

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO DE UN ENLACE MICROONDAS PARA EL MONITOREO Y
ATENCIÓN DE PACIENTES CON TOS FERINA ENTRE EL HOSPITAL
MAMA ASHU Y EL HOSPITAL PAPÁ CARLETTO EN LA REGIÓN
ÁNCASH, PERÚ”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ROCA LIÑAN, ALEXANDRA JHOSELIN

**Villa El Salvador
2019**

DEDICATORIA

A toda mi familia, en especial a quienes más amo, mis padres, Pete y Yeny que, gracias a sus consejos, cariños, apoyo incondicional y confianza en cada etapa de mi vida, sigo creciendo como persona y como profesional, mis hermanos Peter, Andrea y Adriana por sus comprensiones y apoyo en momentos que necesito de ellos. También a mi novio Linder, quien me apoyó y alentó para escribir y concluir con este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la vida y la familia amorosa que tengo. A mis padres quienes me dieron educación, apoyo y consejos con mucho amor, empeño y sacrificio. A mis hermanos, mi novio y familiares, quienes me brindaron ánimos y apoyo al realizar el presente trabajo. De manera especial también agradezco a todos los profesores que me brindaron conocimientos sólidos y formación académica como estudiante universitaria para poder desarrollarme en el campo de la ingeniería. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	2
1.2. Justificación del Problema.....	2
1.3. Delimitación del proyecto	3
1.3.1. Teórica.....	3
1.3.2. Temporal.....	3
1.3.3. Espacial	3
1.4. Formulación del Problema	4
1.4.1. Problema General.....	4
1.4.2. Problemas Específicos.....	4
1.5. Objetivos de la investigación	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales	8
2.2. Bases Teóricas	9
2.2.1. Radioenlace.....	9
2.2.2. Ondas electromagnéticas	11
2.2.3. Fenómenos de propagación de ondas	11
2.2.4. Propagación de ondas de radio	13
2.2.5. Bandas de espectro electromagnético.....	13
2.2.6. Antenas	14

2.2.7.	Modos de transmisión.....	18
2.2.8.	Guía de onda	19
2.2.9.	Tipos de Guía de onda	19
2.2.10.	Softwares especializados para cálculo de enlaces	20
2.2.11.	Elementos para el diseño de un enlace microondas	23
2.3.	Definición de términos básicos.....	29
CAPITULO III: ESTUDIO Y DISEÑO DEL ENLACE MICROONDAS.....		31
3.1.	Modelo de solución Propuesto	31
3.1.1.	Descripción del proyecto	31
3.1.1.1.	Diagrama de operación	31
3.1.2.	Ubicación geográfica del hospital Papá Carletto	32
3.1.3.	Ubicación geográfica del hospital Mama Ashu	32
3.1.4.	Análisis del enlace Papá Carletto – hospital Mama Ashu.....	33
3.1.5.	Análisis del trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1	34
3.1.6.	Análisis del trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2.....	34
3.1.7.	Análisis del trayecto Repetidor 2 – hospital Mama Ashu	35
3.1.8.	Factibilidad del enlace	36
3.1.9.	Diseño	36
3.1.10.	Simulación	55
3.1.11.	Cronograma (Diagrama de Gantt)	66
3.2.	Resultados	67
CONCLUSIONES.....		68
RECOMENDACIONES		69
BIBLIOGRAFÍA		70
ANEXOS		72

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un radio enlace satelital.....	10
Figura 2. Esquema de un radio enlace terrestre	11
Figura 3. Antena tipo Direccional	15
Figura 4. Antenas tipo Sectoriales ubicadas en una torre	16
Figura 5. Antena tipo Omnidireccional Trendnet	16
Figura 6. Antena tipo Yagi marca Cisco	17
Figura 7. Antena tipo Grid Hyperlink	17
Figura 8. Antena tipo Parabólica CISCO	18
Figura 9. Estructura básica de las guías de onda rectangulares.....	20
Figura 10. Guía de onda circular por junta rotativa	20
Figura 11. Enlace con LinkPlanner.....	21
Figura 12. Enlace con PathLoos	22
Figura 13. Enlace con Radio Mobile.....	23
Figura 14. Línea de vista directa y línea de vista obstaculizada.....	24
Figura 15. Zona de Fresnel	25
Figura 16. Diagrama de Operación	31
Figura 17. Plano Satelital del hospital Papá Carletto	32
Figura 18. Plano Satelital del hospital Mama Ashu	32
Figura 19. Perfil del enlace directo hospital Papá Carletto – hospital Mama Ashu	33
Figura 20. Perfil del enlace hospital Papá Carletto – Repetidor 1	34
Figura 21. Perfil del enlace Repetidor 1 – Repetidor 2.....	35
Figura 22. Perfil del enlace Repetidor 2 – hospital Mama Ashu	35
Figura 23. Enlace con dos repetidores entre el hospital Papá Carletto y hospital Mama Ashu	36
Figura 24. NEC Pasolink	37
Figura 25. Torre tipo ventada	39
Figura 26. Despeje entre el obstáculo a la línea de vista	42
Figura 27. Esquema del enlace hospital Papá Carletto - Hospital Mama Ashu ...	45
Figura 28. Ingreso de parámetros en el Radio Mobile.....	55
Figura 29. Enlace hospital Papá Carletto – Hospital Mama Ashu en el simulador	56
Figura 30. Simulación del trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1.....	57

Figura 31. Simulación del Perfil de elevación del trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1	58
Figura 32. Patrón de radiación de la antena ubicada en H. Papá Carletto y Repetidor 1	58
Figura 33. Detalles del enlace, perfil del campo eléctrico y distribución de la señal Hospital Papá Carletto – Repetidor 1	59
Figura 34. Simulación del trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2	60
Figura 35. Simulación del Perfil de elevación del trayecto Repetidor 1 - Repetidor 2	61
Figura 36. Patrón de radiación de la antena ubicada en Repetidor 1 y Repetidor 2	61
Figura 37. Detalles del enlace, perfil del campo eléctrico y distribución de la señal Repetidor 1 – Repetidor 2	62
Figura 38. Simulación del trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu	63
Figura 39. Simulación del Perfil de elevación del trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu	64
Figura 40. Patrón de radiación de la antena ubicada en Repetidor 2 y Hospital Mama Ashu	64
Figura 41. Detalles del enlace, perfil del campo eléctrico y distribución de la señal Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu	65
Figura 42. Diagrama del proyecto	66

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Banda del espectro electromagnético	13
Tabla 2: Bandas del espectro radio eléctrico de microondas	14
Tabla 3. Radio [m] para la primera zona de fresnel.....	26
Tabla 4. Pérdidas en Espacio Abierto (PEA) en dB para diferentes distancias y frecuencias	27
Tabla 5. Características del sistema Nec Pasolink.....	37
Tabla 6. Altura de la torre y ubicación de la antena	40
Tabla 7. Ubicación geográfica de los nodos del enlace	53
Tabla 8. Consolidación de resultados	67

INTRODUCCIÓN

El radioenlace vía microondas nos permite la comunicación de un punto a otro por medio de las ondas electro magnéticas que se desplazan por espacio libre. Este tipo de comunicación nodo a nodo es importante debido su costo bajo de implementación y sobre todo a su flexibilidad de implementarse en zonas geográficas complicadas.

En el presente documento de investigación se diseñó un radio enlace vía microondas para la interconexión entre Hospitales Papá Carletto - Yanama y Mama Ashu – Chacas, ambos ubicados en la región Áncash del Perú, donde el acceso es muy complicado para otros sistemas de comunicación comunes.

