



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Trabajo de Titulación como requisito previo para la obtención del título de
Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y Administración de TI

**DISEÑO DE COBERTURA DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN PARA LOS
OPERADORES Y TÉCNICOS CASO PROYECTO HUAYCO MACHAY DE LA EMAPAAC-EP,
AÑO 2023.**

Autor: Luis Fabián Quishpe Tutillo

Director: José Rafael Almeida Galarraga

Quito, 5 de mayo de 2023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Luis Fabián Quishpe Tutillo, con C.C. 1719298208, autor del trabajo de graduación titulado: “DISEÑO DE COBERTURA DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN PARA LOS OPERADORES Y TÉCNICOS CASO PROYECTO HUAYCO MACHAY DE LA EMAPAAC-EP, AÑO 2023.”, previa la obtención del título profesional de Magíster en Tecnologías de la Información con mención en Gestión y Administración de TI, en la Facultad de Ingeniería.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENECYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos del autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Director (a) – Tutor (a) del Trabajo de Posgrado Titulado: “DISEÑO DE COBERTURA DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN PARA LOS OPERADORES Y TÉCNICOS CASO PROYECTO HUAYCO MACHAY DE LA EMAPAAC-EP, AÑO 2023.”, presentado por el maestrante LUIS FABIÁN QUISHPE TUTILLO, titular de la Cédula de Identidad N.º 1719298208 para optar al Grado de Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y Administración de TI, considero que dicho Trabajo de Investigación reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte de los Lectores – Evaluadores que se designen para tal fin por parte de las autoridades de la Facultad de Ciencias de la Educación.

En la ciudad de Quito, a los 5 días de mayo de 2023

José Rafael Almeida Galarraga C.C. 1715430078

jralmeidag@puce.edu.ec

NRO TELEFONO: 0984229839

NOTA:

Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: 6 % índice de similitud con otras fuentes.

TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE

DISEÑO DE COBERTURA DE UN SISTEMA DE
RADIOCOMUNICACIÓN

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

7%

★ repositorio.puce.edu.ec

Internet Source

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. Introducción.....	13
1.2. Justificación.....	14
1.3. Antecedentes.....	15
1.4. Planteamiento del Problema	15
1.5. Objetivos.....	17
1.5.1. Objetivo General	17
1.5.2. Objetivos Específicos	17
CAPÍTULO II - FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1. Comunicación.....	18
2.1.1. Comunicación Simplex	18
2.1.2. Comunicación Half Dúplex / Semi Dúplex.....	19
2.1.4. Comunicación Inalámbrica.....	19
2.2. Radiocomunicaciones	19
2.2.1. Origen de las Radiocomunicaciones	20
2.2.2. Principios de Radiocomunicaciones	21
2.3. Espectro Electromagnético.....	21
2.3.1. Ondas Electromagnéticas	21
2.3.2. Banda de frecuencia VHF	23
2.3.3. Banda de frecuencia UHF	23
2.3.4. Propagación de Ondas	24
2.3.5. Zona de Fresnel.....	27
2.4. Elementos de un Sistema de Radiocomunicación.....	27
2.4.1. Radio	28
2.4.2. Repetidor	28

2.4.3. Antena.....	29
2.4.4. Duplexor	29
2.5. Estandarización y Regulación	29
2.5.1. Unión Internacional de Telecomunicaciones – ITU.....	29
2.5.3. Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información - MINTEL	30
2.5.2. Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones - ARCOTEL	31
CAPÍTULO III - METODOLOGÍA	32
3.1. Método de Investigación.....	32
3.1.1. Tipo de Investigación.....	32
3.1.2. Diseño de Investigación	33
3.1.3. Unidades de Estudio.....	34
3.1.4. Técnica e instrumentos de Recolección de Datos	35
3.1.5. Técnica de Análisis de Datos.....	36
3.1.6. Operacionalización de Variables	37
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	38
4.1. Situación actual de los sistemas de comunicación en el proyecto Huayco Machay.....	38
4.1.1. Encuesta.....	38
4.1.2. Análisis de los datos.....	39
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	42
5.1. Diseño del Sistema de Radiocomunicación.....	42
5.1.1. Análisis de ubicación de estaciones.....	42
5.1.2. Infraestructura de telecomunicaciones y eléctrica.....	52
5.1.3. Selección de equipos para el sistema de radiocomunicación.....	56
5.1.4. Simulación de enlace y cobertura del sistema de radiocomunicación	61
5.2. Resumen de equipos para el sistema de radiocomunicación	69
5.3. Análisis de Costos.....	71
5.3.1. Estación de Carrera	71

5.3.2. Estación de Pisambilla	73
5.3.3. Estación de San Juan Urco	74
5.3.4. Costo del Sistema.....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
6.1. Conclusiones.....	77
6.2. Recomendaciones	78
REFERENCIAS	79
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de Bandas de frecuencia	22
Tabla 2: Capítulos de la ITU.....	30
Tabla 3: Ubicación del Proyecto.....	33
Tabla 4: Características de las Unidades de Estudio para la Encuesta	35
Tabla 5: Herramientas Utilizadas en el Proyecto para la herramienta de la Encuesta	36
Tabla 6: Propuesta de análisis de ubicación de estaciones.....	42
Tabla 7: Características de los sitios	45
Tabla 8: Definición de sitios para diseño del Sistema de Radiocomunicación.....	48
Tabla 9: Shelter	52
Tabla 10: Gabinete	53
Tabla 11: Características del sistema eléctrico convencional	54
Tabla 12: Características del sistema de energía fotovoltaica.....	55
Tabla 13: Características del sistema de pararrayos y tierra	56
Tabla 14: Descripción de Radio Móvil Motorola DEM 400.....	57
Tabla 15: Descripción de Radio Portátil Motorola DEP 450	57
Tabla 16: Radio Force 300 Series	58
Tabla 17: Repetidor Motorola Digital VHF	59
Tabla 18: DUPLEXOR Sinclair Q2220E.....	60
Tabla 19: Antena	61
Tabla 20: Herramientas complementarias para el diseño y simulación de cobertura	61
Tabla 21: Parámetros de enlace 1: Carrera - Pisambilla	62
Tabla 22: Parámetros de enlace 2: Pisambilla – San Juan Urco.....	64
Tabla 23: Parámetros de Cobertura	66
Tabla 24: Equipos y materiales para el sistema de radiocomunicación VHF.....	69
Tabla 25: Análisis de Costos de Estación Carrera	72
Tabla 26: Análisis de Costos de Estación Pisambilla	73
Tabla 27: Análisis de Costos de Estación San Juan Urco	74
Tabla 28: Costo Total del Sistema de Radiocomunicación.....	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Perspectiva Satelital del Proyecto Huayco Machay	16
Figura 2: Proceso de Comunicación	18
Figura 3: Esquema del aparato generador de ondas electromagnéticas construido por Hertz.	20
Figura 4: Propagación de ondas eléctricas y magnéticas	22
Figura 5: Propagación de ondas con antena ideal.....	24
Figura 6: Reflexión de una señal	25
Figura 7: Absorción de una señal.....	25
Figura 8: Dispersión de una señal	26
Figura 9: Refracción de una señal.....	26
Figura 10: Difracción de una señal	27
Figura 11: Zona de Fresnel	27
Figura 12: Radio Mobil	28
Figura 13: Repetidor de radiocomunicación	28
Figura 14: Análisis de la pregunta 1	39
Figura 15: Análisis de la pregunta 2	40
Figura 16: Análisis de la pregunta 3	40
Figura 17: Análisis de la pregunta 4	41
Figura 18: Análisis de la pregunta 5	41
Figura 19: Propuesta de los sitios para instalación de las estaciones	44
Figura 20: Sitio Carrera	49
Figura 21: Acceso de Sitio Carrera	49
Figura 22: Sitio San Juan Urco	50
Figura 23: Acceso de Sitio San Juan Urco	50
Figura 24: Sitio Pisambilla	51
Figura 25: Acceso al Sitio Pisambilla	51
Figura 26: Infraestructura de telecomunicaciones	52
Figura 27: Simulación de Enlace 1: Carrera - Pisambilla – Radio Mobile.....	64
Figura 28: Simulación de Enlace 1: Carrera - Pisambilla – Google Earth	64
Figura 29: Simulación de Enlace 2: Pisambilla – San Juan Urco – Radio Mobile.....	65
Figura 30: Simulación de Enlace 2: Pisambilla – San Juan Urco – Google Earth.....	66
Figura 31: Simulación de Cobertura Estación Carrera – Radio Mobile	67
Figura 32: Simulación de Cobertura Estación San Juan Urco – Radio Mobile.....	68
Figura 33: Simulación de Cobertura de Estación Carrera y San Juan Urco – Radio Mobile.....	68

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN
Y ADMINISTRACIÓN DE TI

**DISEÑO DE COBERTURA DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN PARA LOS
OPERADORES Y TÉCNICOS CASO PROYECTO HUAYCO MACHAY DE LA EMAPAAC-EP,
AÑO 2023.**

Autor: Luis Fabián Quishpe Tutillo
Director -Tutor: José Rafael Almeida Galarraga
Fecha: 05 de mayo de 2023

RESUMEN

En el presente de trabajo de titulación se expone el Diseño de un Sistema de Radiocomunicación dirigida al personal técnico, mantenimiento y operación del Proyecto Huayco Machay, que administra la EMAPAAC-EP. Considerando los sistemas digitales de comunicación, en el desarrollo de este trabajo se realizará una investigación aplicada, porque, tiene como objetivo realizar una propuesta que pueda implementar la organización en el futuro; para ello, también se optó por una metodología con enfoque cuantitativa, con la intención de verificar la necesidad de comunicación en el sistema de agua potable para Cayambe. El trabajo comprende en diseñar un sistema para mitigar los problemas de telecomunicaciones mediante un sistema de radiocomunicación digital VHF, esto permitirá mejorar la eficiencia en el mantenimiento, operación del Proyecto Huayco Machay y salvaguardar la seguridad de los operarios; complementariamente, se genera la comprobación de la propuesta mediante simulación con el software Radio Mobile de enlaces y cobertura de interés de la organización, y la evaluación de los costos de equipos e implementación del sistema propuesto para la EMAPAAC-EP.

Palabras clave:

Radiocomunicación, telecomunicaciones, zona de Fresnel, comunicación inalámbrica, radio de dos vías.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN
Y ADMINISTRACIÓN DE TI

TITULO DEL TRABAJO EN INGLÉS

Autor: Luis Fabián Quishpe Tutillo

Director -Tutor: José Rafael Almeida Galarraga

Fecha: 05 de mayo de 2023

ABSTRACT

In the present degree work, the Design of a Radiocommunication System addressed to the technical, maintenance and operation personnel of the Huayco Machay Project administered by EMAPAAC-EP is exposed, considering digital communication systems. In the development of this work, applied research will be carried out, because its objective is to make a proposal that the organization can implement in the future; For this, a methodology with a quantitative approach was also chosen, with the intention of verifying the need for communication in the drinking water system for Cayambe. The work includes designing a system to mitigate telecommunications problems through a VHF digital radio communication system, this will improve efficiency in maintenance, operation of the Huayco Machay Project and safeguard the safety of operators; Complementarily, the verification of the proposal is generated through simulation with the Radio Mobile software of links and coverage of interest to the organization, and the evaluation of the equipment costs and implementation of the system proposed for the EMAPAAC-EP.

Keywords: Radio communication, telecommunications, Fresnel zone, wireless communication, two-way radio.

CAPÍTULO I – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Introducción

La ciudad de Cayambe recibió en el último trimestre del año 2022, una importante obra de Agua Potable denominada Proyecto Huayco Machay, que subsanará el déficit de líquido vital en la cabecera cantonal. Esta obra se ejecutó por el Gobierno Autónomo Descentralizado Plurinacional e Intercultural del Municipio de Cayambe – GADIP-MC, y posteriormente traspasada a la Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Aseo Cayambe - EMAPAAC-EP para su administración, operación y mantenimiento.

El Proyecto Huayco Machay abastecerá con 297 l/s a la población urbana del cantón, la obra se extiende desde el pie del Glaciar del Nevado Cayambe de la parte sur oriental del mismo, mediante una línea de conducción de 27 km a lo largo de la reserva ecológica Cayambe – Coca y la parroquia de Juan Montalvo.

Este trabajo se basa en la necesidad de la EMAPAAC-EP realizar la investigación, estudio y análisis del territorio donde se encuentra ejecutado el Proyecto de Huayco Machay (línea de conducción y bocatomas), porque en los sectores mencionados la comunicación móvil, redes de internet, líneas telefónicas, vías para vehículos y aéreas son inaccesibles.

Este proyecto se enfoca en brindar un diseño de comunicación, para la operación, mantenimiento y casos de emergencias del Proyecto, es decir, que este sistema debe estar habilitado para el personal de la EMAPAAC-EP, con este particular la solución será de uso exclusivo de la institución antes descrita.

El gran avance tecnológico que ha tenido las telecomunicaciones, y más en el segmento de las comunicaciones inalámbricas, y entre ellas se encuentran los sistemas de radiocomunicación orientados a una comunicación móvil y privada. De esta manera, se pueden comunicar mediante la voz en la zona de cobertura de manera fiable y segura.

El diseño del sistema de radiocomunicación se basará en la transmisión mediante ondas electromagnéticas, que se propagan en el aire sin ninguna guía, más que la dirección y ganancia de propagación de la antena, y cuyo límite superior de frecuencia es 300 GHz, el cual es supervisado y controlado mediante la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones - ARCOTEL. El proyecto definirá la factibilidad técnica del servicio (comunicación, y electricidad).

1.2. Justificación

La ciudad de Cayambe viene acarreado un déficit de agua Potable por más de 20 años, debido al gran crecimiento población de las últimas tres décadas, producido por el incremento de fuentes de trabajo ocasionales por la florícolas del sector, migración de distintos puntos del país, calentamiento global y al desabastecimiento de las fuentes actuales. Ocasionando mayor demanda en el servicio de líquido vital. En consecuencia, se crea un proyecto de gran envergadura denominado Huayco Machay, las fuentes se encuentran a una altura aproximada de 4200 metros sobre el nivel del mar en las faldas del nevado de la localidad, para solventar de líquido vital en la ciudad de Cayambe, se amplía con 297 l/s a la red de distribución de agua potable de la EMAPAAC-EP, garantizando este servicio por más de 30 años a los pobladores con un crecimiento ordenado.

La EMAPAAC-EP está obligada a realizar la operación, monitoreo y mantenimiento de todos los sistemas de agua potable de la ciudad de Cayambe, que comprende fuentes de agua, sistema de conducción, planta de tratamiento, y líneas de distribución esto hace referencia desde la bocatoma hasta la entrega del servicio en los hogares de los cayambeños. En estos sistemas, se encuentra incluido el Proyecto Huayco Machay y el de mayor importancia para el casco urbano. La institución realiza un excelente trabajo en las zonas cercas a la ciudad en las actividades encomendadas, gracias al despliegue de cobertura de comunicación en los procesos de tratamiento y líneas de distribución; pero para enfrentar el reto de esta nueva obra, donde las fuentes o bocatomas y el sistema de conducción se encuentra construida en sectores de difícil acceso, y el despliegue de las redes comunicaciones electrónicas nulas. Se genera la necesidad de diseñar un sistema que permita una comunicación constante entre los operarios y técnicos, para el buen desenvolvimiento de las funciones y precautelar la vida humana en esta difícil tarea.

Las fuentes y el sistema de conducción del Proyecto Huayco Machay se encuentran en una zona de reserva ecológica Cayambe-Coca, y por ende no existe carreteras para vehículos, adicionalmente su particular topografía, hace que el acceso sea dificultoso, las comunicaciones son nulas y por ende se colocan en peligro a los trabajadores. La comunicación debe ser constante entre el personal de campo y los técnicos encargados de la Unidad de Calidad de Agua de la EMAPAAC-EP, para tomar decisiones en caso de que haya una avería, derrumbes, y emergencias del personal y en las fuentes o sistema de conducción.

La radiocomunicación en eventos de emergencias y operación, permitirá realizar una respuesta rápida, eficiente, y adecuada. Permitiendo actuar de mejor manera frente a cualquier eventualidad, reduciendo el impacto de los incidentes que pueden suceder en la infraestructura y el personal. Mejorando la calidad de

vida de los cayambeños y la operatividad de los sistemas de agua potable de Cayambe.

