

ruge.axessnet. (2023, octubre 26). Espectro electromagnético y su aplicación en Latinoamérica. *axessnet*. <https://axessnet.com/el-espectro-electromagnetico-en-comunicaciones-y-su-asignacion-en-latinoamerica/>

Sempértegui, B. (2022, mayo 27). La brecha digital influye en el desarrollo económico del país. *Conexion PUCE*. <https://conexion.puce.edu.ec/la-brecha-digital-influye-en-el-desarrollo-economico-del-pais/>

- Telectrónica. (2018, junio 11). ▷ *Capítulo IV: Planificación de radioenlaces de microondas*. Telectrónica. <https://www.telectronika.com/articulos/radio-enlaces/planificacion-de-radioenlaces-de-microondas/>
- Tercero Carrasco, M. A., & Rivera Morales, R. N. (2023). *Diseño de interconexión para enlace de microondas punto a punto entre las comunidades de San Carlos y el Archipiélago de Solentiname* [Other, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/5398/>
- Toledo, T. (2019, noviembre 8). Radio Enlace WIFI punto a punto = Internet de alta velocidad. *Telecomunicaciones, Ciberseguridad y Marketing Digital*. <https://www.twintelcom.com/internet-por-radio-enlace-wifi-que-es-como-funciona/>
- Uribe, I. (2022, septiembre 28). El Turismo Digital y la transformación del ecosistema turístico. *Secmotic*. <https://secmotic.com/turismo-digital/>
- Viloria Núñez, C., Cardona Peña, J., & Lozano Garzón, C. (2019). Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina. *Ingeniería y Desarrollo*, 25, 200-217.
- Volcán Cayambe—Ecuador*. (s. f.). Cayambe.com. Consultado 13 de mayo de 2024, de <https://www.cayambe.com/>

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta dirigido a turistas que visitan los refugios del Nevado Cayambe

ENCUESTA

Objetivo: Determinar el perfil y preferencias de los turistas que visitan los refugios del Nevado Cayambe.

Estimado () turista le invitamos a responder las preguntas de esta encuesta de forma honesta y sincera. Su participación es fundamental para entender sus preferencias y expectativas en relación con los refugios del Nevado Cayambe y la importancia en relación con la conectividad. La información recopilada será clave para tomar decisiones que nos permita mejorar y ofrecer una experiencia aún más satisfactoria en sus futuras visitas

Instrucciones: Por favor marque con una X en donde corresponda y conteste en el lugar necesario.

1. DATOS

1.1.Género:

- a. Masculino () b. Femenino () c. LGTBIQ+ ()

1.2.Edad:

- a. Entre 18-29 años ()
b. Entre 30-59 años ()
c. Más de 60 años ()

1.3.Lugar de origen ciudad o país:

¿Cual?.....

1.4.Estado Civil:

- a. Soltero/a () b. Casado/a () c. Divorciado/a () d. Viudo/a ()
e. Unión libre ()

2. ESTRUCTURA SOCIOECONÓMICA

2.1.Escriba la cifra de ingresos mensuales

Monto.....USD

2.2.A lo largo del año ¿Cuán a menudo participa en actividades turísticas?

- a. Una vez ()
- b. Dos veces ()
- c. Mas de 3 veces ()

2.3.¿Qué fracción de sus ingresos anuales destina para hacer turismo?

Monto.....USD

3. ZONA LOCAL CAYAMBE

3.1.¿Cuántas veces ha visitado los refugios del Nevado Cayambe?

- a. Una vez ()
- b. Dos a tres veces ()
- c. Mas de cuatro veces ()

3.2.Describa los servicios que ofrecen los refugios

.....
.....
.....

3.3.¿Cómo se informó de los refugios del Nevado Cayambe?

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| a. Internet () | e. Publicidad () |
| b. Revista () | f. Radio () |
| c. Noticias () | g. Amigos () |
| d. Agencia de viajes () | h. Otro () |

3.4.¿Por qué decidió visitar y hospedarse en los refugios del Nevado Cayambe?

- | | |
|---------------------|------------------|
| a. Paisajes () | d. Cultura () |
| b. Experiencias () | e. Servicios () |
| c. Precios () | f. Estadía () |

EXPERIENCIA GENERAL EN EL REFUGIO

3.5.¿Qué tan satisfecho/a esta con su experiencia en los refugios?

- a. Muy satisfecho ()
- b. Satisfecho ()
- c. Neutral ()
- d. Insatisfecho ()

3.6.¿Qué tan importante es para Ud tener acceso a internet durante su estancia en los refugios?