Para diseñar este enlace vía microondas se hizo uso de parámetros como distancias de punto a punto, ubicación geográfica de las antenas, altura de las antenas para tener línea de vista y la evitar reflexión.

El proceso de diseño de este enlace microondas está debidamente sustentando por el software Radio Mobile y Google Earth.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

La tos ferina es una enfermedad respiratoria la cual puede ser mortal en los niños menores de 1 año que no tengan un tratamiento adecuado. En el 2018 el ministerio de salud del Perú, reporto 133 casos y 3 muertos por tos ferina en 4 semanas, para el 2019 y del mismo periodo el ministerio de salud ha reportado 83 casos de tos ferina.

El número de difusiones por tos ferina en el Perú es preocupante, ya que es una enfermedad que tiene tratamiento y puede ser controlada, según el ministerio de salud, Ancash es el cuarto departamento con más incidencia de tos ferina en menores de 1 año, esto se debe a que gran parte de los centros de salud que se hallan en los distritos de Ancash, no tienen los profesionales necesarios para un adecuado tratamiento.

Un claro ejemplo es el hospital Papá Carletto que se encuentra en el distrito de Yanama, provincia de Yungay - Ancash, este hospital cuenta con un médico general, una enfermera y una ambulancia, de presentarse un caso de tos ferina el hospital Papá Carletto no cuenta con los especialistas necesarios para brindar un adecuado tratamiento al paciente, por este motivo el paciente se tendría que trasladar al centro de salud especializado más cercano Mama Ashu de Chacas, provincia de Asunción-Ancash, ubicado a 57Km y 3hras. de viaje.

El hospital Mama Ashu de Chacas cuenta con diversos laboratorios y sala de operaciones, anestesiología y neonatología. A su vez brinda servicios de ecografías, radiografías. Está equipada con 40 camas y alrededor de 67 profesionales entre técnicos, médicos, enfermeros y personal administrativo.

1.2. Justificación del Problema

En el presente trabajo se diseñó un enlace vía microondas entre los hospitales Papá Carletto y Mama Ashu para que un médico especialista del Hospital Mama Ashu pueda dar mejor atención a los pacientes con tos ferina del hospital Papá Carletto mediante el monitoreo de los síntomas y mejoras que se presenten durante el periodo de tratamiento.

Este trabajo propone mejorar el tratamiento a los pacientes con tos ferina del hospital Papá Carletto del distrito de Yanama y a su vez a los pacientes con tos ferina de distritos aledaños que, debido a la lejanía, sus bajos recursos y falta de disponibilidad de un transporte público que los traslade al hospital Mama Ashu – Chacas, no pueden disponer de un centro médico con atención especializada.

Para realizar el monitoreo de la tos ferina, se propone implementar un estetoscopio electrónico de bajo costo en el hospital Papá Carletto - Yanama, que con la previa capacitación de uso del instrumento médico a un Licenciado en enfermería, se enviará imágenes de la medición confiable obtenida de la señal relacionada con los sonidos pulmonares del paciente, a través del radioenlace microondas a un médico especialista del hospital Mama Ashu – Chacas, quien analizará las imágenes y determinará el diagnóstico confiable del paciente, logrando así completar el historial clínico del paciente con tos ferina.

De tal manera, este trabajo tendrá relevancia social ya que optimizará la atención de los pacientes con tos ferina, proporcionándoles un adecuado tratamiento y monitoreo de la enfermedad.

1.3. Delimitación del proyecto

1.3.1. Teórica

El proyecto cuenta con el diseño de un enlace vía microondas con dos repetidores para amplificar la señal RF y brindar un mejor servicio de punto a punto, asimismo realizar el monitoreo de los pacientes con tos ferina.

1.3.2. Temporal

El proyecto de diseño de enlaces microondas se desarrolló en un periodo de 4 meses, a partir del mes de agosto del 2019 hasta el mes de noviembre del 2019.

1.3.3. Espacial

El presente proyecto de diseño de un enlace microondas, tiene como limitación espacial los distritos de Yanama y Chacas, ubicados en el departamento de Ancash.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿De qué manera podemos diseñar un enlace microondas entre el hospital Mama Ashu y el hospital Papá Carletto de Yanama?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo se podrá determinar la ubicación adecuada de las antenas para garantizar un enlace microondas?
- ¿Cómo realizar el enlace vía microondas según las características de la zona?
- ¿De qué manera se podrá comprobar que el diseño del enlace puede ser viable?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un enlace microondas entre el Hospital Mama Ashu y el Hospital Papá Carletto de Yanama para el monitoreo y atención de pacientes con tos ferina.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la ubicación adecuada de las antenas para garantizar un enlace microondas sin interferencias.
- Realizar el enlace vía microondas según las características de la zona.
- Simular el enlace microondas para comprobar que el diseño del enlace puede ser viable.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Perez, J., Tapias, J. (2018), en su tesis *“Diseño de radioenlaces y análisis de presupuesto, para interconectar el nuevo Hospital de la Candelaria en purificación con los puestos de salud de Chenche Asoleado y Chenche Uno en aras del desarrollo de la Telesalud”* para optar por el Título de Ingeniero de Telecomunicaciones en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, concluyó que:

- Se logró la identificación de los emplazamientos y sus perfiles elevación; con lo cual se pudo determinar la banda de frecuencias libres 4.9 – 6 GHz y la antena tipo sectorial Infilink XG 1000 como equipo a usar.
- Se simuló la red de telecomunicaciones usada para el radioenlace; la cual está acorde a los parámetros de: patrón de radiación, bandas de frecuencias, viabilidad, umbral de receptor, ganancia y eficiencia de las antenas usadas.
- Después de haber analizado la telemedicina se comprueba que las nuevas tecnologías se pueden poner al servicio de las comunidades, y que la relación de costo beneficio si se calculan las bondades a largo plazo representan ganancias en todos los niveles como lo es bienestar, desarrollo y calidad de vida por el impacto social que le aporta.

En el presente trabajo los autores diseñaron un radio enlace microondas para interconectar el nuevo Hospital de la Candelaria en Purificación con los puestos de salud de Chenche Asoleado y Chenche Uno para lograr implementar dicho proyecto de mejora de la Telesalud del municipio de Purificación, departamento del Tolima - Colombia, ya que estos dos últimos puestos de salud no tienen acceso a internet.

Tercero, M., Rivera, R. (2013), en su tesis "*Diseño de interconexión para enlace de microondas punto a punto entre las comunidades de San Carlos y el archipiélago de Solentiname*" para optar por el Título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, concluyó que:

- El diseño propuesto cumple teóricamente con los requerimientos específicos de la Union Internacional de Telecomunicaciones, la cual indica que para enlaces de trayectorias menores de 280Km, la confiabilidad del sistema debe ser del 99.9664%, valor que de acuerdo con los cálculos realizados en el diseño, es superior con el 99.999% de confiabilidad lo que indica que el enlace entre el Archipiélago de Solentiname y San Carlos es viable.
- Para finalizar el diseño de radio enlace, primeramente se procedió a realizar cálculos matemáticos para demostrar un fundamento teórico de los resultados que da el programa pathloss. Y por ello se concluye que el radio enlace en esa zona es viable debido a que no tiene gran afectación por las reflexiones del agua ya que esta es la principal razón que daña la comunicación microondas.
- El estudio y diseño de este radioenlace fue elaborado para dar una propuesta a futuro a la implementación del mismo, ya que la zona del Archipiélago de Solentiname es un área protegida por el gobierno de Nicaragua, declarada como patrimonio Nacional porque posee gran cantidad de vegetación y fauna silvestre. Pero ahora, gracias a este diseño se sabe que un radio enlace de esta índole se puede implementar para llevar desarrollo tecnológico a la zona interconectada con San Carlos.