1.3. Antecedentes

En la actualidad las comunicaciones móviles se encuentran en gran auge, y la mayoría de la información que recibimos es mediante ellas, estas pueden ser públicas como CDMA, GSM, UMTS, WCDMA, LTE, 4G, etc. También se tiene sistemas privados conocidos como PMR (Private Mobile Radio), lo cuales están orientados para instituciones públicas y privadas como de servicios, emergencia, seguridad, transporte, etc. Pese al gran adelanto de la tecnología el Ecuador, y por ende Cayambe, el cantón no tiene una cobertura total de los servicios de telecomunicaciones para solventar las necesidades de la EMAPAAC-EP, frente a los nuevos desafíos institucionales.

Los sistemas de radiocomunicación son herramientas fundamentales para el buen desenvolvimiento de los trabajos en campo, como operación, monitoreo y mantenimiento para brindar un servicio de calidad a la ciudadanía. Esta prestación solamente tiene una cobertura en el centro de la ciudad abarcando la Planta de Tratamiento de Huayco Machay y la red de distribución, pero como se mencionaba anteriormente no existe cobertura de telefonía celular, telefonía fija y de radiocomunicación en el Sistema de Conducción y la Bocatoma. Este problema existe por el bajo presupuesto institucional, y el no cumplimiento de la política pública de invertir en telecomunicaciones en la parte rural del país.

La Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Aseo Cayambe trabajan mediante la red telefónica móvil para el centro de la ciudad, y las demás instituciones municipales lo realizan mediante un sistema de radiocomunicación convencional mediante VHF, con tecnología analógica y digital, pero ninguna de ellas posee un sistema que opere en la red de conducción y bocatomas del Proyecto Huayco Machay por su difícil acceso. En consecuencia, para la EMAPAAC-EP, se debe realizar un diseño del sistema de comunicación integral en la parte urbana como los sitios de interés de la institución (línea de conducción), para mantener una comunicación de todo el proceso de agua potable de la ciudad, por tal motivo la solución debe enfocarse en cubrir las necesidades de la empresa y potenciar el buen trabajo que realizan los colaboradores de la misma.

1.4. Planteamiento del Problema

El Proyecto Huayco Machay, se encuentra ubicado a lo largo de reserva ecológica Cayambe – Coca y la parroquia de Juan Montalvo en la provincia de Pichincha, a las faldas del Nevado Cayambe de la parte sur oriental del mismo. La línea de conducción tiene una extensión aproximada de 27 kilómetros, donde se

transportarán 297 l/s de agua hasta la parte urbana del cantón. La planta de tratamiento y la red de distribución cuenta con comunicaciones habilitadas por su cercanía con la ciudad, como telefonía móvil e internet. La cobertura de las operadoras telefónicas es insuficiente y nula en los sistemas de conducción y bocatomas, por lo que se requiere potenciar la comunicación en los sectores descritos anteriormente.

La comunicación debe ser eficaz y constante en la línea de conducción y el resto del sistema de agua potable de la ciudad de Cayambe, por los trabajos de operación y mantenimiento que debe realizar la EMAPAAC-EP, para mantener operativo al Proyecto Huayco Machay. En la Figura 1 se observa la localización geográfica de los sitios de interés de la obra, obtenida por Google Maps.

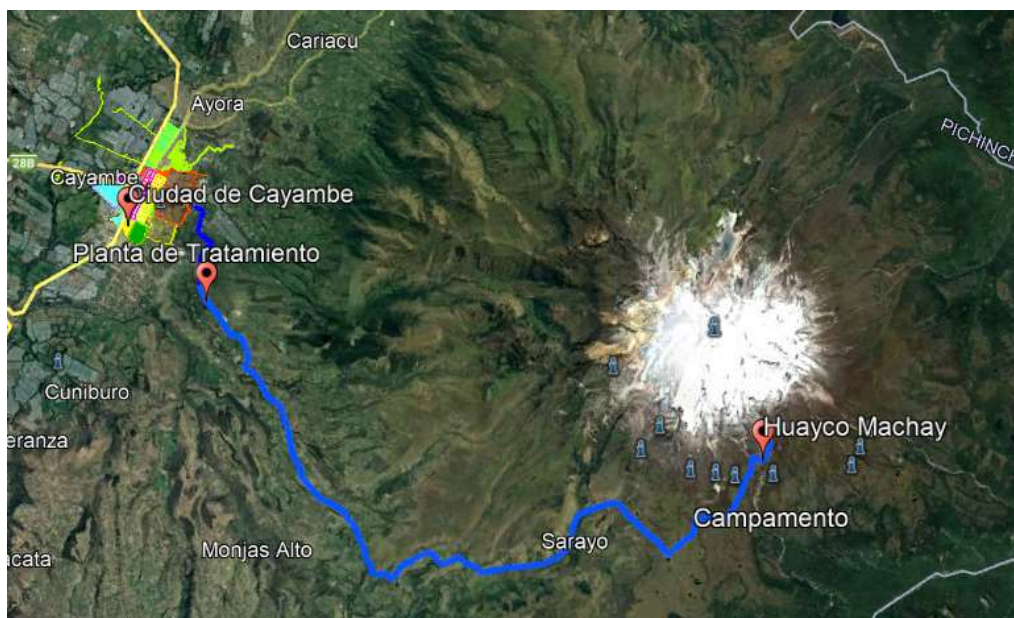


Figura 1: *Perspectiva Satelital del Proyecto Huayco Machay*

Con el significativo avance de las tecnologías en comunicaciones inalámbricas y entre ellas la radiocomunicación, es posible en la actualidad integrar diferentes equipos y solventar los problemas que tiene el Proyecto Huayco Machay. Por lo tanto, la dificultad principal del trabajo de titulación es el siguiente:

El Proyecto Huayco Machay necesita de un sistema de comunicación que abarque con la cobertura total sobre el mismo y la alimentación de energía eléctrica para el funcionamiento de equipos eléctricos y electrónicos del sistema.

Mediante el problema principal se produjo diferentes complementarios, que se enumeran a continuación:

- No se posee de un site survey actual de verificación de cobertura de señal telefónica móvil.
- La dificultad de acceso al sitio de bocatomas y sistema de conducción es de alta dificultad, no existe acceso de automotores a la zona de reserva ecológica y la vía área es peligrosa por los vientos cruzados que se producen en el sector.
- En zona de reserva ecológica no existe red energía eléctrica.
- No existe infraestructura de telecomunicaciones en la zona.
- No existe proyectos de implementación cercanos en el sector.
- Es necesario la comunicación para la operación y el mantenimiento del sistema de agua potable.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Diseñar la cobertura de un sistema de radiocomunicación para los lugares donde no existan el servicio de telefonía móvil en el Proyecto Huayco Machay, mediante la utilización de tecnologías y sistemas que compensen las necesidades institucionales, mejorando la respuesta de operación y mantenimiento por parte de la EMAPAAC-EP.

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Analizar la factibilidad técnica de un sistema de radiocomunicación para el trayecto de la línea de conducción del Proyecto Huayco Machay de acuerdo a las necesidades institucionales.
2. Investigar y analizar las diferentes tecnologías de radiocomunicación.
3. Realizar el diseño de un sistema de radiocomunicación de acuerdo a las necesidades de la EMAPAAC-EP.
4. Generar el presupuesto referencial para el sistema de radiocomunicación, que solventará las necesidades del proyecto Huayco Machay.

CAPÍTULO II - FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Comunicación

La comunicación es el intercambio de un mensaje (sentimiento, opinión o cualquier otro tipo de información) mediante cualquier medio de transmisión. Para que se pueda entablar una conversación, se requiere de un emisor, un mensaje y un receptor. Existen tres tipos:

- Simplex
- Half / Semi Duplex
- Full Duplex

Para la comunicación existe un proceso definido, que contienen varios factores que se indican en la siguiente figura.



Figura 2: Proceso de Comunicación

2.1.1. Comunicación Simplex

Este tipo de comunicación solamente se da en un sentido, también es conocida como unidireccional. La parte receptora no tiene la capacidad de responder, por ejemplo, la radio y televisión. En el sistema de comunicación simplex, se emplea una sola frecuencia para la transmisión y solamente se recibe la señal transmitida.

2.1.2. Comunicación Half Dúplex / Semi Dúplex

Esta comunicación se da en ambos sentidos en forma alternada, en este tipo los dos pueden transmitir y recibir, pero no al mismo tiempo. En esta comunicación se enmarca nuestro proyecto mediante la radiocomunicación. Este sistema utiliza dos frecuencias una para transmisión y recepción en las bandas VHF mediante repetidoras, esta recepta las señales, las amplifica y la reenvía hacia el receptor.

2.1.3. Comunicación Full Dúplex

La comunicación full dúplex se da en ambos sentidos y de forma simultaneas. Las dos partes tienen la capacidad de transmitir y recibir al mismo tiempo, por ejemplo, una conversación entre dos o más individuos, la red de telefonía móvil o residencial, y video llamadas.

2.1.4. Comunicación Inalámbrica

La comunicación inalámbrica ha evolucionado rápidamente, consecuencia de la migración de las redes alámbricas fijas hacia redes más portables, para darle la flexibilidad al usuario final, para que pueda acceder a la información desde diferentes puntos geográficos, y en cualquier momento. Es así que, la radiocomunicación se ha convertido en un elemento fundamental para la comunicación desde su origen. La comunicación sin cables se realiza mediante la propagación de ondas. (Chafla, 2020)

2.2. Radiocomunicaciones

La radiocomunicación es uno de los múltiples servicios de las telecomunicaciones, este se realiza a través de las ondas electromagnéticas en los campos eléctricos y magnéticos. Este tipo de comunicaciones inalámbricas se transmite mediante el espectro radioeléctrico, este tiene diferentes propiedades dependiendo de las bandas de frecuencia. En cada una de estas, el comportamiento de las mismas es diferente.

La radio comunicación PTT (Push-to-talk) de radio de dos vías puede ser analógica o digital a través de diferentes dispositivos de manos. Este tipo de comunicación se utiliza en diferentes escenarios como: emergencia, seguridad pública y privada, operación y mantenimiento de diferentes sistemas, permitiendo tener comunicación oportuna para las diferentes labores de las instituciones públicas, privada e industriales. (Motorola Solutions, 2020)

2.2.1. Origen de las Radiocomunicaciones

Los sistemas de Radiocomunicaciones empleados hasta la actualidad se originan mediante los estudios realizados por James Maxwell 1873, sobre la propagación de las ondas electromagnéticas, y en 1887 Heinrich Hertz reformuló la teoría anteriormente mencionada a través de un experimento sencillo donde se pudo construir ondas electromagnéticas. (Neely, Richard, 2019)

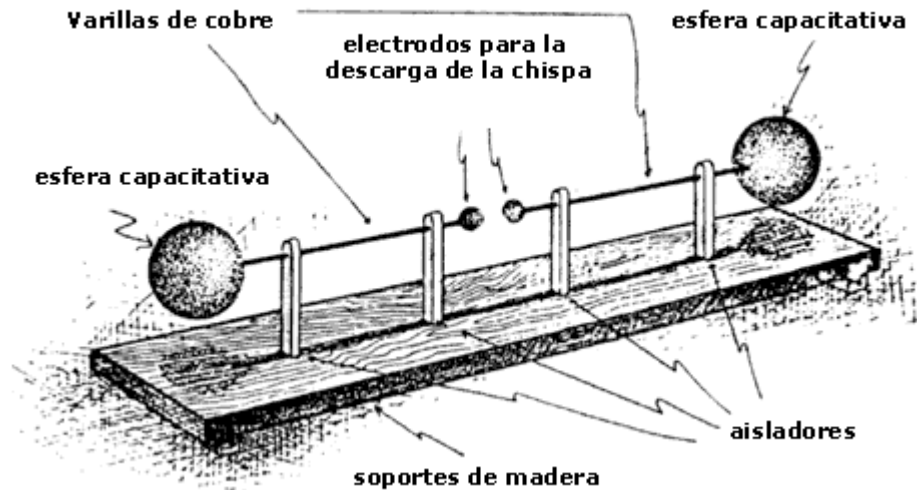


Figura 3: Esquema del aparato generador de ondas electromagnéticas construido por Hertz.

Fuente: (Neely, Richard, 2019)

En consecuencia, el origen de las radiocomunicaciones se da en 1900 mediante la primera transmisión experimental de la voz humana por Aubrey Fessenden, también Marconi logro en 1901 la primera transmisión transatlántica.

En 1906 en Berlín se origina la primera Conferencia Radiotelegráfica Internacional asistiendo 29 países, en el cual se originó el primer Reglamento de Radiocomunicaciones.

En la década de 1920 la utilización de la radiocomunicación aumento rápidamente, originando que en 1927 se entrega bandas de frecuencia a diferentes servicios. En 1932 se renombra a la UIT como Unión Internacional de Telecomunicaciones y en 1949 las Naciones Unidas reconoce como organismo especializado en telecomunicaciones. (ITU, 2020)

2.2.2. Principios de Radiocomunicaciones

El principio fundamental de las radiocomunicaciones es la de establecer un enlace sin cables que permita intercambiar información, este intercambio de datos se realiza mediante los campos electromagnéticos, modulando una portadora o mediante un tono a una frecuencia establecida. El receptor debe tener la capacidad de identificar estas variaciones para recuperar la información transmitida. (Murillo, 2013)

Para que se pueda llegar al principio de radiocomunicaciones de un intercambio de información, debe existir como mínimo un transmisor, receptor, y un canal, en donde este último el medio es el aire mediante en el cual la información es transmitida mediante ondas electromagnéticas.

2.3. Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es el flujo de energía que está en forma de ondas, denominada radiación esta puede ser natural o artificial. En consecuencia, es el conjunto de las frecuencias que emiten una radiación electromagnética.

Estas ondas electromagnéticas moduladas y realizando variaciones adecuadas (como en fase, amplitud y más variantes) se pueden transmitir información, dando lugar a una forma de telecomunicaciones.

El espectro electromagnético a través de sus diferentes bandas y las frecuencias establecidas son designadas a distintos servicios como radiocomunicación, televisión de señal abierta, sistemas de radio aficionados de acuerdo a la clasificación de las bandas como se muestra en la tabla 1.

2.3.1. Ondas Electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas o de radio transportan la información, mediante un transmisor que puede enviar corriente alterna a una antena, lo que hace que se muevan los campos eléctricos y magnéticos que se propagan en el espacio. Estos dos campos viajan al mismo tiempo, pero en ángulos determinados uno respecto del otro.

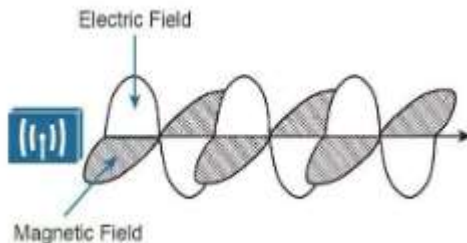


Figura 4: Propagación de ondas eléctricas y magnéticas

Fuente: (Hucaby, 2015)

Las ondas electromagnéticas viajan extendiéndose en todas las direcciones desde la antena en las tres dimensiones, la señal emitida mientras más lejana a la fuente de emisión, más se atenúa y va perdiendo potencia para una buena recepción.

Las ondas electromagnéticas también se pueden modificar varios factores para variar el patrón de propagación y darle diferentes usos, como los indicados en la siguiente tabla.

Tabla 1: Clasificación de Bandas de frecuencia

Denominación	Banda	Frec. Mínima	Frec. Máxima	L. Máxima	L. Mínima
Frecuencia muy baja	VLF	3 Hz	30Hz	100 km	10 km
Frecuencia baja	LF	30 Hz	300 KHz	10 km	1 km
Frecuencia media	MF	300 KHz	3 MHz	1 km	100 m
Frecuencia alta	HF	3 MHz	30 MHz	100 m	10 m
Frecuencia muy alta	VHF	30 MHz	300 MHz	10 m	1 m
Frecuencia ultra alta	UHF	300 MHz	3 GHz	1 m	10 cm
Frecuencia super alta	SHF	3 GHz	30 GHz	10 cm	1 cm
Frecuencia extremadamente alta	EHF	30 GHz	300 GHz	1 cm	1 mm

Fuente: (Murillo, 2013)

2.3.2. Banda de frecuencia VHF

VHF o Frecuencia Muy Alta (en inglés Very High Frequency) esta se refiere a la banda espectral que ocupa el rango de frecuencia entre 30 MHz a 300 MHz.