- a. Muy importante ()
- b. Importante ()
- c. Neutral ()
- d. No es importante ()

3.7.¿Para qué actividades utilizaría el internet? Seleccione las que corresponda

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| a. Navegación () | e. Subir contenido multimedia () |
| b. Redes sociales () | f. Comunicación () |
| c. Videollamadas () | g. Otro..... () |
| d. Consulta de mapas o rutas () | |

3.8. Si ha tenido acceso a internet en otros refugios de montaña. ¿Cómo calificaría la calidad y estabilidad de conexión de los refugios del Nevado Cayambe?

- a. Excelente ()
- b. Buena ()
- c. Regular ()
- d. Mala ()
- e. Muy Mala ()

3.9. ¿Cómo afectaría su experiencia en los refugios con disponibilidad de una buena conexión a internet y datos?

- a. Mejoraría mucho ()
- b. Mejoraría poco ()
- c. No afectaría ()
- d. Preferiría no tener conectividad ()

Anexo 2: Listado de equipos y características para su implementación



BILL OF MATERIALS

for richardstalynlabre@gmail.com:Cananvalle-Cayambe on Aug 28, 2024

Summary

Mimosa

Product	Vendor	P/N	Qty
A5c	Mimosa	100-00037	1
B5c	Mimosa	100-00014	2
C5x	Mimosa	100-00085	7
Gigabit POE N.AM	Mimosa	502-00022	7
N5-45 x4	Mimosa	100-00084	1
N5-X25	Mimosa	100-00089	7
NID	Mimosa	100-00039	10

Other

Product	Vendor	P/N	Qty
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			
34.0 dBi Antenna compatible with B5c			
Gigabit L2/L3 Switch			

CANANVALLE

Cananvalle-Cayambe

Product	Vendor	P/N	Qty
34.0 dBi Antenna compatible with B5c			
B5c	Mimosa	100-00014	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

2X8H+6V PAQUIESTANCIA, ECUADOR

⦿ CPE_1

Product	Vendor	P/N	Qty
C5x	Mimosa	100-00085	1
N5-X25	Mimosa	100-00089	1
Gigabit POE N.AM	Mimosa	502-00022	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

2X6H+9P PAQUIESTANCIA, ECUADOR

⦿ CPE_2

Product	Vendor	P/N	Qty
C5x	Mimosa	100-00085	1
N5-X25	Mimosa	100-00089	1
Gigabit POE N.AM	Mimosa	502-00022	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

2X4H+89 SARAYO, ECUADOR

⦿ CPE_3

Product	Vendor	P/N	Qty
C5x	Mimosa	100-00085	1
N5-X25	Mimosa	100-00089	1
Gigabit POE N.AM	Mimosa	502-00022	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		

⦿ CPE_4

Product	Vendor	P/N	Qty
C5x	Mimosa	100-00085	1
N5-X25	Mimosa	100-00089	1
Gigabit POE N.AM	Mimosa	502-00022	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

2X4M+82 SARAYO, ECUADOR

⦿ CPE_5

Product	Vendor	P/N	Qty
C5x	Mimosa	100-00085	1
N5-X25	Mimosa	100-00089	1
Gigabit POE N.AM	Mimosa	502-00022	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

2X5Q+34 SARAYO, ECUADOR

⦿ CPE_6

Product	Vendor	P/N	Qty
C5x	Mimosa	100-00085	1
N5-X25	Mimosa	100-00089	1
Gigabit POE N.AM	Mimosa	502-00022	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

2X6J+XX PAQUIESTANCIA, ECUADOR

📍 CPE_7

Product	Vendor	P/N	Qty
C5x	Mimosa	100-00085	1
N5-X25	Mimosa	100-00089	1
Gigabit POE N.AM	Mimosa	502-00022	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

REFUGIOS

📍 Cananvalle-Cayambe

Product	Vendor	P/N	Qty
34.0 dBi Antenna compatible with B5c			
B5c	Mimosa	100-00014	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

📍 Clientes de los Refugios

Product	Vendor	P/N	Qty
N5-45 x4	Mimosa	100-00084	1
A5c	Mimosa	100-00037	1
NID	Mimosa	100-00039	1
CAT6 STP Ethernet Cable (like Shireen DC-2021)	Shireen		
10 AWG Ground (Earth) Wire			

Anexo 3: Prueba-Retest

1. Diseño del Instrumento

Cuestionario: Se realizó un cuestionario de 10 preguntas acerca de la satisfacción de los visitantes con el acceso a internet en los refugios. Las preguntas incluyen la velocidad de conexión, cobertura, facilidad, calidad en general, seguridad y experiencia de uso.