En este trabajo, debido a la falta y necesidad de internet en las comunidades San Carlos y Solentiname donde la ubicación geográfica es complicada, se da la propuesta de elaborar un diseño de radioenlace microonda con el fin de dar solución a la necesidad de las comunidades, haciendo uso de fundamentos teóricos como también del programa computacional Pathloss para la simulación del diseño propuesto.

Quiroz, C., Ortiz, C., Parra, G. y Velázquez, F. (2018), en su artículo de investigación *“Diseño y construcción de un estetoscopio electrónico de bajo costo para la auscultación cardiaca y pulmonar”*, se concluyó que:

- Se logró diseñar un estetoscopio electrónico de bajo costo el cual cumple con las características necesarias para realizar una buena medición de la señal relacionada con los sonidos cardiacos y pulmonares con la finalidad de poder optimizar este recurso y obtener un mesurando confiable para el diagnóstico de patologías con el paciente, logrando complementar el historial clínico del paciente.
- Se realizó la adquisición de la señal mediante dos programas diferentes: Matlab y LabView, siendo que en LabView se puede observar la señal en tiempo real y tiene una interfaz más amigable con el usuario y en Matlab se pueden realizar análisis de las diferentes tomas que se van realizando.
- Es importante tomar en cuenta que la gran mayoría de los médicos sólo utilizan la parte acústica en el diagnóstico, cuando la parte visual puede resultar ser un perfecto complemento para el análisis de la señal adquirida, ya que es mejor tomar una decisión si se tienen dos fuentes de información, en este caso la auditiva y la complementaria que es la visual; aunado a esto, se tiene el despliegue de los decibeles de los sonidos corporales los cuales pueden ser una tercera fuente de datos para un análisis más completo y complejo.

El método propuesto en este artículo es el diseño y construcción de un estetoscopio electrónico en el cual se realizó el acondicionamiento de un sensor (micrófono electret), amplificación de la señal relacionada con el sonido pulmonar, filtrado, procesamiento y despliegue de la información en LCD hasta la visualización de los sonidos en tiempo real, del cual se logró obtener mediciones confiables. En cuanto al precio, este instrumento médico es de bajo costo a comparación de un estetoscopio convencional y de versión electrónica.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Zamora, D. (2017), en su tesis titulada *“Implementación de un sistema de interconexión de antenas para los centros de salud de Campo Verde, Las Mercedes y Neshuya de la Dirección Regional de Salud de Ucayali”*, para optar por el Título de Ingeniero de sistemas en la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, concluyó que:

- Mediante el estudio orográfico del relieve terrestre de la zona Emisor / Receptor y zona Repetidor, se observa que la Zona de Fresnel, es decir, la línea de vista se encuentra libre de obstáculos, mejorando notablemente la comunicación entre las zonas.
- Como propósito de esta investigación, el montaje de las 04 Torres de telecomunicaciones y alineación de las Antenas, se logró demostrar que la Tecnología de Antenas mejora el acceso a la información e internet desde cualquier parte.
- Se cumplió satisfactoriamente con la implementación de Interconexión de Antenas, la cual permitió transmitir la información de datos e internet, concluyendo ser un proyecto viable y efectivo para mejorar Costó de internet y mejor ancho de banda para conexión de Punto a Punto.

Este proyecto aplicó el sistema de comunicación por vía microondas para interconectar la Dirección Regional de Salud de Ucayali con los puestos de Salud de Neshuya, Campo verde y las Mercedes, también ubicados en Ucayali – Perú, satisfaciendo las necesidades de las entidades de salud en su estructura tecnológica.

Canal, H. (2006), en su tesis *“Diseño de un enlace de comunicaciones entre los hospitales Essalud de Cusco y Urubamba”* para optar el Título de Ingeniero Electrónico en la Pontificia Universidad Católica del Perú, se concluyó que:

- El enlace microondas entre los Hospitales ESSALUD de Cusco y Urubamba, permitirá brindar los servicios de telemedicina, teleeducación, telefonía IP, transferencia de datos e internet, con lo cual, se logrará un incremento en la cobertura de atención médica, mejoramiento de la

calidad del servicio de salud, incremento de la eficiencia en el manejo administrativo y la actualización del personal médico y técnico del Hospital ESSALUD de Urubamba.

- El diseño de un enlace de microondas con tecnología adecuada y económicamente viable, permitirá poner fin al estado de aislamiento de los centros asistenciales de salud ubicados en zonas distantes y remotas.
- Las antenas y torres ubicadas en las Estaciones Terminales o Estaciones Repetidoras deben ser muy estables frente a fenómenos atmosféricos ya que los enlaces microondas son sensibles a los movimientos, para reducir los movimientos de las antenas debido a la fuerza del viento se utilizan antenas directivas del tipo grid.
- El programa Radio Mobile es una herramienta práctica y versátil para el diseño de redes de comunicaciones complejas, los valores obtenidos matemáticamente y los obtenidos con el programa son muy aproximados, las coordenadas geográficas de los puntos obtenidos con el programa fueron comparados con valores reales obtenidos con un GPS 12XL con márgenes de error muy pequeños, así como el relieve del terreno.

En este trabajo se observa que resulta factible interconectar los hospitales Essalud de Cusco y Urubamba mediante enlaces microondas, ya que beneficiaría tanto al personal administrativo como a los pacientes que son atendidos en dichos hospitales, debido a que la transmisión de información en tiempo real permitirá la comunicación fluida entre los centros asistenciales.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Radioenlace

Un radioenlace es un sistema electrónico el cual permite la comunicación inalámbrica a través de ondas de radio, este permite el envío de información entre dos o más nodos, ubicados a pequeñas distancias o kilómetros. El sistema más fundamental de radioenlace tiene 4 elementos principales: 1 receptor, 1 transmisor 2 antenas y 2 líneas de radiodifusión. (Martinez, J., 2018)

El transmisor inicia la comunicación, primero modula el mensaje y luego la envía hacia un receptor, éste receptor es el encomendado de coger la señal transmitida, a su vez analiza los datos y demodula el mensaje basado en su antecedente y experiencias, dicho receptor toma el papel de un transmisor al contestar el mensaje que se le envió, el canal es el medio que existe en un trayecto abierto entre el transmisor y el receptor.

Generalmente los radioenlaces se explotan entre 2 a 50 GHz, por eso se llaman radioenlaces microondas. Existen dos tipos de radioenlaces:

2.2.1.1. Radioenlace Satelital

Un radioenlace satelital o microondas satelital, es cuando uno de los terminales del radioenlace se encuentra en un satélite, el cual se encuentra orbitando alrededor de la tierra en el espacio, así como se muestra en la figura 1.