En este rango de frecuencia la radiocomunicación funciona en modo semidúplex, es decir que la comunicación va en una y otra dirección, pero no las dos al mismo tiempo, este sistema también es directivo y la propagación de ondas para trabajar es visual y troposférica, es decir que haya línea de vista entre emisor y receptor recomendablemente, en ciertos casos por las características de la banda VHF se puede lograr una comunicación aunque no haya línea de vista entre estos dispositivos permitiendo una intercomunicación.

Estos sistemas para entablar una comunicación utilizan repetidoras para que se puedan enlazar las comunicaciones entre dos estaciones VHF, que recomendablemente deben ubicarse en zonas altas, en donde se puede aprovechar la mayor línea de vista entre emisor y receptor. (Manohar, Bhardwaj, Venkatakrisnan, & Volakis, 2021)

Los principales usos de esta banda de frecuencia esta:

- Radiodifusión comercial, comunitaria.
- Televisión comercial
- Sistemas de comunicación

2.3.3. Banda de frecuencia UHF

UHF o Frecuencia Ultra Alta (en inglés Ultra High Frequency) esta se refiere a la banda espectral que ocupa el rango de frecuencia entre 300 MHz a 3GHz, la longitud de onda es entre 1 metro a 100 mm, la propagación se establece de forma directa y tiene un alcance visual. (Manohar, Bhardwaj, Venkatakrisnan, & Volakis, 2021) Entre los usos más comunes esta:

- Telefonía móvil
- Sistemas multicanales
- Troncales
- Radioenlaces
- Radiodifusión y televisión

2.3.4. Propagación de Ondas

Las ondas electromagnéticas no se propagan en línea recta, y más bien van en todas las direcciones desde el transmisor, como cuando se lanza una piedra en un estanque definiendo varios fenómenos como se indica a continuación (Hucaby, 2015):

- El patrón de movimiento es cíclico y se expanden en las tres dimensiones.
- Las ondas resultantes inician pequeñas y se expande alejándose del emisor.
- Las ondas primarias son remplazadas por nuevas.

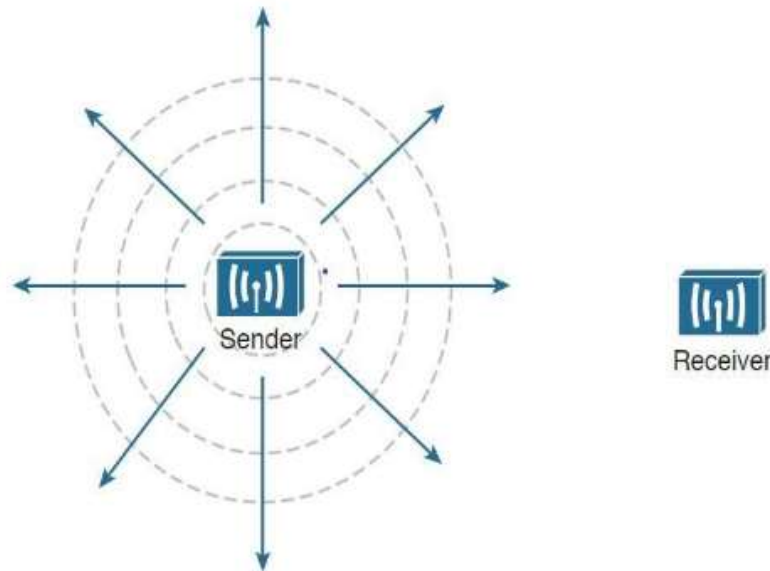


Figura 5: Propagación de ondas con antena ideal

Fuente: (Hucaby, 2015)

La propagación de ondas electromagnéticas cuando son transmitidas se extiende en el ambiente y de un modo no uniforme. En un ambiente ideal la señal llegaría al receptor como esta fue emitida, pero en el mundo real no sucede esto, porque en la trayectoria si afecta la onda emitida teniendo interferencia, perdida en el espacio libre y objetos físicos. Produciendo los siguientes inconvenientes en la comunicación:

- **Interferencia:** esta ocurre cuando una señal o parte de ella se superpone con otra en frecuencia, esto se da cuando no se respeta las normas técnicas, existe ruido alrededor, entre otros parámetros.
- **La pérdida en el espacio libre y objetos físicos:** es el resultado de todas las ondas que son irradiadas de una antena, perdiendo amplitud con o sin obstáculos, en el transcurso de la propagación se degrada la señal y se generan los siguientes efectos:

- **Reflexión:** este fenómeno se produce cuando la señal emitida choca con un material cuya densidad de reflexión es grande produciendo una copia de la señal.

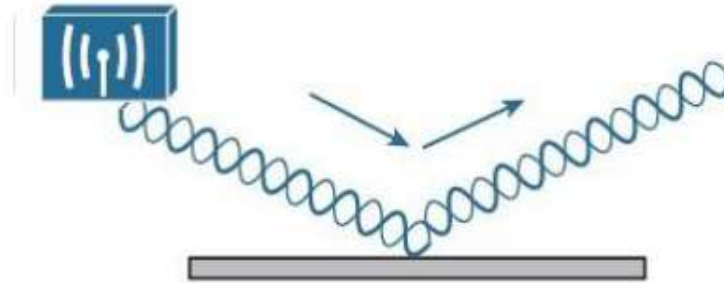


Figura 6: Reflexión de una señal

Fuente: (Hucaby, 2015)

- **Absorción:** este fenómeno se origina cuando los materiales tienen la capacidad de absorber una señal, produciendo una atenuación, la misma depende de la densidad del objeto.

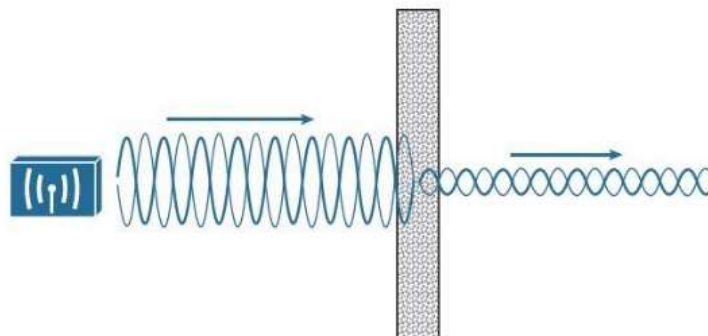


Figura 7: Absorción de una señal

Fuente: (Hucaby, 2015)

- **Dispersión:** este fenómeno ocurre cuando por las irregularidades de los objetos reflejan la señal emitida.

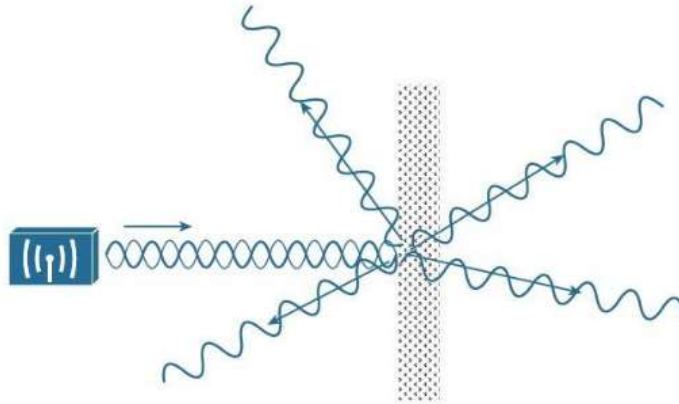


Figura 8: Dispersión de una señal

Fuente: (Hucaby, 2015)

- **Refracción:** este fenómeno se da cuando la señal tiene la capacidad de traspasar un objeto y se dobla o cambia de dirección de su trayectoria.

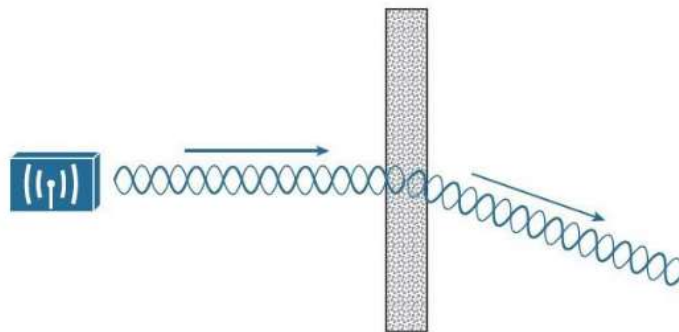


Figura 9: Refracción de una señal

Fuente: (Hucaby, 2015)

- **Difracción:** es cuando una señal se reconstruye así mismo una vez que rodea un objeto, por ejemplo, cuando la señal atraviesa edificios, pero la señal nunca es la original. De cierta manera la señal se distorsiona y se altera.

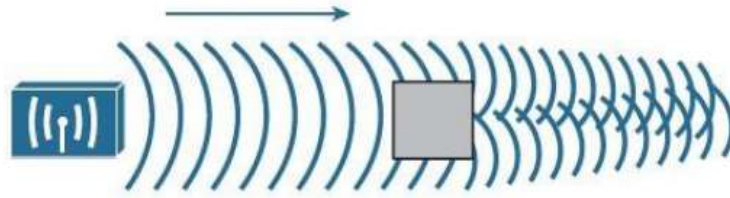


Figura 10: Difracción de una señal

Fuente: (Hucaby, 2015)

2.3.5. Zona de Fresnel

Al definir un enlace entre dos puntos pueden interponerse varios obstáculos, como edificios, vegetación, montañas, que pueden perjudicar a la calidad de señal transmitida. A este fenómeno se lo denomina Zona de Fresnel y hace referencia que las elipses concéntricas que rodean a un enlace radioeléctrico, entre un emisor y receptor para que un vínculo sea óptimo se recomienda tener libre por lo menos el 60% de la primera zona de Fresnel.

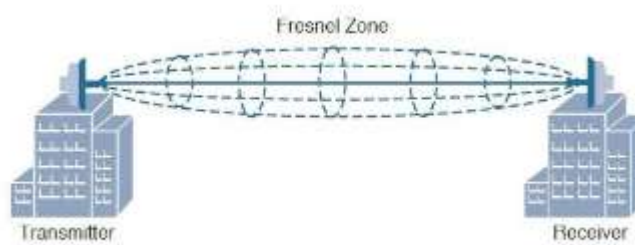


Figura 11: Zona de Fresnel

Fuente: (Hucaby, 2015)

2.4. Elementos de un Sistema de Radiocomunicación

Un sistema de radiocomunicación está estructurado por un transmisor y receptor que mediante un canal permiten emitir un mensaje, mediante los objetivos de telecomunicaciones. Para cumplir este objetivo de intercambiar información (conversación), siguiendo los lineamientos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones - ITU

2.4.1. Radio

Los principales componentes de un sistema de radiocomunicación, se componen por las radios o terminales. Se puede obtener una comunicación entre ellos sin necesidad de infraestructura adicional si las condiciones lo ameritan. La cobertura de este enlace puede ser por la potencia de los equipos respetando los parámetros establecidos por la ITU y la zona geográfica en donde se realizará la comunicación. Existen 3 tipos de radio:

- Portátiles
- Móviles
- Estación base



Figura 12: Radio Mobil

Fuente: (MOTOROLA SOLUTIONS, 2019)

2.4.2. Repetidor

El repetidor es fundamental en un sistema de radiocomunicación, porque este dispositivo permite expandir la cobertura del sistema para transmitir o amplificar la señal, estos dispositivos se utilizan cuando el mensaje no puede llegar directamente al emisor, este tipo de equipos se instala en las partes altas de la geografía de la localidad para ganar mayor cobertura.



Figura 13: Repetidor de radiocomunicación

Fuente: (KENWOOD CORPORATION, 2020)

2.4.3. Antena

Una antena está hecha para transmitir (radiar) y recibir ondas electromagnéticas. Estas están definidas de acuerdo a las características (patrón de radiación, ganancia, directividad, polarización) y se deben tomar en cuenta para elegir una de acuerdo a la aplicación que se desee realizar (Chafra, 2020). Estos dispositivos pueden ser:

- Antenas Dipolo
- Antenas Dipolo multi-elemento
- Antenas Yagi
- Antenas Panel Plano
- Antenas Parabólicas

2.4.4. Duplexor

El duplexor tiene la funcionalidad de transmitir y recibir al mismo tiempo con una sola antena, mediante la utilización de filtros RF (pasa bajos y pasa altos).

2.5. Estandarización y Regulación

2.5.1. Unión Internacional de Telecomunicaciones – ITU

La unión internacional de telecomunicaciones es un organismo creado por las Naciones Unidas ONU para regular las tecnologías de la información y comunicación. Fue fundada en 1985 para facilitar la conectividad internacional de las comunicaciones, asignando espectros de radio global y órbitas satelitales. La ITU desarrolla estándares técnicos que las redes se interconecten permitiendo mayor acceso en las TIC en el mundo. (ITU-INT, 2014)

La ITU se subdivide en capítulos para detallar de mejor manera todos los servicios de las telecomunicaciones:

Tabla 2: Capítulos de la ITU

CAPÍTULOS DE LA ITU	
Capítulo I	Características técnicas y terminología
Capítulo II	Frecuencias
Capítulo III	Coordinación y asignación de frecuencias y planes de modificación
Capítulo IV	Interferencias
Capítulo V	Unidad administrativa
Capítulo VI	Servicios y estaciones
Capítulo VII	Seguridad y atención en desastres
Capítulo VIII	Servicios aeronáuticos
Capítulo XI	Servicios marítimos

Fuente: (Gómez, Camargo, & Beltrán, 2019)

La ITU tiene como objetivo interconectar a todas las personas del mundo, en cualquier punto geográfico, para ello está compuesta mediante tres aristas:

- ITU-R Radiocomunicaciones
- ITU-T Normalización de las Telecomunicaciones
- ITU-D para el Desarrollo.

El sector de las Radiocomunicaciones de la ITU-R, tiene la misión del manejo racional, imparcial, eficaz y económico del espectro radioeléctrico para los servicios de radiocomunicaciones, incluyen a los que emplean órbitas satelitales y los estudios para futuras recomendaciones. También deben garantizar que no haya interferencias en los sistemas mediante Reglamentos, Acuerdos Regionales y Organismos de Control de cada país. Este sector también debe conservar este espectro limitado para futuros desarrollos tecnológicos. (Rancy, 2011)

2.5.3. Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información - MINTEL

El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL), esta entidad posee como programa principal, el acceso universal a las tecnologías de la información y comunicación, para el desarrollo económico, social, cultural, solidario e inclusivo del país.

El objetivo del MINTEL es transportar tecnología y conocimiento a todo el Ecuador, promover el uso de herramientas tecnológicas y capacitar en el uso adecuado de las TIC. (MINTEL, 2012)

2.5.2. Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones - ARCOTEL

La ARCOTEL es la institución de la dirección, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión. Entre las funciones más relevantes para este proyecto son las siguientes:

- Emitir regulaciones, normas, planes técnicos y demás actos para la provisión de las telecomunicaciones cumpliendo la Constitución de la República del Ecuador, mediante el cumplimiento de los objetivos de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.
- Elaborar la propuesta de valoración económica para la asignación y uso, aprovechamiento y/o exploración del espectro radioeléctrico por uso de frecuencias y derechos por otorgamiento y renovación de títulos habilitantes.
- Se debe aprobar, modificar y actualizar el Plan Nacional de Frecuencia.
- Controlar y monitorear el uso del espectro de radiofrecuencia.
- Establecer requisitos de licencia, contenido, condiciones, términos y condiciones.
- Elaborar una propuesta de evaluación económica del suministro y uso, operación y/o explotación del espectro de frecuencias radioeléctricas con fines de uso.
- Hacer cumplir la Ley Orgánica de Telecomunicación y las Regulaciones respectivas. (ARCOTEL, 2015)

CAPÍTULO III - METODOLOGÍA

3.1. Método de Investigación

El método usado para este trabajo es el cuantitativo, esta metodología representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios, por ello cada una de las etapas deben ser cumplidas y no se debe evadir ningún paso. En este tipo de procesos el orden es riguroso, pero si existe la facilidad de eludir algún paso o reprogramar cada una las etapas. Esta implica la recopilación y el análisis de datos cuantificables. (Lozada, 2014)

Esta investigación se enfoca en la necesidad de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Aseo Cayambe, de entablar una comunicación con el personal operativo a cargo de la operación y mantenimiento de la línea de conducción del proyecto Huayco Machay, con la planta de tratamiento y la red de distribución que abastece a la ciudad de Cayambe, para predecir daños, solventar emergencias, tomar decisiones oportunas, entre otros que garanticen el funcionamiento del sistema.