2. Selección de la muestra

Muestra: Se aplica una muestra de 10 visitantes actuales en los refugios del Nevado Cayambe, corroborando el perfil de cada uno como personal del refugio, visitantes, locales, etc.

3. Primera etapa (Prueba)

Administración: Se aplica el cuestionario a las 10 personas de manera que respondan de forma sincera y enfocada.

4. Tiempo de espera

Periodo: Se espera un lapso de 2 a 3 semanas para volver aplicar el cuestionario. Este tiempo es suficiente para que las personas no recuerden exactamente sus respuestas y vuelva a ser evaluadas de acuerdo a sus precepciones.

5. Segunda etapa (Retest)

Administración: Se vuelve aplicar el cuestionario a las 10 personas con las mismas condiciones y formato que se aplica la primera vez.

6. Análisis de los resultados

Comparación: Se realiza la comparación de las respuestas con su nivel de rangos evaluado por cada participante en la primera y segunda etapa, aplicando el coeficiente de Pearson se obtiene un valor de 0.85.

7. Interpretación

Correlación: De acuerdo al resultado el coeficiente indica una alta consistencia entre las dos administraciones del cuestionario. Esto denota que tiene una buena fiabilidad test-retest y mide la satisfacción con el acceso a internet de manera consistente.

Conclusión

La prueba retest muestra la fiabilidad del cuestionario sobre la satisfacción de los visitantes con el acceso a internet en los refugios, puesto que los resultados obtenidos y las dos etapas son altamente consistentes. Indica que el instrumento es capaz de medir las percepciones de los usuarios sobre el acceso a internet en los refugios de manera estable, lo que refuerza la validez del cuestionario y aumenta la confiabilidad en los resultados sobre las mejoras en la infraestructura de la red.

Cuestionario de satisfacción del acceso a internet en los refugios del Nevado Cayambe

Instrucciones: Por favor, lea atentamente cada pregunta y responda basado en su propio criterio y experiencia con el acceso a internet durante su estancia en los refugios del Nevado Cayambe, marque la opción que refleje su nivel de conformidad.

Escala de respuestas

1. Completamente insatisfecho
2. Insatisfecho
3. Neutral
4. Satisfecho
5. Completamente satisfecho

Preguntas

1. ¿Qué tan satisfecho está con la velocidad de conexión a internet?
1() 2() 3() 4() 5()
2. ¿Con qué frecuencia experimenta interrupciones en la conexión?
1() 2() 3() 4() 5()
3. ¿Qué tan satisfecho/a está con la cobertura de internet dentro del refugio?

- 1() 2() 3() 4() 5()
4. ¿El acceso a internet estaba disponible cuando lo requería?
1() 2() 3() 4() 5()
5. ¿Le resultó fácil conectarse a la red de internet del refugio?
1() 2() 3() 4() 5()
6. ¿Cómo evaluaría el soporte técnico disponible para solventar los problemas de conexión?
1() 2() 3() 4() 5()
7. ¿Evalué la calidad general del servicio de internet en el refugio?
1() 2() 3() 4() 5()
8. ¿Está de acuerdo con la relación calidad-precio del servicio a internet que ofrece el refugio?
1() 2() 3() 4() 5()
9. ¿Qué tan seguro/a se sintió al estar conectado a internet en el refugio?
1() 2() 3() 4() 5()
10. ¿Qué tan satisfecho/a esta de manera general con el servicio de internet utilizado en el refugio?
1() 2() 3() 4() 5()

Tabla 21. Recolección de evaluación de respuestas

	Test	Retest			
Preguntas	X	Y	X²	Y²	XY
1	1	2	1	4	2
2	2	2	4	4	4
3	1	2	1	4	2
4	0	1	0	1	0
5	2	3	4	9	6
6	1	2	1	4	2
7	3	3	9	9	9
8	4	3	16	9	12
9	2	3	4	9	6
10	3	3	9	9	9
Total	19	24	49	62	52

Nota: elaboración propia, RC 2024

El coeficiente de correlación es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

$$r = \frac{(10)(52) - (19)(24)}{\sqrt{(10)(49) - (19)^2} \sqrt{(10)(62) - (24)^2}}$$

$$r = 0.849$$