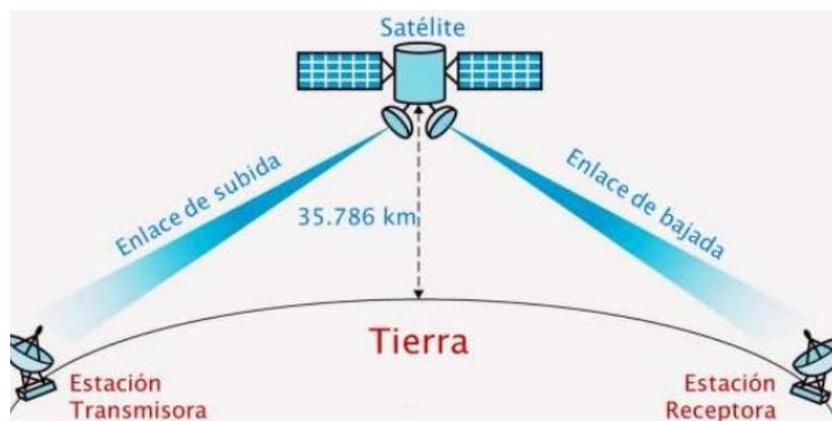


Figura 1. Esquema de un radio enlace satelital
Fuente: <http://www.coimbraweb.com/linkcursos.html>

2.2.1.2. Radioenlace Terrestre

Un radioenlace terrestre o microondas terrestre, es cuando todos los terminales del radioenlace se encuentran en tierra, como se puede ver en la figura 2.

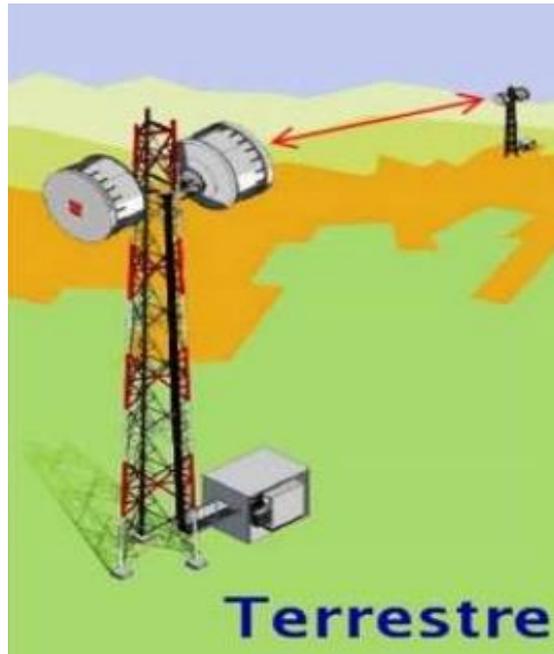


Figura 2. Esquema de un radio enlace terrestre
Fuente: <http://www.coimbraweb.com/linkcursos.html>

2.2.2. Ondas electromagnéticas

El modo en que se propaga la radiación electromagnética en el espacio se le denomina onda electromagnética. Ondas que se producen por la oscilación de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas para propagarse no necesitan de un medio físico como si lo necesita las ondas mecánicas, su propagación libre por el aire alcanza 300,000 km/s de velocidad. Los rayos γ , la luz, la transmisión de televisión y radio como también las microondas son algunos ejemplos de ondas electromagnéticas que forman parte de nuestro entorno. Son ondas producidas por el movimiento de una carga eléctrica. (Rojas, Rivera y Quispe, 2007, p. 1)

2.2.3. Fenómenos de propagación de ondas

Cuando se propaga una onda electromagnética en el aire terrestre, la señal puede asumir pérdidas intermitentes de potencia, al mismo tiempo pérdida normal en el recorrido. Diversos fenómenos pueden adjudicar estas pérdidas que incluyen efectos de breve y extenso plazo. (Tomasi, 2003, p. 367)

Estos fenómenos son:

2.2.3.1. Refracción

Es el cambio de trayectoria de un rayo al cruzar en dirección oblicua de un medio a otro nuevo con diferente velocidad de propagación. La inversa proporcional a la densidad del medio en que se propaga una onda electromagnética, es la velocidad de propagación. Por lo tanto, existirá siempre refracción cuando una onda de radio en su trayectoria pase de un medio a otro de diferente densidad que el medio inicial. (Tomasi, 2003, p. 353)

2.2.3.2. Reflexión

La acción de reflejar es la reflexión. Este fenómeno de propagación se presenta cuando una onda incidente se topa en un límite entre dos medios, y parte o toda la potencia incidente no ingresa al segundo medio. Las ondas que no ingresaron al segundo medio se tienden a reflejar. (Tomasi, 2003, p. 354)

2.2.3.3. Dispersión

Ocurre cuando las ondas atraviesan un material y se separan las que tienen frecuencia distinta. Esto también sucede cuando las microondas atraviesan pequeñas porciones de agua en áreas ampliamente grandes, por lo que es de especial interés en el cálculo de enlace. Cuando el diámetro de esta porción de agua es relativamente menos que dicha longitud de onda, la atenuación será mínima; y al revés ocurre exactamente lo contrario se acrecentará. (Tomasi, 2003, p. 444)

2.2.3.4. Difracción

Fenómeno de propagación el cual admite que las ondas de radio frecuencias o luminosas se propaguen en ámbitos de vértices. (Tomasi, 2003, p. 357)

2.2.3.5. Interferencia

Se denomina interferencia cuando se produce la degradación del funcionamiento del sistema por la combinación de 2 o más ondas electromagnéticas. Esta interferencia de las ondas de radio está atada al

principio de la superposición lineal, y estará presente siempre que 2 o más ondas quepan en el mismo lugar del espacio de modo simultáneo. (Tomasi, 2003, p. 357)

2.2.4. Propagación de ondas de radio

Como se mencionó, las ondas de radio son ondas electromagnéticas, así como lo es también la luz, y estas ondas se propagan en el espacio libre con velocidades de 300,000,000 m/s en línea recta. Para la propagación de las ondas de radio se es necesario que la energía sea irradiada desde la fuente hacia el aire terrestre. Para luego proseguir con la captura de la energía por el receptor. (Tomasi, 2003, p. 347)

2.2.5. Bandas de espectro electromagnético

Denominada a la distribución de energía de todas las ondas electromagnéticas. La agrupación de las ondas electromagnéticas se da según su rango de frecuencias, aunque aún no está determinado un límite exactamente preciso para cada grupo. Mediante el uso de estetoscopios, estos espectros pueden ser observados y medidos tanto como su intensidad de radiación, longitud de onda y frecuencia. (Rojas et al., 2007, p. 3)

Tabla 1.
Banda del espectro electromagnético

Ondas Electromagnéticas	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)
Rayos gamma	< 10 pm	> 30.0 EHz
Rayos X	< 10 nm	> 30.0 PHz
Ultra violeta extremo	< 200 nm	> 1.5 Phz
Ultra violeta cercano	< 380 nm	>789 THz
Luz visible	< 780 nm	> 384 THz
Infrarrojo cercano	< 2,5 um	>120THz
Infrarrojo medio	< 50 um	> 6.00Thz
Infrarrojo lejano	< 1 mm	> 300GHz
Microondas	< 30 cn	> 1GHz
Ondas de radiofrecuencia	> 1 mm	< 300GHz

Fuente: Elaboración Propia

2.2.5.1. Bandas de frecuencias microondas

Como podemos ver en la tabla 2 el espectro de las microondas se divide en tres bandas.