Este método permitirá la recopilación de datos acordes a la necesidad de radiocomunicación por las dificultades geográfica, condiciones climáticas. Permitiendo verificar la necesidad del despliegue de comunicaciones en el trayecto de la línea de conducción del proyecto de Huayco Machay.

3.1.1. Tipo de Investigación

La investigación aplicada permite realizar la solución a problemas prácticos disponiendo de datos y alternativas de solución a cualquier caso o necesidades de la sociedad, instituciones públicas o privadas. Esta tiene como objetivo la creación de conocimiento de manera concreta y sintética. (Lozada, 2014)

La investigación aplicada trabaja conjuntamente con la descriptiva y trata de describir el estado de una variable conocida, por lo cual algunos proyectos están diseñados para suministrar datos sistemáticos sobre una situación real. Esta investigación no inicia con una hipótesis, pero si lo desarrolla después de la recolección de datos, este análisis de información y la síntesis proporcionan la prueba de la hipótesis

El principal objetivo de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Aseo Cayambe es realizar de manera eficiente la dotación de agua potable a la ciudad, y para ello es necesario una herramienta fundamental como la comunicación, para estar intercomunicados entre todos los sistemas y en especial con la línea de conducción principal de proyecto de Huayco Machay. Por consiguiente, en este proyecto se

buscará una solución de un sistema de comunicación eficiente para los fines de la institución pública, mitigando las emergencias y toma de decisiones oportunas para la operación del sistema gracias a las bondades que brinda el intercambio de información.

Por lo tanto, para diseñar la comunicación en la primera fase se recolectará datos mediante una encuesta sobre la necesidad del diseño de Radiocomunicación para la línea de conducción del Proyecto de Huayco Machay.

Una vez finalizado la primera fase se procederá con la sistematización de los datos para elaborar la propuesta de radiocomunicación para la operación y mantenimiento del agua potable en la ciudad de Cayambe. Como fase final de la propuesta se presentará el diseño de cobertura del sistema de radiocomunicación para la EMAPAAC-EP.

3.1.2. Diseño de Investigación

La técnica de investigación utilizada en el presente trabajo será la recopilación de datos, mediante una encuesta que operan números que son analizados estadísticamente para probar la necesidad de la institución y realizar un seguimiento de los resultados y efectos. (Monje, 2017)

En la recopilación de datos se recolectarán la auténtica necesidad de comunicación para la EMAPAAC-EP, esta se solventará con la elaboración del diseño y la cobertura de radiocomunicación para el proyecto de Huayco Machay. Las personas que serán beneficiadas por este trabajo es el personal técnico y operativo de la institución.

El proyecto de Huayco Machay se encuentra ubicado en la siguiente información geográfica de acuerdo al recorrido de la línea de conducción. La ubicación del proyecto se encuentra definida en la siguiente tabla 3.

Tabla 3: Ubicación del Proyecto

CONCEPTO	TITULO
Provincia	Pichincha
Cantón	Cayambe
Parroquia	Juan Montalvo y Cayambe

Zona de referencia	Reserva Cayambe – Coca
---------------------------	------------------------

En la encuesta se verificará la necesidad del sistema de radiocomunicación para el Proyecto de Huayco Machay que alimenta de agua potable para la ciudad de Cayambe.

También se definirá la cobertura que abarcara el diseño del sistema de radiocomunicación bajo la realidad topográfica, climática y tipo de terreno dentro de la línea de conducción del proyecto, como son:

- **Altura y perfil geográfico:** la altura del terreno es muy importante para poder proyectar el diseño de acuerdo a las necesidades de la EMAPAAC-EP, también se debe verificar el perfil geográfico (colinas, cerros, planicies).
- **Condiciones climáticas:** las condiciones climáticas del sector es un factor indispensable, para el diseño de cobertura de radiocomunicación y la predicción del alcance de la red.
- **Condiciones de terreno y tipos de acceso:** en esta verificación se analizará en el sitio el tipo de terreno que se tiene, y los accesos disponibles al lugar de interés.

3.1.3. Unidades de Estudio

- **La Población:** es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones, donde las unidades de población poseen unas características comunes, y proporciona los datos para la investigación.

En esta investigación la necesidad de un sistema de radiocomunicación, la define la población directa que se encuentra integrada por 33 personas que trabajan en la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento de la EMAPAAC-EP.

La población indirecta está formada por todos los usuarios de la institución que llegaría a una suma de 9875 personas.

- **Muestra:** es un subgrupo de la población, es decir que es un subconjunto de la población definida anteriormente.

En la presente investigación la muestra tomada es el 100% de la población porque se recoge los datos de toda la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento de la EMAPAAC-EP, la misma está compuesta de 33 personas.

- **Unidades de estudio:** esta hace referencia al contexto, a la entidad y las características, evento, cualidad o variable que desea estudiar. Esta elección no depende de la probabilidad, si no del proceso de toma de decisiones, basado en ello las unidades que conforma las muestras es de tipo no probabilístico.

Tabla 4: Características de las Unidades de Estudio para la Encuesta

UNIDADES DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS	NÚMERO
Personal Operativo de la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento	El personal que se encuentra a cargo de la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y saneamiento	27
Técnicos y Personal Administrativo de la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento	Personal que se encarga de la operatividad de la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento	6
Total de Muestra		33 personas

3.1.4. Técnica e instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas. - Las técnicas de recolección de datos son de diferentes formas para obtener los datos requeridos. En este proyecto la técnica utilizada es la encuesta.

Encuesta. – es una habilidad que permite adquirir datos, permitiendo registrar varios datos de diferentes personas, información que es necesaria para el investigador. Esta recolección se lo realiza mediante un cuestionario, pudiendo ser presencial o en línea. (Díaz, 2011)

Para este análisis se utilizará diferentes herramientas que se indican en la tabla:

Tabla 5: Herramientas Utilizadas en el Proyecto para la herramienta de la Encuesta

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN	UTILIZACIÓN	POBLACIÓN MUESTRA
Encuesta	Es una técnica muy utilizada en las investigaciones científicas. Que se ejecuta mediante un encuestador. Permitiendo recolectar datos necesarios para la viabilidad de cada uno de los proyectos planteados.	La encuesta sirve para recolectar datos, mediante una serie de preguntas organizadas, estructuradas y específicas referente a un tema para poder evaluar o medir las soluciones de un proyecto.	33 personas que trabaja en la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento.
Hojas de cálculo	La hoja de Excel es un programa que realizar la recolección, sistematización y evaluación de datos en forma de tablas, gráficos con la finalidad de ejecutar operaciones básicas o complejas para definir la viabilidad de los proyectos.	Permite realizar, recolectar, sistematizar, evaluar datos y diseñar gráficos para respaldar la necesidad del proyecto y la cobertura de radiocomunicación frente al requerimiento encontrado en los beneficiarios directos.	33 personas que trabaja en la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento.

3.1.5. Técnica de Análisis de Datos

De acuerdo a la herramienta descrita anteriormente se desarrolló la encuesta al personal de la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento para posteriormente analizar y evaluar con la hoja de cálculo verificando la factibilidad del presente proyecto.

Una vez evaluadas las variables se obtuvo una aceptación del 97% de los beneficiarios directos, llegando a la conclusión que el sistema de radiocomunicación permitirá solventar los problemas de comunicación suscitados en la línea de conducción del Proyecto Huayco Machay.

Este porcentaje de aceptación se basa de acuerdo a los resultados de los análisis descritos por la información proporcionada por el personal técnico y operativo de la Coordinación de Agua potable y Saneamiento de la EMAPAAC-EP.

3.1.6. Operacionalización de Variables

Una variable permite convertir un concepto abstracto en empírico, mediante la utilización de un instrumento. Este es utilizado frecuentemente en un procedimiento investigativo.

Definición de la muestra de estudio para la Encuesta

Datos:

Población: 33 personas que pertenecen a la coordinación de Agua Potable y Saneamiento.

$$Muestra_E \frac{MT \times 100\%}{PT} = \%$$

Personas encuestadas: 33

$$Muestra_E \frac{33 \times 100\%}{33} = 100\%$$

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

4.1. Situación actual de los sistemas de comunicación en el proyecto Huayco Machay

En la actualidad a lo largo de la línea de conducción de Huayco Machay no existen comunicaciones convencionales, es por ello que surge la necesidad de diseñar un sistema de radiocomunicación para el proyecto, solventando la efectividad de trabajo de los técnicos en los deberes de monitoreo, operación, mantenimiento y en condiciones de emergencia, que ponen en riesgo la continuidad del servicio de agua potable en la ciudad de Cayambe o incluso las vidas humanas de los técnicos. Este sistema de radiocomunicación permitirá una comunicación integral con los diferentes sistemas y entre personal técnico y operativo, que son responsables para brindar el servicio de líquido vital en la cabecera cantonal.

Este proyecto es factible por la necesidad que existe en favor del personal de la EMAPAA-EP, e indirectamente se beneficiaran todos los usuarios de agua potable. En el aspecto técnico y académico es factible porque se cuenta con los equipos en el mercado y pese al difícil acceso a Huayco Machay se encontró ubicaciones idóneas para la colocación de los puntos de radiación.

4.1.1. Encuesta

Para precautelar la factibilidad del proyecto se generó una encuesta sobre las comunicaciones existentes y viabilidad del proyecto. Esta se realizó a la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento del 6 al 10 de marzo de 2023; con el objetivo de verificar las necesidades del sponsor del proyecto y las condiciones actuales. Las encuestas se encuentran como Anexo A del presente proyecto.

La encuesta generó resultados que permitió conocer mejor las necesidades y la importancia de las telecomunicaciones dentro del proyecto Huayco Machay, adicionalmente se recabó información para que la investigación este mejor sustentada.

Mediante la encuesta se conoció que la comunicación convencional (telefonía móvil, fija y red de datos) en el recorrido de la línea de conducción es nula; por lo que se pretende cubrir la dificultad de la topografía y las condiciones climáticas del objetivo del diseño del sistema de radiocomunicación para mejorar la operatividad del monitoreo, operación y mantenimiento precautelando el servicio de líquido vital en la ciudad de Cayambe.

4.1.2. Análisis de los datos

Se elaboró la encuesta para verificar la necesidad de comunicación y la propuesta de Diseño de un Sistema de Radiocomunicación para el Proyecto Huayco Machay, este abastece con líquido vital a la ciudad de Cayambe, la encuesta fue dirigida para los beneficiarios directos (personal técnico y operativo de la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento de la EMAPAAC-EP).

Pregunta 1: en este apartado se verifica mediante la primera pregunta de la encuesta, que no existe cobertura de ningún sistema de comunicación en el sector de la línea de conducción de Huayco Machay, existiendo comunicación nula entre el personal operativo y técnico de coordinación de trabajo.

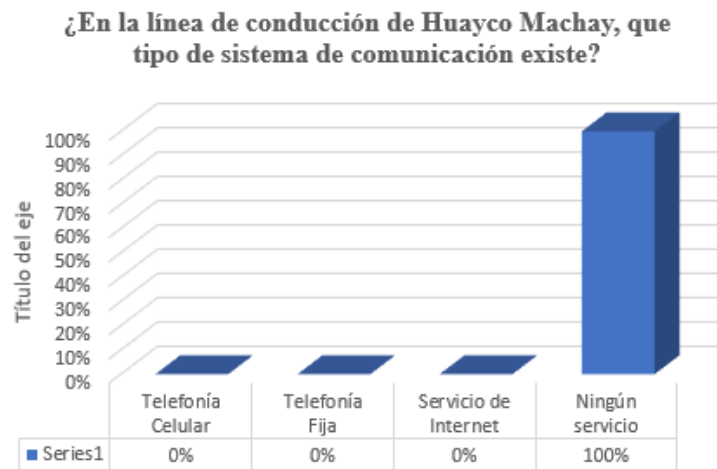


Figura 14: Análisis de la pregunta 1

Pregunta 2: El único medio para ingresar a la captación de Huayco Machay es a pie, esto dificulta la operación, y el mantenimiento del sistema, adicionando el riesgo laboral por estar incomunicados en un terreno complicado (temperaturas bajas, piso fangoso, pantanoso, relieve de difícil acceso, y a mucha altura sobre el nivel del mar).

¿Cuál es el medio de transporte utilizado para acceder a la boca toma del Proyecto de Huayco Machay?

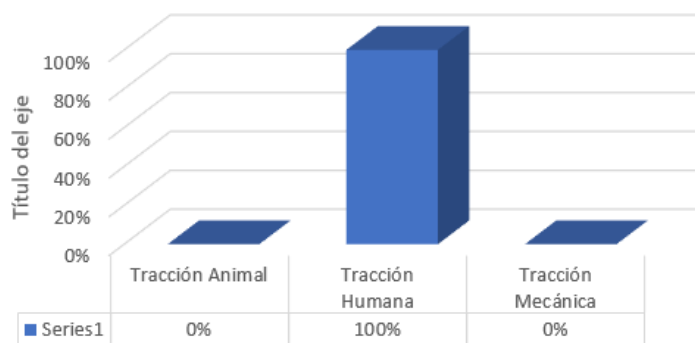


Figura 15: Análisis de la pregunta 2

Pregunta 3: en el siguiente ítem permite verificar que se necesita un trabajo constante de monitoreo porque las condiciones climáticas e hídricas del sector, hace que sea variable la calidad de agua, y existe riesgo de rotura de la línea de conducción.

¿Cada que tiempo se debe realizar el monitoreo a la línea de conducción y la captación de Huayco Machay?



Figura 16: Análisis de la pregunta 3

Pregunta 4: En esta pregunta los encuestados como beneficiarios directos hacen referencia que es necesario un sistema de radiocomunicación.

¿Cree usted que es necesario el diseño de un sistema de radiocomunicación para el proyecto Huayco Machay y una futura implementación?

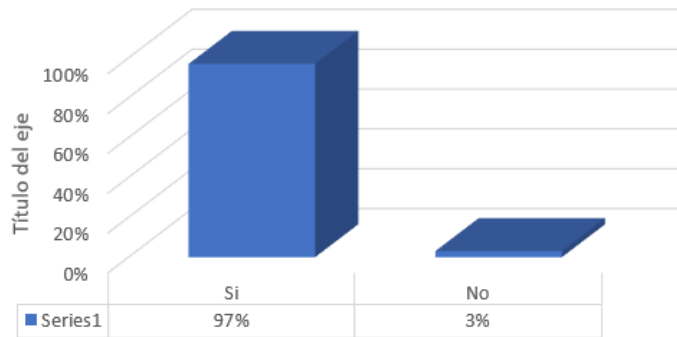


Figura 17: Análisis de la pregunta 4

Pregunta 5: La gran mayoría de personas encuestadas hacen referencia que un sistema de radiocomunicación solventara el tema de comunicación y que adicionalmente mejorara el trabajo en campo para monitoreo, operación y mantenimiento del sistema, resguardando la continuidad de líquido vital para la ciudad de Cayambe.

¿El sistema de Radiocomunicación solventará la necesidad de comunicación para el mantenimiento, operación y control del Proyecto Huayco Machay?

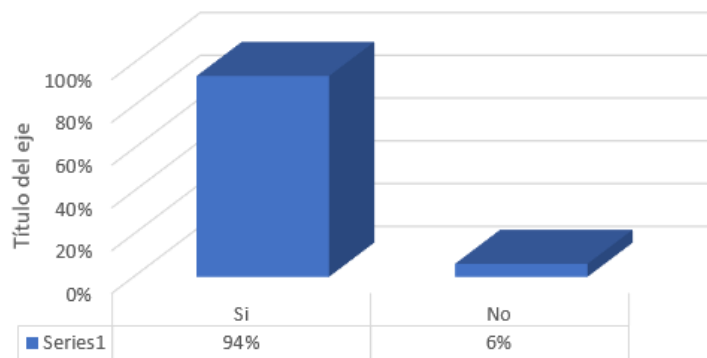


Figura 18: Análisis de la pregunta 5

La encuesta realizada a trabajadores técnicos y operativos de la EMAPAAC-EP, permitió conocer la necesidad de comunicación para el eficaz y óptimo desenvolvimiento de la operación y mantenimiento del proyecto Huayco Machay.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

5.1. Diseño del Sistema de Radiocomunicación

En esta sección se realizará el Diseño de la red de comunicación para el Proyecto de Huayco Machay de acuerdo a la necesidad de cobertura de la obra. También se detallan los equipos necesarios para la propuesta, las estaciones o radio bases requeridas, enlaces, selección de ubicación y otros parámetros que se involucran en el desarrollo idóneo para la propuesta.

5.1.1. Análisis de ubicación de estaciones

El principal punto de acción en el Diseño del Sistema de Radiocomunicación es a lo largo de la línea de conducción del Proyecto Huayco Machay, ubicado en el cantón Cayambe, entre la cabecera cantonal, la parroquia de Juan Montalvo y la Reserva Ecológica Cayambe – Coca.

Cabe mencionar que en el trayecto de la línea de conducción y distribución del perfil topográfico va desde los 2780 msnm (metros sobre el nivel del mar) hasta 4220 msnm y está constituido entre montañas, dificultado la colocación de los repetidores. La ubicación debe permitir obtener un gran porcentaje de cobertura de los sitios de interés de institución que administra el Proyecto Huayco Machay. Adicional se debe planificar la instalación de una o varias estaciones para cubrir la necesidad planificada. Otro factor importante para la selección del sitio, es realizar visitas de campo para tener la referencia del perfil topográfico con el fin de determinar si existen lugares idóneos para instalar la infraestructura, también debe verificar si existe red energía eléctrica convencional, tipo de acceso, y otras características que ayuden a tener una cobertura idónea.

Para cubrir la línea de conducción y distribución con cobertura de radiocomunicación por la geografía del sitio, se decide revisar varios sitios para la localización de las estaciones, que se describen a continuación:

Tabla 6: Propuesta de análisis de ubicación de estaciones

Nombre	Ubicación	Tipo de energía eléctrica	Tipo de Acceso
Planta de Tratamiento	Parroquia Juan Montalvo, Comunidad Santa Isabel	Suministro público	Ingreso de vehículos, vía de segundo orden.

Huayco Machay			
Carrera	Parroquia Cangahua, Comunidad Carrera, sector Catequilla.	Suministro público	Ingreso de vehículos, vía de tercer orden.
La Dormida	Parroquia de Juan Montalvo, sector la Dormida.	Sin acceso a suministro público, se debe diseñar un sistema de energía fotovoltaica	Ingreso de vehículos, vía de tercer orden y el último tramo de 1.5 km es el acceso mediante tracción humana.
San Juan Urco	Parroquia de Juan Montalvo, sector San Juan Urco.	Sin acceso a suministro público, se debe diseñar un sistema de energía fotovoltaica	Ingreso de vehículos, vía de tercer orden y el último tramo de 3.5 km solo acceso mediante tracción humana.
San Juan Urco 2	Parroquia de Juan Montalvo, sector San Juan Urco.	Sin acceso a suministro público, se debe diseñar un sistema de energía fotovoltaica	Ingreso de vehículos, vía de tercer orden y el último tramo de 3.5 km solo acceso mediante tracción humana.
Pie Monte	Parroquia de Juan Montalvo, Comunidad Pie Monte.	Sin acceso a suministro público, se debe diseñar un sistema de energía fotovoltaica.	Ingreso de vehículos, vía de tercer orden.
Pisambilla	Parroquia de Cangahua, comunidad Pisambilla Sector la Y.	Suministro público	Ingreso de vehículos, vía de tercer orden.
Pisambilla 2	Parroquia de Cangahua, comunidad Pisambilla	Suministro público	Ingreso de vehículos, vía de tercer orden.

Frente a la Unidad Educativa Elizalde.	Antonio	
----------------------------------------	---------	--

A continuación, en la siguiente figura se describe la distribución de las estaciones y la línea en verde muestra el objetivo de cobertura de radiocomunicación por parte de la EMAPAAC-EP.



Figura 19: Propuesta de los sitios para instalación de las estaciones

Con la propuesta de diseño del sistema de radiocomunicación a lo largo de la línea conducción del Proyecto Huayco Machay, se debe cubrir con el objetivo de la empresa que administra esta obra, pese a la desventaja topográfica del terreno en la que se encuentra operando el proyecto, permitiendo tener comunicación constante entre los operarios, técnicos con la oficina central reduciendo los riesgos, mejorando el control en monitoreo, operación y mantenimiento.

5.1.1.1. Elección de la ubicación para las estaciones

La selección de los sitios geográficos de repetición se ha desarrollado de acuerdo a los lugares con mayor disponibilidad, y mejores prestaciones al momento de instalación. La dificultad de la topografía también

genera una complicación de los sitios de repetición para mantener línea de vista entre ellos para mejorar la cobertura de la señal de radiocomunicación.

También es importante definir las ubicaciones exactas de las estaciones para realizar los trámites correspondiente de adquisición de frecuencia en el ARCOTEL, y generar los trámites correspondiente para una futura implementación. Precautelando parámetros para estos sitios:

- Prestaciones técnicas para la implementación
- Espacio disponible para instalar estructura que soporte los sistemas
- Servicio de energía eléctrica.
- Facilidad de accesos

Para la elección de los sitios se debe considerar que exista espacio para la implementación de estructura, definir si es un sitio público, arriendo o genere un proceso de permisos para la implementación de las estaciones. A continuación, se detalla estas características:

Tabla 7: Características de los sitios

Ubicación	Coordenadas geográficas	Detalle de Sitios
Planta de Tratamiento Huayco Machay	Latitud: 0.012545° S Longitud: 78.118757° W Altura: 3165 m	Bien Propio. Se tiene servicio público de energía eléctrica. La vía es accesible, el camino una parte es asfaltada, el otro empedrado y la última parte de tierra.
Carrera	Latitud: 0.035598°S Longitud: 78.153048° W Altura: 3330 m	Bien Arrendado por el Municipio de Cayambe. En este sitio se debe tomar en cuenta que existen varias estaciones instaladas y es un factor importante en el diseño para no causar interferencia.

		La vía es accesible, el camino una parte es asfaltada, el otro empedrado y la última parte de tierra, en el cual accede vehículo.
La Dormida	<p>Latitud: 0.025733° S</p> <p>Longitud: 78.016322° W</p> <p>Altura: 3956 m</p>	<p>Este sitio se encuentra en la Reserva Ecológica Cayambe - Coca, para implementar la estación se debe sacar los permisos correspondientes en el MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica). Con esta estación se tiene la proyección de cubrir desde la comunidad Sayaro hasta la dormida.</p> <p>No dispone de servicio público de energía eléctrica, al sitio en una parte se ingresa con vehículo 4x4 y el último tramo de 1.5 km solo se puede realizar el acceso mediante tracción humana, y el camino es pantanoso en ciertos tramos.</p>
San Juan Urco	<p>Latitud: 0.030098° S</p> <p>Longitud: 77.987386° W</p> <p>Altura: 4090 m</p>	<p>Se encuentra ubicado en una Reserva Ecológica, para implementar la estación se debe sacar los permisos correspondientes.</p> <p>No dispone de servicio público de energía eléctrica, al sitio en una parte se ingresa con vehículo 4x4 y el último tramo de 3.5 km solo se puede realizar el acceso mediante tracción humana y el camino es pantanoso en ciertos tramos.</p>
San Juan Urco 2	<p>Latitud: 0.028395° S</p> <p>Longitud: 77.992958° W</p> <p>Altura: 4109 m</p>	Se encuentra ubicado en una Reserva Ecológica, para implementar la estación se debe sacar los permisos correspondientes.

		<p>No dispone de servicio público de energía eléctrica, al sitio en una parte se ingresa con vehículo 4x4 y el último tramo de 3.5 km solo se puede realizar el acceso mediante tracción humana y el camino es pantanoso en ciertos tramos.</p>
Pie Monte	<p>Latitud: 0.025460 ° S Longitud: 78.045869 ° W Altura: 4050 m</p>	<p>Se encuentra ubicado en una Reserva Ecológica, para implementar la estación se debe sacar los permisos correspondientes.</p> <p>No dispone de servicio público de energía eléctrica, al sitio se ingresa por una vía de segundo orden y el último tramo de 400 metros solo se puede realizar el acceso mediante tracción humana.</p>
Pisambilla	<p>Latitud: 0.060162 ° S Longitud: 78.109894 ° W Altura: 3443 m</p>	<p>Bien Privado, se debe arrendar o realizar proceso de expropiación.</p> <p>Se tiene servicio público de energía eléctrica.</p> <p>La vía de tercer orden accesible, mediante vehículo todo terreno en época de lluvia.</p>
Pisambilla 2	<p>Latitud: 0.059876° S Longitud: 78.103238° W Altura: 3425 m</p>	<p>Bien Privado, se debe arrendar o realizar proceso de expropiación.</p> <p>Se tiene servicio público de energía eléctrica.</p> <p>La vía de tercer orden accesible, mediante vehículo todo terreno en época de lluvia.</p>

Una vez verificado las prestaciones técnicas, administrativas de cada uno de los sitios se definen los siguientes sitios para el diseño del sistema de radiocomunicación de la EMAPAAC-EP.

Tabla 8: Definición de sitios para diseño del Sistema de Radiocomunicación

Ubicación de estación	Coordenadas geográficas
Carrera	Latitud: 0.035598°S Longitud: 78.153048° W Altura: 3330 m
San Juan Urco	Latitud: 0.030098° S Longitud: 77.987386° W Altura: 4090 m
Pisambilla	Latitud: 0.060162 ° S Longitud: 78.109894 ° W Altura: 3443 m

SITIO CARRERA: para el interés del proyecto cuenta con una ubicación privilegiada, en este sitio se cuenta con infraestructura existente del Municipio de Cayambe, se posee servicio de energía eléctrica, se puede acceder en carro y las adecuaciones son mínimas.

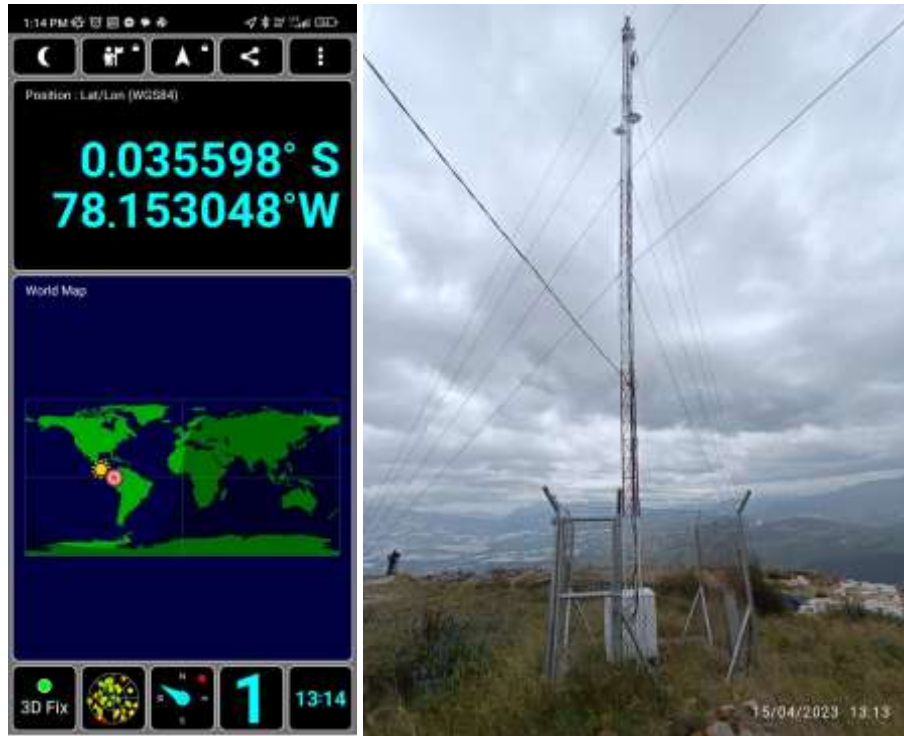


Figura 20: Sitio Carrera



Figura 21: Acceso de Sitio Carrera

SITIO SAN JUAN URCO: el sitio se encuentra ubicado en la Reserva Ecológica Cayambe - Coca, No dispone de servicio público de energía eléctrica, el acceso es con vehículo 4x4 y el último tramo de 3.5 km solo se puede realizar el acceso mediante tracción humana y el camino es pantanoso en ciertos tramos.



Figura 22: Sitio San Juan Urco



Figura 23: Acceso de Sitio San Juan Urco

SITIO PISAMBILLA: el sitio se encuentra ubicado en la comunidad de Pisambilla, dispone de servicio público de energía eléctrica, el acceso es con vehículo 4x4 en época de lluvia, vía de tercer orden accesible.



Figura 24: Sitio Pisambilla



Figura 25: Acceso al Sitio Pisambilla

5.1.2. Infraestructura de telecomunicaciones y eléctrica

La infraestructura de telecomunicaciones es una pieza importante para el diseño de cobertura de radiocomunicación, dependiendo de las prestaciones de cada uno de los sitios como torres, y shelters o gabinete para ubicación y resguardo de equipos.

5.1.2.1. Torre y Mástiles

Las torres y mástiles son de diferentes tipos como torre ventada, monopolo, torre auto soportada y mástil. Permitiendo suplir las necesidades de ubicación de los sitios como, altura, seguridad y cobertura.

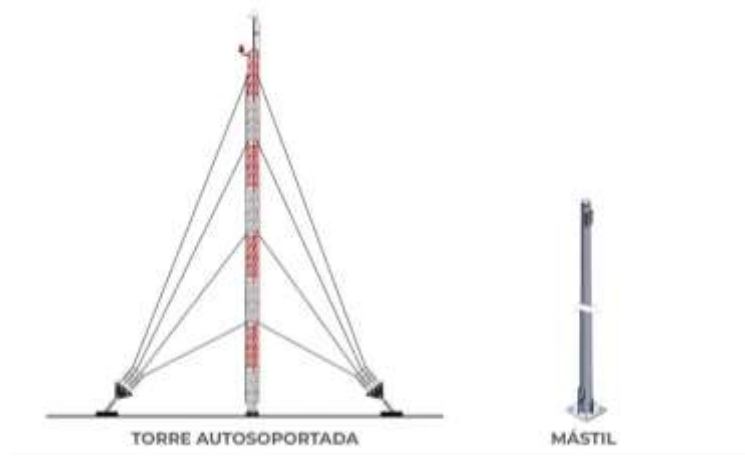


Figura 26: Infraestructura de telecomunicaciones

En este trabajo se reutilizará para el diseño en el sitio Carrera la torre ventada de 21 m, implementada por la municipalidad, en Pisambilla se propone instalar una estructura de 18 m y en de San Juan Urco un mástil de 6m Esta infraestructura debe ser fabricada en acero inoxidable, con pintura anticorrosiva, con anclajes y accesorios de acero inoxidable

5.1.2.2. Shelter, rack o cuarto de equipos


Los equipos que van a radiar en cada uno de los puntos de trasmisión deben contar con una infraestructura que permita proteger a los equipos de radiocomunicación, cumpliendo con las necesidades climáticas, capacidad de traslado, consumo de energía eléctrica y durabilidad.

Tabla 9: Shelter

SHELTER		
Característica Técnica	Especificación	Fotografía
Sistema Eléctrico	Mínimo 3 tomacorrientes. 1 interruptor. Lámpara fluorescente.	
Rack	Rack de piso abierto. 220x120x200 cm. 2 organizadores verticales y 3 horizontales. 2 bandejas 2 regletas de tomacorrientes para rack.	
Dimensiones	2.20 x 1.20 x 2.00 m	

Fuente: (SIRTEL DE TELECOMUNICACIONES, 2018)

Tabla 10: Gabinete

Gabinete		
Característica Técnica	Especificación	Fotografía
Sistema Eléctrico	Mínimo 3 tomacorrientes.	
Rack	Rack de piso abierto 2 organizadores verticales. 2 bandejas ranuradas. 2 regletas de tomacorrientes.	
Dimensiones	a) 1,80 x 0.60 x 0.60 m b) 1,20 x 0.60 x 0.40 m	

Fuente: (QUEST INTERNACIONAL S.A., 2021)

5.1.3.3. Selección de sistemas eléctricos

El sistema eléctrico es fundamental para la operatividad de los equipos de radiocomunicación, esta energía puede ser producida mediante paneles solares o convencional. También para la protección de los dispositivos se debe generar una puesta a tierra y pararrayos

Energía convencional de la red interconectada

La energía eléctrica en el sitio de Cayambe se solventará mediante el sistema interconectado nacional, también se adicionará un back up de energía con una estructura de almacenamiento en caso de que se tengan cortes eléctricos.