Tabla 2.
Bandas del espectro radio eléctrico de microondas

Banda	Nombre	Frecuencias	Longitud de	
			Onda	Aplicación
UHF	Ultra alta frecuencia	300MHz - 3GHz	1m – 100mm	Celular, militar e industrias
SHF	Súper alta frecuencia	3– 30GHz	100mm- 10mm	Radioenlaces Satelital, terrestres
EHF	Extra alta frecuencia	30 – 300GH	10mm-1mm	Radar de navegación
-	-	300GHz <	<1mm	-

Fuente: Elaboración Propia

Las bandas que empiezan a partir de 1GHz entran al espectro de las microondas. Superiores a 300GHz la radiación electromagnética es absorbida por la atmósfera terrestre, pero esta es tanto que se opaca la atmósfera, hasta que, los rangos de frecuencia óptica e infrarroja, se vuelvan transparente nuevamente. (Rojas et al., 2007, p. 4)

2.2.6. Antenas

Dispositivo diseñado para realizar el envío y recepción de ondas electromagnéticas hacia y desde el espacio libre. Puede ser antena de transmisión donde transformará corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas o antena de recepción donde realizará la función inversa a la antena de transmisión. De ser antenas conectadas por guía de ondas, realizan la transformación en el mismo emisor o receptor. Son utilizados por diversos medios de comunicación, pueden ser visibles como también no, encontrándose en el interior del genuino dispositivo. (Huidobro, 2013, p. 1)

2.2.6.1. Antenas según su patrón de radiación

- **Direccionales**

Según Rojas et al. (2007) “Son antenas que irradian para una sola dirección, comúnmente son antenas que tienen ángulos de radiación de menores de 70 grados, por lo cual que estas antenas son las que cuentan con un mayor alcance al proyectarse hacia delante.” (p. 45)

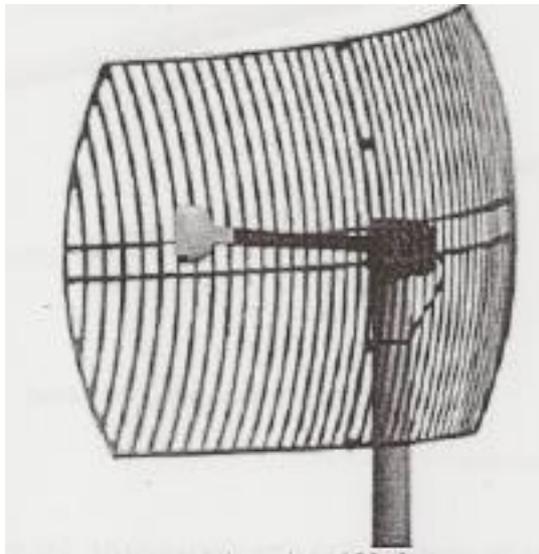


Figura 3. Antena tipo Direccional
Fuente: Internet y redes Inalámbricas (2007)

- **Sectoriales**

Según Rojas et al. (2007) “Son antenas que irradian en una sola zona determinada, cuentan con mayor ángulo de irradiación que las antenas direccionales, por lo cual, su alcance se acorta por no proyectarse hacia delante, estas antenas son de alcance medio y considerablemente utilizadas para realizar enlaces multipunto desde la parte del transmisor.” (P. 45)



Figura 4. Antenas tipo Sectoriales ubicadas en una torre
Fuente: Elaboración Propia

- **Omnidireccionales**

Según Rojas et al. (2007) “Son antenas que irradian en todas las direcciones, con un ángulo de irradiación igual a 360 grados en forma horizontal, presentan menos alcance, pero son también utilizados para realizar enlaces multipunto desde la parte del transmisor.” (p. 46)

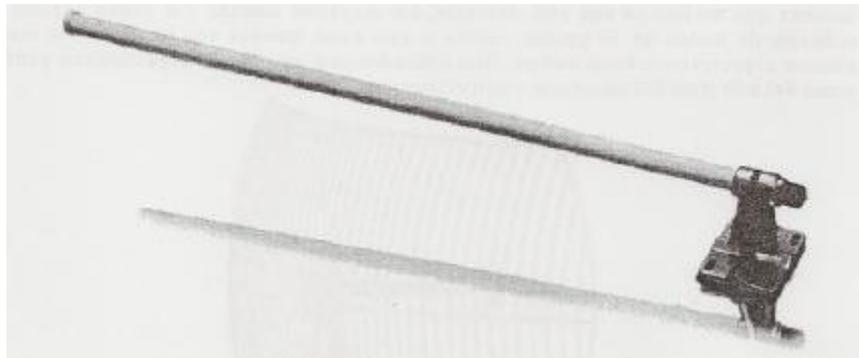


Figura 5. Antena tipo Omnidireccional Trendnet
Fuente: Internet y redes Inalámbricas (2007)

2.2.6.2. Antenas según su construcción

- **Yagi**

Según Rojas et al. (2007, p. 47) “Antena de varilla con discos de material metálicos perpendiculares a la varilla, y dispuestas a lo largo de ella. Una antena tipo Yagi es una antena direccional, así como se puede observar en la figura 6.”



Figura 6. Antena tipo Yagi marca Cisco
Fuente: Internet y redes Inalámbricas (2007)

- **Grid, Malla o Parrilla**

Según Rojas et al. (2007) “Son antenas demasiado direccionales que usan un reflector de malla para su funcionamiento.” (p. 48)

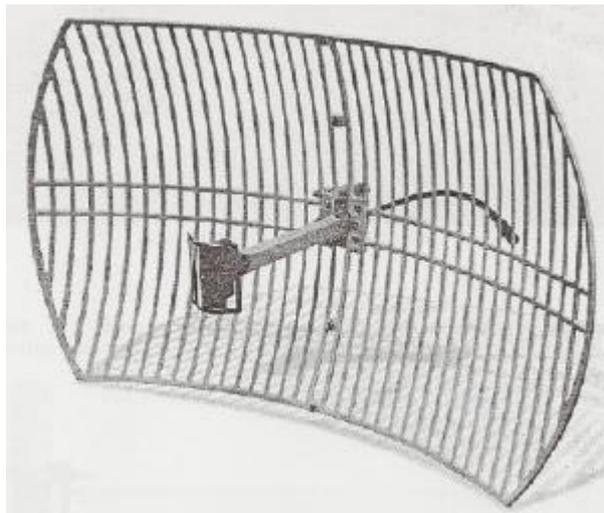


Figura 7. Antena tipo Grid Hyperlink
Fuente: Internet y redes Inalámbricas (2007)

- **Parabólicas**

Según Rojas et al. (2007) “Antenas altamente direccionales que usan un reflector sólido.” (p. 48)

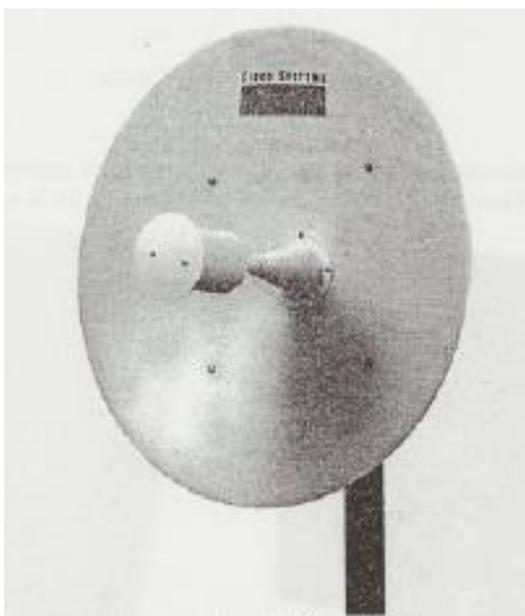


Figura 8. Antena tipo Parabólica CISCO
Fuente: Internet y redes Inalámbricas (2007)