Tabla 11: Características del sistema eléctrico convencional

ENERGÍA CONVENCIONAL DE LA RED INTERCONECTADA	
Características	Esquema de conexión
Línea de distribución de 110 V Batería de UPS de 12V DC 100 A Inversor de corriente 110 V CA a 12 V DC. Regulador de carga Cargador de baterías de 12 V DC.	<p>ESQUEMA ENERGÍA CONVENCIONAL DE LA RED INTERCONECTADA</p> <p>INTERCONECTADO AC/DC BATERÍAS TELECOMUNICACIONES</p>

Sistema de energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica renovable es la que aprovecha la luz solar, para convertirle en electricidad empleando una tecnología basada en efecto fotoeléctrico. Al mismo se adicionará un sistema de almacenamiento para poder prever electricidad a los equipos de radiocomunicación, cuando no se tenga acceso a la luz solar y mantener la operatividad de los equipos.

Tabla 12: Características del sistema de energía fotovoltaica

SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA	
Características	Esquema de conexión
Paneles Solares de 110 W Reguladores de carga Inversor de 1000 W Batería de UPS de 12V DC 100 A Cargador de 12 V DC	<p>ESQUEMA ENERGÍA SOLAR</p> <p>INTERCONECTADO REGULADOR BATERIAS TELECOMUNICACIONES</p>

SISTEMA DE PARARRAYOS Y TIERRA

Los sistemas de puesta a tierra y pararrayos son muy indispensables para proteger a los equipos de radiocomunicación de descargas, variaciones eléctricas y rayos. Permitiendo mantener la operatividad de los dispositivos que tienden a ser muy sensibles a estas variaciones.

Tabla 13: Características del sistema de pararrayos y tierra

SISTEMA DE PARARRAYOS Y TIERRA	
Características	Esquema de conexión
<p>Pararrayos tipo franklin</p> <p>Cable # 0 enchaquetado para bajante</p> <p>Varilla coperwell o malla de tierra</p>	<p style="text-align: center;">ESQUEMA DEL SISTEMA DE PARARRAYOS Y TIERRA</p> <p>PARARRAYOS TIPO FRANKLIN</p> <p>LINEA DE TIERRA</p> <p>MALLA DE TIERRA O VARILLA COPERWELL</p>

5.1.3. Selección de equipos para el sistema de radiocomunicación


En el siguiente apartado se definirá todos los equipos que se utilizaran en el sistema de radiocomunicación para proponer una cobertura óptima para satisfacer las necesidades de la Coordinación de Agua Potable y Saneamiento de la EMAPAAC-EP.

5.1.3.1. Radio

Las radios pueden ser fijas, móviles y portátiles, las mismas que son un equipo electrónico analógico o digital, que se permite comunicarse entre diferentes puntos dependiendo de la portabilidad dentro del área de cobertura, permitiendo dar soluciones de comunicación en diferentes industrias como seguridad, trabajo público, servicios básicos, hoteleros etc. Estos equipos de acuerdo a su funcionalidad tienen una variedad de dispositivos disponibles en el mercado para el presente diseño se eligió los siguientes radios:


- Motorola DEM 400
- Motorola Mototrbo DEP 450.

Tabla 14: Descripción de Radio Móvil Motorola DEM 400

MOTOROLA DEM 400 – VHF		
Característica Técnica	Especificación	Fotografía
Capacidad de canales	64	
Baja potencia	1 -25 W	
Alta potencia	25 - 45 W	
Frecuencia	136 – 174 MHz	
Espaciamiento de Canal	12.5, 25 kHz	
Dimensiones Aproximadas	44 x 169 x 134 mm	
Peso Aproximado	1.3 Kg	
Intermodulación	75 dB	
Temperatura de Funcionamiento	-30 °C / +60 °C	


Fuente: (MOTOROLA SOLUTIONS, 2019)

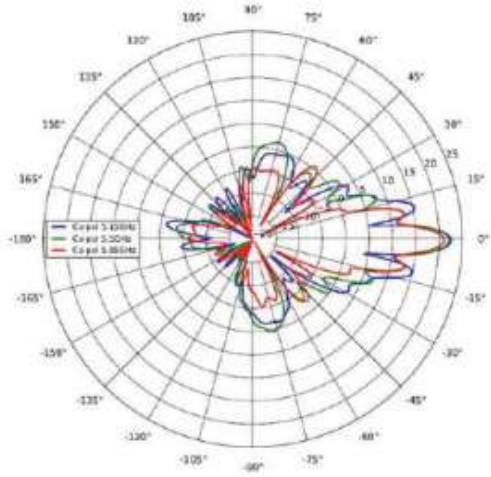
Tabla 15: Descripción de Radio Portátil Motorola DEP 450

DEP 450 VHF		
Característica Técnica	Especificación	Fotografía
Capacidad de canales	16	
Baja Potencia	1 W	
Alta potencia	5 W	
Frecuencia	136 – 174 MHz	
Dimensiones Aproximadas	127,7 x 61,5 x 44,0 mm	
Peso Aproximado	406 g	
Duración mínima de Batería	11.5 hrs	
Pantalla	No	
Intermodulación	70 dB	
Temperatura de Funcionamiento	-30° C / +60° C	

Fuente: (Motorola Solutions, 2015)

Tabla 16: Radio Force 300 Series

RADIO FORCE 300-25		
Característica Técnica	Especificación	Fotografía
Modelo	Force 300 -25	
Rango de frecuencia	4910 - 5970 MHz	
Tecnología	IEEE 802.11ac	
Espacio de canal	5 MHz	
Ethernet Interface	10/100/1000 BaseT	
VLAN	802.1Q	
DESEMPEÑO		
Sensibilidad de recepción nominal en canal de 20 MHz	MCS 0 = -87 dBm a MCS 8 (256 QAM-3/4)	
Sensibilidad de recepción nominal en canal de 40MHz	MCS 0 = -85 dBm a MCS 9 (256 QAM-5/6)	
Niveles de modulación	MCS 0 (BPSK) a MCS 9 (256 QAM-5/6)	
Rango de potencia de trasmisión	0 a +27 dBm	
Encriptación	128-bit AES	
FÍSICO		
Peso	2.4 Kg	
Dimensión	47 x 31 cm	
Voltaje de entrada	30 V pasivo PoE	
Potencia	12 W	
Temperatura	-30° C to 60° 5C	
ESPECIFICACIONES DE ANTENA		
Rango de frecuencia	4910 - 5970 MHz	
Tipo	Yagui	
Tipo de estructura	Plato	
Ganancia	25 dBi	




Acimut de ancho de haz de 3 dB	6° a 10°	
Elevación de ancho de haz de 3 dB	6° a 10°	

Fuente: (CAMBIUM NETWORKS, 2022)

5.1.3.2. Repetidora

La estación repetidora permite retransmitir o amplificar una señal RF, este dispositivo se utiliza para aumentar la ganancia de la señal de cobertura de radiocomunicación, porque debido a las condiciones climáticas, geográficas y en otras que impiden la comunicación desde el origen. En el proyecto se seleccionó el equipo Repetidor Digital Motorola Mototrbo SLR5100.

Tabla 17: Repetidor Motorola Digital VHF

REPETIDORA MOTOTRBO SLR5100		
Característica Técnica	Especificación	Fotografía
Capacidad de canales	64	
Potencia de salida RF	1 -50 W	
Rango de Frecuencia	136 – 174 MHz	
Espaciamiento de Canal	12.5 KHz / 25 KHz	
Sensibilidad Típica Receptor	0.22 uV	
Intermodulación típica de Receptor	82 dB	
Atenuación de Intermodulación Trasmisor	40 dB	
Operación	Análogo / Digital	
Puertos Rj45	2	
Conectividad	Ethernet, USB	
Protocolo IP	Si	
Dimensiones Aproximadas	44 x 483 x 370	
Peso Aproximado	8.6 Kg	
Temperatura de Funcionamiento	-30°C / +60°C	

Fuente: (MOTOROLA SOLUTIONS, 2022)

5.1.3.3. Duplexor

El duplexor tiene la funcionalidad de transmitir y recibir al mismo tiempo con una sola antena, el seleccionado para este proyecto se describe en la siguiente tabla.

Tabla 18: DUPLEXOR Sinclair Q2220E

DUPLEXOR Sinclair Q2220E		
Característica Técnica	Especificación	Fotografía
Frecuencia	136 – 174 MHz	
Filtros	Pasa banda de ¼ de onda	
Aislamiento	70 dB	
Impedancia	50 Ω	
Promedio de energía de entrada	350 W	
Separación de frecuencia	0.5 MHz	
Perdida de Inserción	1.5 dB	
Dimensiones	770 x 106 x 483 mm	
Peso	12.71 Kg	
Temperatura de operación	-30° C a +60° C	


Fuente: (SIOCLAIR, 2019)

5.1.3.4. Antena

Una antena permite radiar la señal que va ser transmitida dentro del rango de cobertura diseñado. En este proyecto se sugiere la utilización de una antena de 4 dipolos.

Considerando las necesidades del administrador del proyecto Huayco Machay se concluye que la irradiación de la antena mínima debe ser de 4 dipolos VHF para cubrir la mayor cantidad de superficie por donde se extiende la línea de conducción del proyecto, generando una solución efectiva de comunicación.

Tabla 19: Antena

ANTENA 4 DIPOLOS VHF		
Característica Técnica	Especificación	Fotografía
Rango de Frecuencia	138-150 MHz.	
Ganancia	6 dB Omnidireccional y 9 dB tipo offset	
Potencia Máxima	200 watts	
Impedancia	50 ohmios	
Resistencia al viento	120 km/h	
VSWR	Menor a 1.5 dB	

Fuente: (SPECTRUM, 2023)

5.1.4. Simulación de enlace y cobertura del sistema de radiocomunicación

Mediante la determinación de la zona de cobertura y los puntos geográficos definidos para las estaciones y los equipos seleccionados para el presente proyecto, se procede a realizar la simulación de los enlaces y cobertura de la señal mediante la herramienta de Radio Mobile, para el sistema de radiocomunicación que necesita la EMAPAAC-EP.

Tabla 20: Herramientas complementarias para el diseño y simulación de cobertura

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN	UTILIZACIÓN
GPS	GPS o sistema de posicionamiento global utilizan satélites mediante un algoritmo de sincronización de locación, es decir este permite proporcionar información relativa con una ubicación, y velocidad.	El GPS es utilizado para adquirir datos de ubicación y trayectoria de la línea de conducción del proyecto Huayco Machay y sitios de interés de la institución, en función de los objetivos empresariales sobre la dotación de líquido vital en la ciudad de Cayambe.
Google Earth	Es un sistema informático que tiene información geográfica del planeta tierra que permite visualizar la	Permite indicar los puntos y línea de conducción del proyecto Huayco Machay en la herramienta de Google Earth.

	cartografía basándose en sistemas satelitales.	También se puede posicionar los enlaces conjuntamente con las funcionalidades de radio mobile.
Radio Mobile	Es un software libre para cálculo de radio enlaces de larga distancia y predicción de propagación de ondas electromagnéticas, utilizando perfiles geográficos, combinados con las características de los equipos utilizados en el diseño del enlace. También permite visualizar la cobertura simulada en Google Earth, visualizando de mejor manera las predicciones de acuerdo a las necesidades del diseñador.	El Radio Mobile permite predecir o simular el diseño del radio enlace y cobertura de interés de la EMAPAAC-EP.

5.1.4.1. Diseño de Enlace

Los parámetros de simulación se definieron de acuerdo a las necesidades de la EMAPAAC-EP, permitiendo cubrir los requerimientos, de acuerdo a la infraestructura, equipos y sitios definidos para este proyecto.

Enlace 1

En el enlace uno se escogió el equipo Radio Force 300-25 y las estaciones se encuentran ubicadas en la comunidad de Carrera y Pisambilla por las prestaciones geográficas que brinda para obtener una Zona de Fresnel óptima para el enlace1.

Tabla 21: *Parámetros de enlace 1: Carrera - Pisambilla*

ENLACE 1: CARRERA - PISAMBILLA	
Rango de frecuencia	5150 – 5155 MHz

Potencia	12 W
Sensibilidad Rx	-85 dBm
Perdida en línea	1 dB
Antena	Force 300-25
Tipo	Yagui
Tipo de estructura	Plato
Ganancia	25 dBi
Clima	Continental templado
Topología de trabajo	Estrella máster esclavo
Altura de la torre Tx	19 m
Altura de la torre Rx	17 m
Latitud Tx	0.035598° S
Longitud Tx	78. 153048° W
Latitud Rx	0.060145 ° S
Longitud Rx	78.109895 ° W
Distancia	5.52 km

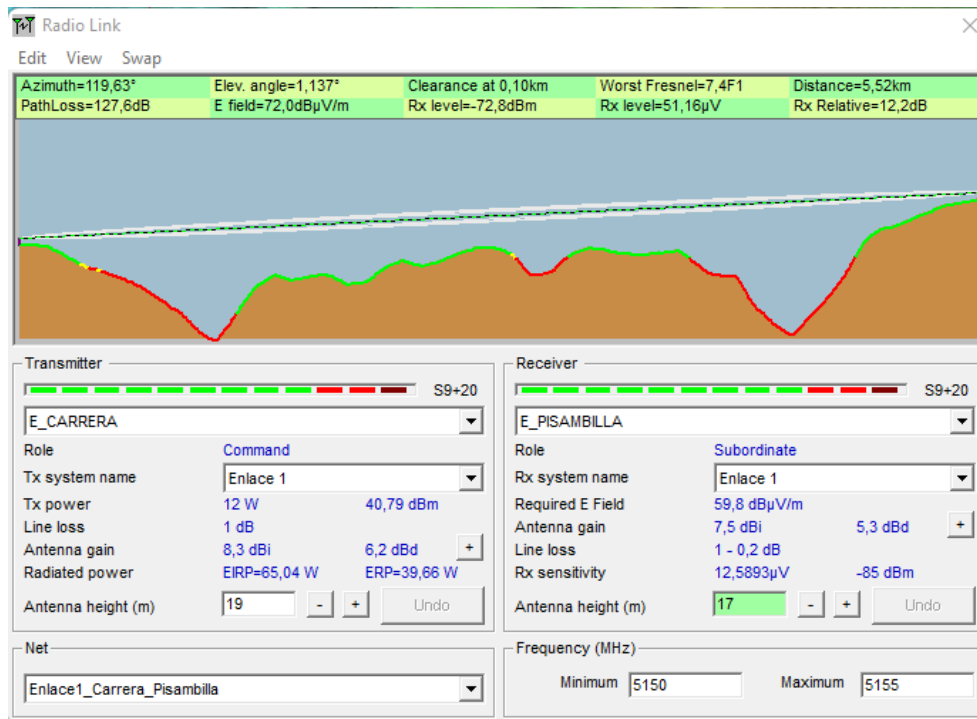


Figura 27: Simulación de Enlace 1: Carrera - Pisambilla – Radio Mobile



Figura 28: Simulación de Enlace 1: Carrera - Pisambilla – Google Earth

El resultado de la simulación del Enlace 1: Carrera – Pisambilla se obtiene como resultado 7.4 F1 zonas de Fresnel, por lo que se estima un enlace exitoso, considerando que el valor recomendado es 0.6 F1 para un correcto enlace.

Enlace 2

En el enlace dos se escogió el equipo Radio Force 300-25 y las estaciones se encuentran ubicadas en la comunidad de Pisambilla y el sector de San Juan Urco por las prestaciones geográficas que brinda para obtener una Zona de Fresnel óptima para el enlace 2.

Tabla 22: Parámetros de enlace 2: Pisambilla – San Juan Urco

ENLACE 2: PISAMBILLA – SAN JUAN URCO	
Rango de frecuencia	5170 – 5175 MHz
Potencia	12 W
Sensibilidad Rx	-85 dBm

Perdida en línea	1 dB
Antena	Force 300-25
Tipo	Yagui
Tipo de estructura	Plato
Ganancia	25 dBi
Clima	Continental templado
Topología de trabajo	Estrella maestro - esclavo
Altura de la torre Tx	17 m
Altura de la torre Rx	5 m
Latitud Tx	0.060145 ° S
Longitud Tx	78.109895 ° W
Latitud Rx	0.030098 ° S
Longitud Rx	77.987386 ° W
Distancia	14.04 km

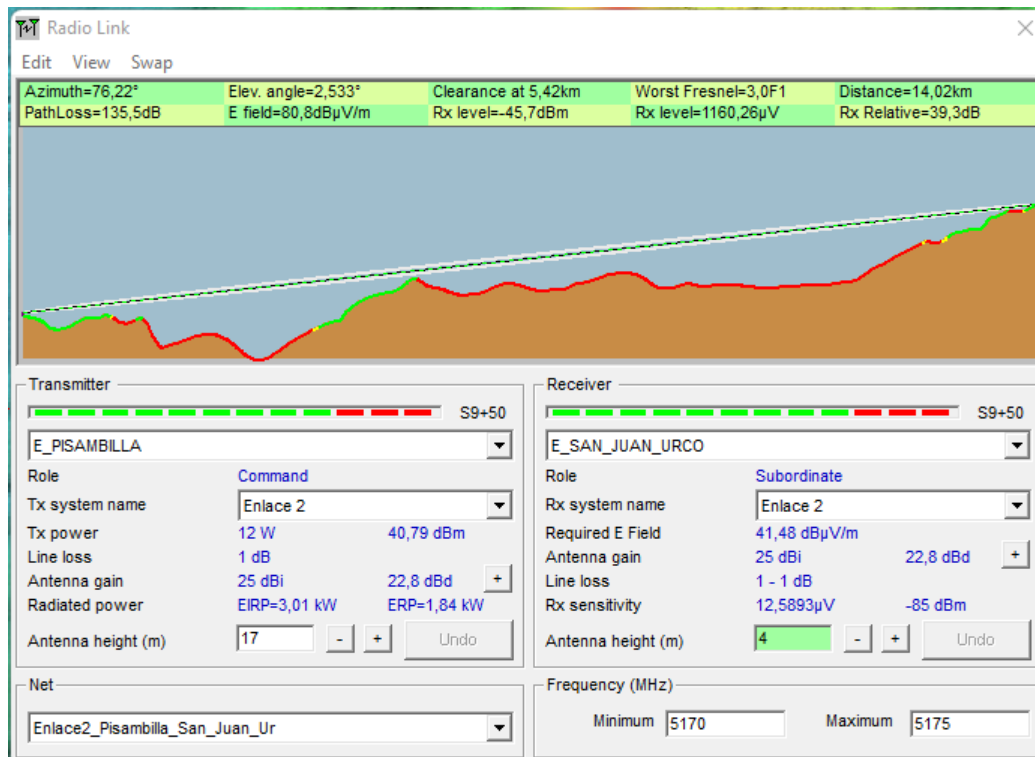


Figura 29: Simulación de Enlace 2: Pisambilla – San Juan Urco – Radio Mobile



Figura 30: Simulación de Enlace 2: Pisambilla – San Juan Urco – Google Earth

El resultado de la simulación del Enlace 2: Pisambilla – San Juan Urco se obtiene como resultado 3.0 F1 zonas de Fresnel, por lo que se estima un enlace exitoso, considerando que el valor recomendado es 0.6 F1 para un correcto enlace.

5.1.4.2. Diseño de cobertura del sistema de radiocomunicación

En el estudio de cobertura se utilizará el programa Radio Mobile, de acuerdo a los parámetros establecidos por las necesidades de la EMAPAAC-EP y disponibilidad de equipos existentes en el mercado, permitiendo cubrir los requerimientos, de acuerdo a la infraestructura, dispositivos y sitios definidos para este proyecto.

Tabla 23: Parámetros de Cobertura

PARÁMETROS ESTACIÓN CAYAMBE Y SAN JUAN URCO	
Rango de frecuencia	140.75 – 153.25 MHz
Frecuencia Central	147 MHz
Clima	Continental
Topología	Maestro – Esclavo

Potencia de Tx	40 W
Sensibilidad de Rx	0.22 Uv
Perdida en línea	2.7 dB
Ganancia de antena	6 dB
Altura de antena Tx	17 m
Altura de antena Rx	1.5 m

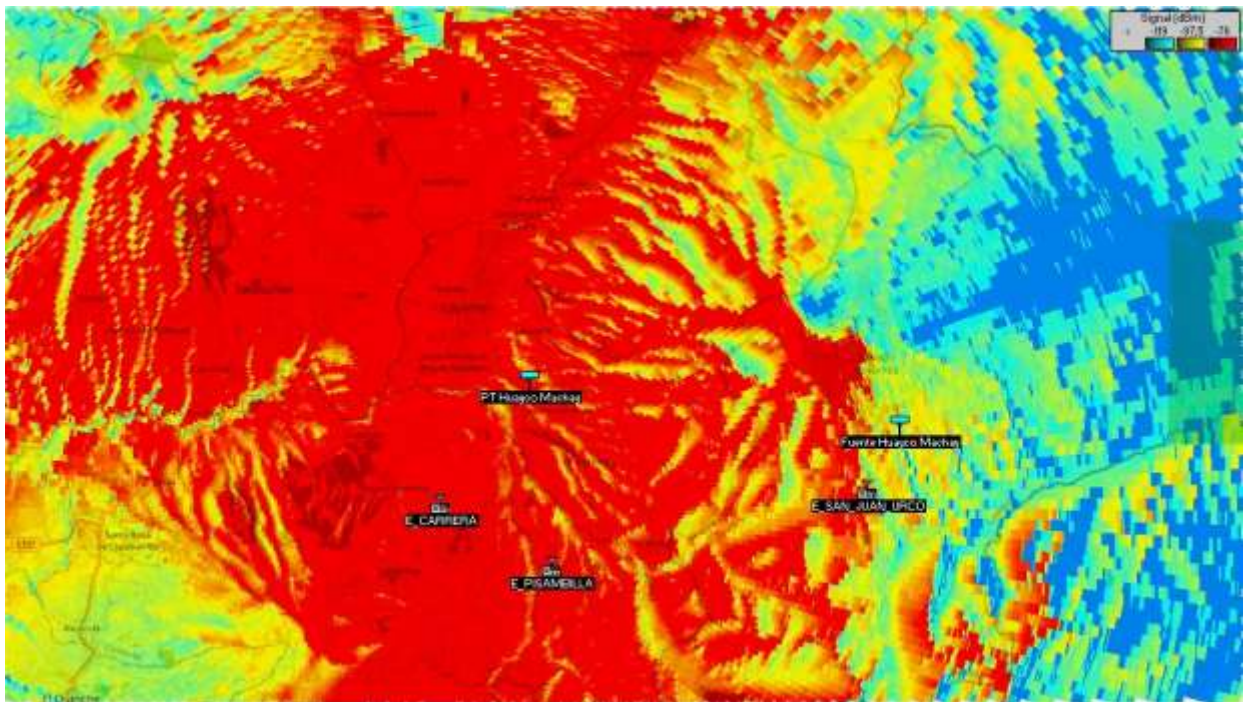


Figura 31: Simulación de Cobertura Estación Carrera – Radio Mobile

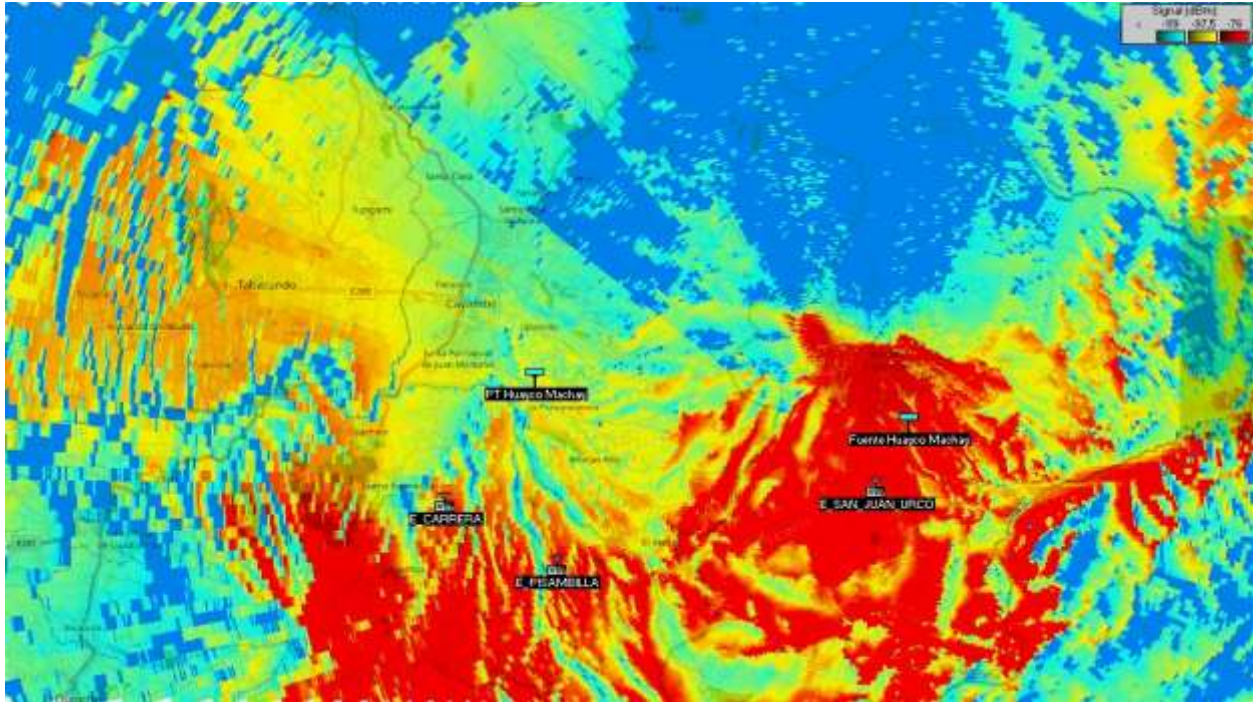


Figura 32: Simulación de Cobertura Estación San Juan Urco – Radio Mobile

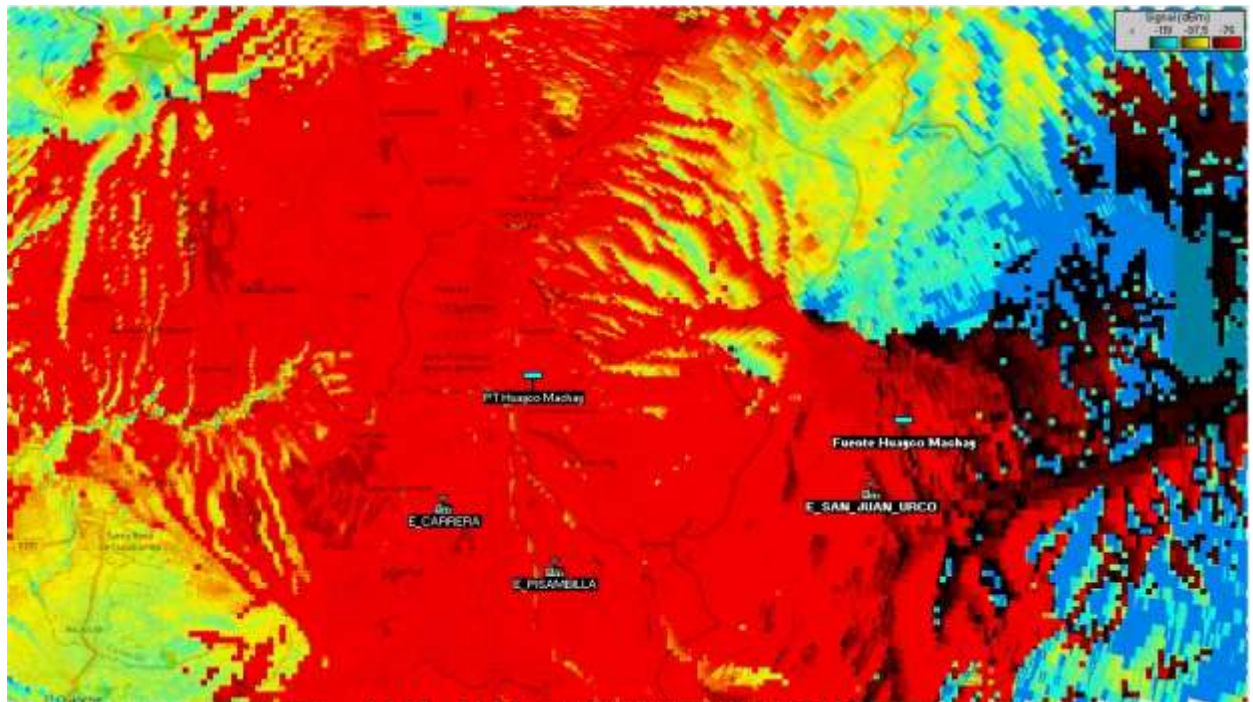


Figura 33: Simulación de Cobertura de Estación Carrera y San Juan Urco – Radio Mobile

Al simular la cobertura con los parámetros definidos para el proyecto se obtiene buenos resultados para las necesidades del Proyecto Huayco Machay, permitiendo cubrir en aproximadamente el 95% de la zona de interés.

5.2. Resumen de equipos para el sistema de radiocomunicación

Para solventar las necesidades institucionales de comunicación, se diseña un sistema de radiocomunicación digital para el Proyecto Huayco Machay. En referencia al equipamiento se mencionan varias marcas y las más eficientes para esto son, Kenwood, Hytera y Motorola; para este hecho también se debe optimizar los recursos como el ancho del canal. En este proyecto se trabajará con un canal físico de 12,5 KHz y dos canales lógicos en dos diferentes ranuras de tiempo, permitiendo montar dos canales en una sola infraestructura, por consiguiente, los equipos indispensables para este hecho se describen a continuación.

Tabla 24: Equipos y materiales para el sistema de radiocomunicación VHF

ÍTEM	EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD	CARACTERÍSTICAS
SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN				
1	Repetido VHF	2	U	MOTOTRBO SLR5100 Repetidor Motorola digital VHF 136-174 Mhz 50 Watt
2	Antenas de 4 Dipolos	2	U	Antenas de 4 Dipolos VHF Tipo offset de 9 dBi
3	Duplexor	2	U	Duplexor Siclair Q2220E De 4 cavidades - VHF 136-174 Mhz
4	Cable Coaxial RF	70	m	Cable Helexial
5	Conectores Tx y Rx	16	U	Conectores para repetidor y Duplexor
6	Cables Tx y Rx	30	m	Cables de RF
CONEXIÓN DE DATOS				
7	Radios en 5 ghz Cambium force 300-25	4	U	RADIO FORCE 300-25 Radio Tx y Rx en bandas libres 5 Ghz
8	Switch de 8 Puertos	3	U	TP-LINK TL-SG3210

				SWITCH ADMINISTRABLE L2 DE 8 PUERTOS GIGABIT	
INFRAESTRUCTURA					
9	Torre soportada	1	U	Tipo	Triangular, acero inoxidable.
				Altura	21 m
				Pintura	Galvanizada
				Tensor	cable tensor acero 1/4, anclajes, templadores galvanizados #16, grilletes 1/4,
10	Mástil	2	U	Mástiles de 6 m. tubo galvanizado de dos pulgadas. Templadores de tubo 1/4 galvanizados, 3 puntos para templadores.	
11	Shelter	1	U	Para Rack de piso abierto 220x120x200 cm. 2 organizadores verticales, 3 horizontales. 2 bandejas ranuradas. 2 regletas de tomacorrientes.	
12	Gabinete para Exteriores IP64	2	U	Gabinete BEAUC. TABLE. MOD 180x60x60 I-0365-1 PES.IP64 Rack de piso abierto 1.80 m (36 UR). 2 organizadores verticales, 2 bandejas ranuradas, 2 regletas de tomacorrientes para rack.	
13	Estructura de paneles solares de hierro	1	U	Estructura de paneles solares galvanizada.	
14	Cerramiento	32	m	Malla galvanizada para cerramiento. 12 m en el sitio de Pisambilla	

				20 m en el sitio de San Juan Urco
SISTEMA ELÉCTRICO				
15	Paneles solares de 100 watts	6	U	Paneles solares Powest NERP100-8100 de 100 watts; Dimensiones del panel solar: 67 cm x 103 cm x 3.6 cm.
16	Reguladores de carga	3	U	Reguladores de carga POWMR SOLARE MPPT Controlador de Carga Solar MPTT 40 A (12-24 V)
17	Inversor de 1000 watts	3	U	Inversor de 1000 watts
18	Batería de GEL 12VDC	6	U	Batería 12VDC, 100 AH, Gel, o agm
19	Pararrayos y puesta a tierra	3	U	Pararrayos y puesta a tierra para las 3 estaciones. Instalación de sistema tierra. Pararrayos Franklin 5 puntas. Cable enchaquetado 1/0. Varillas coperwell.
20	Reguladores de Voltaje de 1000W	3	U	Regulador de voltaje Forza NT-1011 1000VA

5.3. Análisis de Costos

En este ítem se analizará el costo aproximado que tendría la implementación del diseño de sistema de radiocomunicación, donde implica la instalación, transporte y puesta en marcha del sistema por sitio.