2.2.7. Modos de transmisión

2.2.7.1. Simplex (SX)

Las transmisiones con la función simplex, se hacen únicamente en una sola dirección. A veces, suelen ser llamados sólo en un sentido, sólo transmitir o sólo recibir. Una estación es bien transmisor o receptor, mas no puede ser ambos simultáneamente. Un claro ejemplo de la transmisión simplex es la emisión de televisión o radio, donde la estación de televisión únicamente transmite a uno y uno siempre recibe. (Tomasi, 2003, p. 10)

2.2.7.2. Semidúplex (HDX, de half duplex)

Las transmisiones con la función semidúplex, se pueden realizar entre ambas direcciones, pero no a la misma vez. Los sistemas semiduplex también suelen ser llamados de cambio y fuera o en uno de los sentidos. Una estación puede realizar la función de transmisor y receptor, pero no puede realizar ambas funciones a la vez. Un claro ejemplo de la transmisión semiduplex son las radios de policía, que usan botones para conectar sus transmisores y poder hablar en ambos sentidos (PTT, de push-to-talk). (Tomasi, 2003, p. 10)

2.2.7.3. Dúplex

Las transmisiones con funcionamiento duplex se pueden realizar en ambas direcciones y en tiempos iguales. Los sistemas duplex también suelen ser llamados dúplex completos o líneas en ambos sentidos. Una estación puede realizar la función de transmisor y receptor de manera simultánea, pero la estación a la que se está transmitiendo también debe realizar la función de receptor. Un claro ejemplo de la transmisión dúplex es el sistema telefónico normal. (Tomasi, 2003, p. 10)

2.2.8. Guía de onda

Se llama guía de onda a un tubo conductor el cual tiene como función guiar la energía electromagnética, las paredes de una guía de onda reflejan la energía electromagnética ya que son conductores o mejor dicho límites para la propagación de las ondas. Existen diferentes tipos de guía de onda como las circulares, elípticas, rectangulares. Cada una de estas con diferentes características y utilidad al momento usarlas “guiar las ondas electromagnéticas” (Tomasi, 2003, p. 409)

2.2.9. Tipos de Guía de onda

2.2.9.1. Ondas rectangulares

Medio de transmisión que utiliza a partir de 1 GHz hasta 200 GHz e incluso pueden sobrepasar ligeramente los 200 GHz por presentar bajas atenuaciones al momento de efectuar la transmisión. Pese a la miniaturización e integración con circuitos integrados, aún se están utilizando las guías de ondas en aplicaciones de ondas milimétricas, de gran potencia, etc. (San Román, Castillo, Sotomayor, Gonzales, Zenteno, 2014, p. 30)

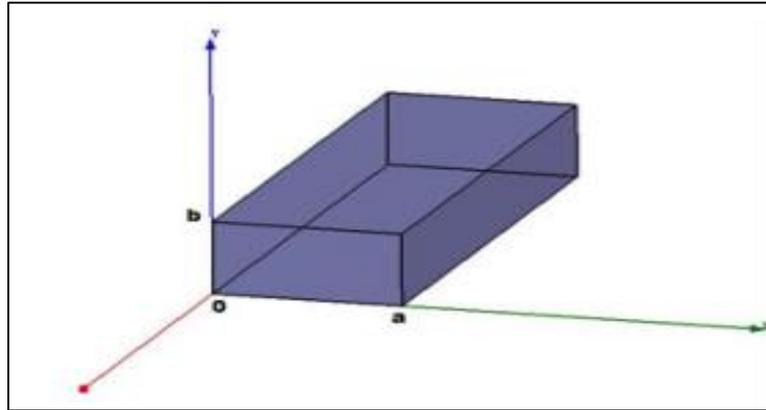


Figura 9. Estructura básica de las guías de onda rectangulares
Fuente: Aplicaciones y Teorías de Ingeniería de Microondas (2014)

2.2.9.2. Ondas circulares

Estas guías de ondas se utilizan en diversas aplicaciones de microondas y radares; ya que tienen la ventaja de propagar ondas polarizadas horizontalmente y vertical por la misma guía. La figura 10 muestra dos tramos de guía de onda circular, unidas por una junta rotativa. (Tomasi, 2003, p. 417)

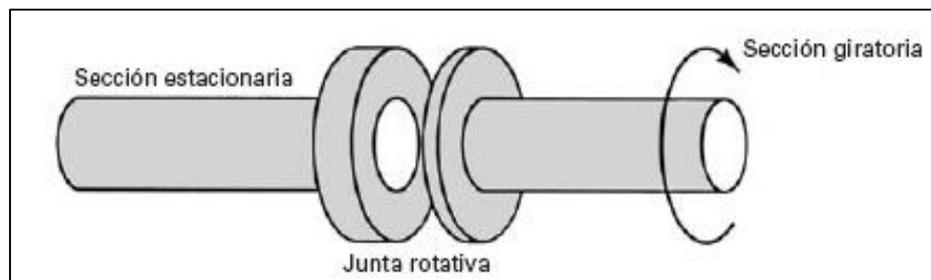


Figura 10. Guía de onda circular por junta rotativa
Fuente: Sistema de Comunicaciones Electrónicas (2003)

2.2.10. Softwares especializados para cálculo de enlaces

Existen variedades de Softwares especializados para cálculos de enlaces, cada uno se diferencian por sus ventajas, características y costo de uso.

2.2.10.1. LinkPlanner

Es una herramienta de diseño de radio enlaces gratuita, como también dispone a todos sus usuarios funciones privilegiadas como valorar qué equipo es el óptimo dependiendo de las situaciones de zona de fresnel, distancia, línea de vista, frecuencias, etc. Así, el usuario puede determinar qué equipo es el óptimo para su diseño de enlace microondas.

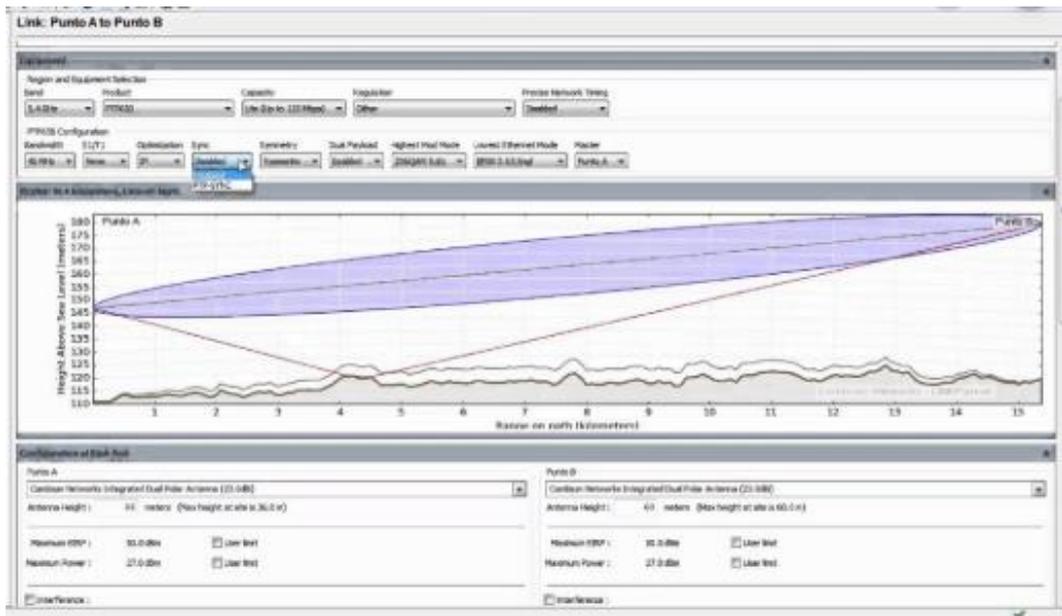


Figura 11. Enlace con LinkPlanner
Fuente: CambiumNetworks (2017)

2.2.10.2. PathLoos

PathLoos es un Software de pago muy didáctico y muy bueno para el diseño de radio enlaces node a node o node-multipunto. Este software opera entre frecuencias de 30MHz a 100GHz (VHF-SHF-UHF), cuenta con 9 módulos para realizar el diseño de radio enlace que el usuario desee hacer, con todas sus condiciones.

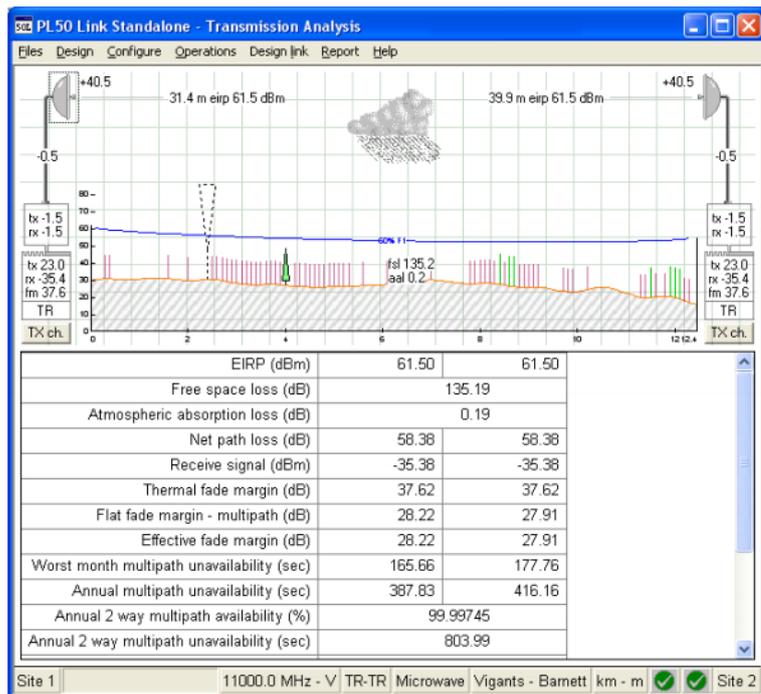


Figura 12. Enlace con PathLoos
Fuente: PathLoss Version 5

2.2.10.3. Radio Mobile

Es un programa de libre acceso para realizar proyectos de radiopropagación y poder así anticipar el comportamiento del diseño propuesto por el usuario. Radio Mobile admite frecuencias entre 20 MHz a 20 GHz, también facilita al usuario con mapas virtuales, vistas en 3D, animaciones de vuelo entre otras para crearlas gratuitamente. Estos mapas virtuales pueden adquirirse de diferentes fuentes, entre ellas tiene el proyecto de la NASA Shuttle Terrain Radar Mapping Misión (SRTM) el cual provee las altitudes con una precisión de 3seg. de arco (100m). (Grupo de Radiocomunicación, 2007, p. 3)

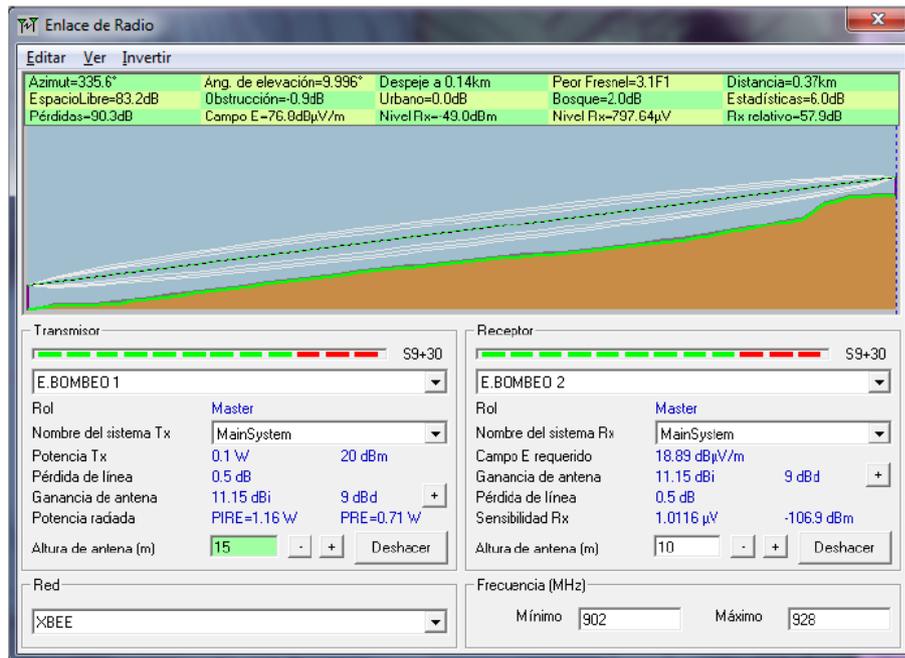


Figura 13. Enlace con Radio Mobile

Fuente: Manual de uso y configuración de Radio Mobile (2013)

2.2.11. Elementos para el diseño de un enlace microondas

2.2.11.1. Línea de vista

Para enlazar largas distancia se debe de tener en cuenta la línea de Vista de node a node, esto quiere decir que no se tiene que tener obstáculos. Las montañas, los edificios, los árboles, y los propios edificios son considerados obstáculos principales, estos ejemplos se pueden observar en la figura 14. Se logrará tener línea de vista considerando de manera adecuada la altura de las torres ventadas en la cual se ubicarán los equipos (Antenas, repetidores, Access Point, etc.). Por la curvatura de la tierra se deben considerar repetidores a distancias muy largas como de 9.599 Km. o incrementar la altura de la antena utilizada. (Rojas et al., 2007, p. 6)

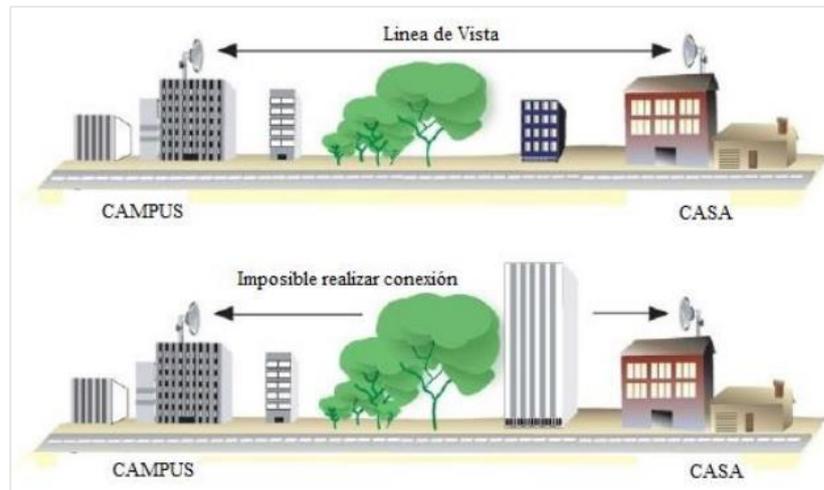


Figura 14. Línea de vista directa y línea de vista obstaculizada
 Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/radiofrecuenciabasica-090703102808-phpapp01/95/radio-frecuencia-basica-71-728.jpg?cb=1246616994>

2.2.11.2. Zona de Fresnel

Podemos hallar la 1era zona de Fresnel, teniendo en cuenta cual será máxima penetración de cualquier obstáculo, (por ejemplo, de un árbol curvatura de la tierra, montaña, etc.) Si se toma en cuenta este punto podremos evitar las perdidas en el diseño de nuestro enlace.