5.3.1. Estación de Carrera

Análisis de costos de la Estación Carrera.

Tabla 25: *Análisis de Costos de Estación Carrera*

ÍTEM	EQUIPO	CANT.	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Repetido VHF MOTOTRBO SLR5100	1	U	\$ 3.840,00	\$ 3.840,00
2	Antenas de 4 Dipolos Tipo offset de 9 dBi	1	U	\$ 450,00	\$ 450,00
3	Duplexor Siclair Q2220E	1	U	\$ 2.268,00	\$ 2.268,00
4	Cable Coaxial RF	46	M	\$ 15,00	\$ 690,00
5	Conectores Tx y Rx	8	U	\$ 3,00	\$ 24,00
6	Cables Tx y Rx	18	M	\$ 1,75	\$ 31,50
7	Radios en 5 ghz Cambium force 300-25	1	U	\$ 865,00	\$ 865,00
8	Switch de 8 Puertos TL-SG3210	1	U	\$ 110,00	\$ 110,00
9	Gabinete para Exteriores IP64 180x60x60 cm	1	U	\$ 1.066,50	\$ 1.066,50
10	Reguladores de carga Controlador MPTT 40 A (12-24V)	1	U	\$ 140,00	\$ 140,00
11	Inversor de 1000 watts	1	U	\$ 698,00	\$ 698,00
12	Batería de GEL 12VDC	2	U	\$ 532,00	\$ 1.064,00
13	Pararrayos y puesta a tierra	1	U	\$ 546,00	\$ 546,00

14	Reguladores de Voltaje de 1000W	1	U	\$ 140,00	\$ 140,00
15	Transporte tracción mecánica	2	U	\$ 68,50	\$ 137,00
16	Obra civil: Losa de equipos	1,5	M2	\$ 38,75	\$ 58,13
17	Configuración y puesta en marcha	1	U	\$ 425,00	\$ 425,00
COSTO TOTAL ESTACION CARRERA					\$12.553,13

5.3.2. Estación de Pisambilla

Análisis de costos de la Estación Pisambilla

Tabla 26: *Análisis de Costos de Estación Pisambilla*

ÍTEM	EQUIPO	CANT.	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Radios en 5 ghz Cambium force 300-25	2	U	\$ 865,00	\$ 1.730,00
2	Switch de 8 Puertos TL-SG3210	1	U	\$ 110,00	\$ 110,00
3	Torre soportada DE 21 m	1	U	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
4	Gabinete para Exteriores IP64 180x60x60 cm	1	U	\$ 1.066,50	\$ 1.066,50
5	Cerramiento Altura 200 cm	12	M	\$ 38,00	\$ 456,00
6	Reguladores de carga Controlador MPTT 40 A (12-24V)	1	U	\$ 140,00	\$ 140,00
7	Inversor de 1000 watts	1	U	\$ 698,00	\$ 698,00
8	Batería de GEL 12VDC	2	U	\$ 532,00	\$ 1.064,00
9	Pararrayos y puesta a tierra	1	U	\$ 546,00	\$ 546,00

10	Reguladores de Voltaje de 1000W	1	U	\$ 140,00	\$ 140,00
11	Transporte tracción mecánica	2	U	\$ 68,50	\$ 137,00
12	Obra civil: Losa de equipos	1,5	M2	\$ 38,75	\$ 58,13
13	Obra civil: Bordillos para cerramiento	12	M	\$ 10,76	\$ 129,12
14	Obra civil: Dados de Hormigón para anclaje 30 x 30 x 20cm	9	U	\$ 13,25	\$ 119,25
15	Configuración y puesta en marcha	1	U	\$ 425,00	\$ 425,00
COSTO TOTAL ESTACION PISAMBILLA					\$ 9.319,00

5.3.3. Estación de San Juan Urco

Análisis de costos de la Estación San Juan Urco

Tabla 27: Análisis de Costos de Estación San Juan Urco

ÍTEM	EQUIPO	CANT.	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Repetido VHF MOTOTRBO SLR5100	1	U	\$ 3.840,00	\$ 3.840,00
2	Antenas de 4 Dipolos Tipo offset de 9 dBi	1	U	\$ 450,00	\$ 450,00
3	Duplexor Siclair Q2220E	1	U	\$ 2.268,00	\$ 2.268,00
4	Cable Coaxial RF	24	M	\$ 15,00	\$ 360,00
5	Conectores Tx y Rx	8	U	\$ 3,00	\$ 24,00
6	Cables Tx y Rx	12	M	\$ 1,75	\$ 21,00
7	Radios en 5 ghz Cambium force 300-25	1	U	\$ 865,00	\$ 865,00
8	Switch de 8 Puertos TL-SG3210	1	U	\$ 110,00	\$ 110,00

9	Mástil 6m	2	U	\$ 150,00	\$ 300,00
10	Shelter Medidas: 220x120x200 cm	1	U	\$ 1.570,00	\$ 1.570,00
11	Estructura de paneles solares de hierro galvanizado.	1	U	\$ 120,00	\$ 120,00
12	Cerramiento Altura 200 cm	20	M	\$ 38,00	\$ 760,00
13	Paneles solares de 100 watts	6	U	\$ 420,00	\$ 2.520,00
14	Reguladores de carga Controlador MPTT 40 A (12-24V)	1	U	\$ 140,00	\$ 140,00
15	Inversor de 1000 watts	1	U	\$ 698,00	\$ 698,00
16	Batería de GEL 12VDC	2	U	\$ 532,00	\$ 1.064,00
17	Pararrayos y puesta a tierra	1	U	\$ 546,00	\$ 546,00
18	Reguladores de Voltaje de 1000W	1	U	\$ 140,00	\$ 140,00
19	Transporte Tracción Humana	12	U	\$ 40,00	\$ 480,00
20	Obra civil: Losa de equipos	1,5	M2	\$ 38,75	\$ 58,13
21	Obra civil: Bordillos para cerramiento	20	M	\$ 10,76	\$ 215,20
22	Obra civil: Dados de Hormigón para anclaje 30 x 30 x 20cm	6	U	\$ 13,25	\$ 79,50
23	Configuración y puesta en marcha	1	U	\$ 425,00	\$ 425,00
COSTO TOTAL ESTACION SAN JUAN URCO					\$17.053,83

5.3.4. Costo del Sistema

El presupuesto referencial para la implementación del sistema de radiocomunicación de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Aseo Cayambe, tiene un costo de \$38.925,96, mediante la autorización y concesión de utilización de frecuencias que designa por el ARCOTEL.

Tabla 28: *Costo Total del Sistema de Radiocomunicación*

ÍTEM	EQUIPO	COSTOS
1	Estación Carrera	\$ 12.553,13
2	Estación Pisambilla	\$ 9.319,00
3	Estación San Juan Urco	\$ 17.053,83
TOTAL		\$ 38.925,96

Las condiciones que produce el sistema de radiocomunicación a la Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Aseo Cayambe, son apropiadas para favorecer la seguridad de los trabajadores, mejorar la provisión de agua potable a la ciudad de Cayambe, porque prevendrá acciones fortuitas que se debe tomar de manera ágil y técnica en el proceso de transporte y potabilización de liquido vital.

La evaluación económica del proyecto es en función del beneficio de la necesidad de la EMAPAAC-EP en el sistema de radiocomunicación, que ponderara la calidad, seguridad y la provisión del servicio de agua potable a la ciudad de Cayambe. Considerando estos hitos en el presente trabajo es rentable la implementación para la institución y el Proyecto Huayco Machay.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Aseo Cayambe a partir de octubre de 2022 inició operaciones en el Proyecto Huayco Machay, generando la necesidad de comunicación para los trabajadores de la organización en las funciones de mantenimiento y operación. En este trabajo se realizó el diseño de un sistema de radiocomunicación VHF para solventar la necesidad de la organización, cubriendo la cobertura de interés de la EMAPAAC-EP.
- El análisis técnico del diseño del sistema de radiocomunicación permite concluir que es factible, porque, permitirá el correcto funcionamiento del Proyecto Huayco Machay y la seguridad de los operarios que realizan el mantenimiento y operación. También es factible porque 2 de las 3 estaciones propuestas poseen energía eléctrica pública, fácil accesibilidad para su futura implementación y el tercero mediante energía renovable se puede implementar cumpliendo las expectativas de la institución.
- Al investigar diferentes sistemas de comunicación que permitan solventar la necesidad de la organización, se debe tomar en cuenta, que el sistema debe poseer las siguientes características, fácil instalación/operación, bajo costo, y cubrir la mayor cantidad de la zona de interés. En consecuencia, por la particularidad del Proyecto de Huayco Machay en la dificultad de acceso, energía eléctrica, perfil topográfico, se descarta otros sistemas como telefonía fija, IP, satelital y móvil, internet móvil y fijo, por la dificultad en la implementación, alto costo, baja cobertura para las necesidades de la EMAPAAC-EP.
- El diseño del sistema de radiocomunicación permitió evaluar la cobertura de interés de la organización mediante simulaciones, cubriendo el 95% de la necesidad institucional, manteniendo la comunicación entre los funcionarios de la EMAPAAC-EP mediante radios móviles y portátiles, permitiendo el correcto funcionamiento del Proyecto Huayco Machay y la seguridad de los operarios. El 5% restante de terreno que no se cubre, por el particular del perfil topográfico, en donde, se encuentra construida el sistema de agua potable de la ciudad de Cayambe.
- La necesidad de la organización de implementar un sistema de radiocomunicación es prioritaria, debido a que, en la actualidad no se cuenta con infraestructura y equipos propios, que permitan establecer una herramienta fundamental para el mantenimiento y operación del Proyecto Huayco

Machay. En este trabajo se definió el diseño y por ende el presupuesto referencial para la implementación del sistema de radiocomunicación de la EMAPAAC-EP, este se establece en \$38.925,96 dólares americanos, que es un presupuesto rentable para la institución.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda que se implemente el sistema de radiocomunicación, para solventar la necesidad de los trabajadores de la institución, con el objeto de que se transforme en una efectiva y eficaz herramienta tecnológica de la organización, logrando acciones oportunas para las actividades diarias del personal operativo que es el encargado del servicio, abastecimiento de agua potable y la seguridad del personal, beneficiando a la institución y también para la ciudadanía en general.
- Es necesario crear conciencia a las autoridades y el personal administrativo de la organización, sobre el rol fundamental que cumple un sistema de radiocomunicación para el proceso de operación, mantenimiento, seguridad del Proyecto Huayco Machay y el personal de institución. Esta herramienta permitirá optimizar recursos, prevenir, y atender emergencias de funcionamiento, laborales que beneficiarán en la eficiencia de la institución.
- Se recomienda realizar los trámites correspondientes en el ARCOTEL, para el proceso de títulos habilitantes y frecuencia de telecomunicaciones, para no incurrir en sanciones por el uso indebido del espectro radioeléctrico por parte de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.
- Se recomienda capacitar al personal de la EMAPAAC-EP, sobre la operación y mantenimiento del sistema de radiocomunicación, para el uso óptimo y eficaz de esta herramienta, mediante conceptos básicos de telecomunicaciones y elementos que componen.

REFERENCIAS

- ARCOTEL. (23 de Marzo de 2015). *Arcotel*. Recuperado el 16 de Octubre de 2022, de <https://www.arcotel.gob.ec/competencias/>
- CAMBIUM NETWORKS. (2022). *Force 300 Series*. Obtenido de https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/2020/11/Cambium_Networks_data_sheet_ePMP_Force_300_Series.pdf
- Chafla, J. (31 de Julio de 2020). *PUCE Centro de Educación Virtual*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2022, de <https://puceapex.puce.edu.ec/web/cev/redes-inalambricas-wlan-modulo-1-1/>
- Díaz, L. (Enero de 2011). *UNAM*. Obtenido de https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sa_njuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf
- Gómez, J., Camargo, L., & Beltrán, Y. (2019). *Radiocomunicaciones Teoría y Principios*. Santa Marta: Unimagdalena.
- Hucaby, D. (24 de Diciembre de 2015). *CISCO*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2022, de <https://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9781587144578/samplepages/9781587144578.pdf>
- ITU. (Noviembre de 2020). *ITU-INT*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2022, de <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/12.28.71.en.pdf>
- ITU-INT. (12 de Marzo de 2014). *ITU*. Obtenido de <https://www.itu.int/es/about/Pages/whatwedo.aspx>
- KENWOOD CORPORATION. (2 de Febrero de 2020). *KENWOOD*. Recuperado el 8 de Octubre de 2022, de https://www.kenwood.es/comm/digital/dmr/dmr_repetidores/TKR-D710E/?view=details
- Lozada, J. (Diciembre de 2014). *Dialnet-UniRioja*. Recuperado el 26 de Octubre de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Manohar, V., Bhardwaj, S., Venkatakrisnan, B. S., & Volakis, J. L. (26 de Mayo de 2021). *IEEEXPLORE*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2022, de <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9441011>
- MINTEL. (29 de Diciembre de 2012). *MINTEL*. Recuperado el 16 de Octubre de 2022, de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/plan-de-acceso-universal-y-alistamiento-digital/>

Monje, C. (28 de Febrero de 2017). *Universidad Veracruzana*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2022, de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

Motorola Solutions. (Julio de 2015). Obtenido de https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/MOT_MTRBO_DEP450_Product_SpecSheet_UHF2_ES_Digital.pdf

MOTOROLA SOLUTIONS. (2019). *Motorola DEM 400*. Obtenido de https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/business/products/two-way_radios/mobile_radios/wide_area_large_business_mobile_radios/cm200d/_documents/_static_files/mot_mototrbo_dem300_dem400_specsheet_es_080513.pdf

Motorola Solutions. (Enero de 6 de 2020). *Motorola Solutions*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2020, de https://www.motorolasolutions.com/es_xl/solutions/what-is-lmr.html

MOTOROLA SOLUTIONS. (2022). *REPETIDORA MOTOTRBO SLR5100*. Obtenido de https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/XL-ES/mot_slr5100_datashet_es.pdf

Murillo, J. J. (2013). *Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación*. Sevilla.

Neely, Richard. (18 de Marzo de 2019). *Academia.edu*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2022, de https://www.academia.edu/23747968/Experimento_de_Hertz

QUEST INTERNACIONAL S.A. (2021). Obtenido de <https://www.questinter.com/gabinetes-exteriores-piso/ge-2358>

Rancy, F. (27 de Enero de 2011). *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Recuperado el 13 de Octubre de 2022, de <https://www.itu.int/net/ITU-R/index.asp?category=information&link=itur-welcome&lang=es>

SIOCLAIR. (2019). *DUPLEXOR SINCALIR Q2220E*. Obtenido de <https://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/2019/08/21/66d06/Q2220E-DI%20Espanol.pdf>

SIRTEL DE TELECOMUNICACIONES. (2018). Obtenido de http://www.sirtel.com.ec/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=67&Itemid=63

SPECTRUM. (2023). Obtenido de <https://radiomotorola-spectrum.com/producto/antena-4-dipolos-vhf/>

ANEXOS