Lo que se busca es que la 1era zona de Fresnel no tenga obstáculos, aunque es basta con liberar un 60% del radio de la 1era zona de Fresnel para tener un apropiado enlace. En situaciones críticas, habrá que hacer el estudio de datos también para contextos anómalas de propagación, por ejemplo, cuando las ondas de radio se desvían hacia arriba debido a esto se tiene agregar altura de las torres. Como ya es conocido para distancias muy largas se tiene que tener en cuenta la curvatura terrestre la cual da una altura adicional a tener en cuenta al momento de instalar las antenas. (Buettrich, 2007, p. 10)

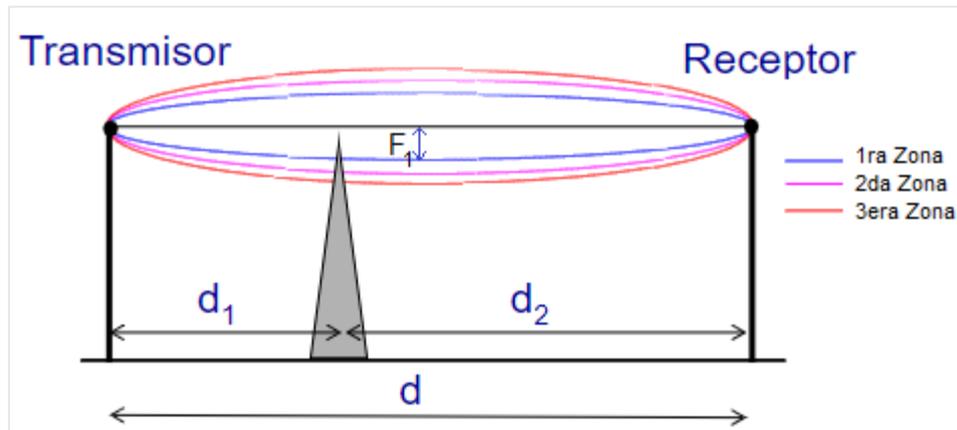


Figura 15. Zona de Fresnel

Fuente: Propagación en comunicaciones móviles (2012)

La siguiente fórmula calcula la primera zona de Fresnel:

$$F_1 = 17.32 \times \sqrt{\left(\frac{d_1 \times d_2}{d \times f}\right)} \quad (1)$$

Donde,

d_1 = distancia al obstáculo desde el transmisor [Km]

d_2 = distancia al obstáculo desde el receptor [Km]

d = distancia entre el transmisor y receptor [Km]

f = frecuencia [GHz]

F_1 = radio de la primera zona de fresnel [m]

Si el obstáculo está situado en el medio ($d_1 = d_2$), la fórmula se simplifica:

$$F_1 = 17.32 \times \sqrt{\left(\frac{d}{4f}\right)} \quad (2)$$

Tomando el 60% nos queda:

$$0.6F_1 = 5.2 \times \sqrt{d/f} \quad (3)$$

Tabla 3.
Radio [m] para la primera zona de fresnel

Distancia [Km]	915 MHz	2.4 GHz	5.8 GHz	Altura de la curvatura terrestre
1	9	6	4	0
10	29	18	11	4.2
100	90	56	36	200

Fuente: Cálculo de radioenlace (2007)

La curvatura de la tierra crea entre dos puntos una elevación y esta elevación se describe por la “Altura de la curvatura terrestre.” (Buettrich, 2007, p. 10)

2.2.11.3. Pérdidas en el espacio Libre

Es en el aire donde se perderá gran parte de la potencia de una señal de radio. Incluso en el vacío, de acuerdo con los principios de Huygens, la onda de radio pierde parte de su energía que irradia en diferentes direcciones a la que puede ser capturada por la antena receptora. Por eso, esta pérdida no tiene que ver con la lluvia, el aire, niebla u otra cosa que pueda añadir pérdidas. Una señal de radio se debilitará en el aire dado a su expansión dentro de una superficie esférica. Entonces se dice que, la medida que se pierde en el mismo sin ningún otro tipo de obstáculo es la Pérdida en el Espacio libre (FSL). (Buettrich, 2007, p. 8)

Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

$$PEA(dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K \quad (4)$$

Donde,

PEA = Pérdida en el espacio abierto

d = distancia

f = frecuencia

K = constante que depende de las unidades usadas en d y f

Si d se mide en metros, f en Hz y el enlace usa antenas isotrópicas, la fórmula es:

$$FSL(dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187.5 \quad (5)$$

Si d se mide en kilómetros, f en GHz y el enlace usa antenas isotrópicas, la fórmula es:

$$FSL(dB) = 92.44 + 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) \quad (6)$$

En una red inalámbrica de 2.4 GHz, como regla general, se pierde 100 dB en el primer kilómetro y la señal se reduce a 6 dB cada tanda que la distancia se duplica. Por ejemplo, para un enlace de 2 Km de distancia tendrá una pérdida de 106 dB y así para el caso de un enlace de 4Km, este presentará una pérdida de 112 dB.

Tabla 4.

Pérdidas en Espacio Abierto (PEA) en dB para diferentes distancias y frecuencias

Distancia	915 MHz	2.4 GHz	5.8GHz
1 Km	92 dB	100 dB	108 dB
10 Km	112 dB	120 dB	128 dB
100 Km	132 dB	140 dB	148 dB

Fuente: Cálculo de radioenlace (2007)

Estos valores pueden diferir de las mediciones tomadas. El término de “espacio libre” no quiere decir siempre “libre”, ya que las pérdidas pueden ser mucho más enormes debido a las características del terreno y condiciones del clima. (Buettrich, 2007, p. 10)

2.2.11.4. Ganancia de la antena

Se debe tener en cuenta que ganancia de una antena integrada simple varía entre 2 dBi mientras que en una omnidireccional estándar es de 8dBi y en una parabólica hasta 21 – 30 dBi. Hay muchos factores que pueden disminuir la ganancia neta de una antena. Estas pérdidas suelen aparecer

diferentes razones, en su mayoría ocurren por una mala instalación de equipos (pérdidas en la polarización, en la inclinación, azimut, materiales metálicos, lluvias, etc.). Esto quiere decir que para tener una buena ganancia de antena se tiene que tener una instalación correcta. (Buettrich, 2007, p. 8)

2.2.11.5. Pérdidas en los alimentadores

La mayor parte de pérdidas en los enlaces microondas suelen producirse en los cables que unen el node transmisor y el node receptor de las antenas. Estas pérdidas suelen estar condicionadas por el tipo de cable y la frecuencia en la que operan, estas pérdidas comúnmente se miden en dB/pies o dB/m. dichas pérdidas siempre aparecerán en un enlace más allá del tipo o calidad del cable que se use, se sabe que, mientras más rígido y más grueso el cable se tendrá menos atenuación. (Buettrich, 2007, p. 6)

Para pérdida en los módulos se estima a lo menos 0,254 dB de pérdida para cada módulo en el cableado. Se debe tener en cuenta que este valor es para un caso ideal puesto que para módulos malos se va a tener mayor pérdida. Además, también se debe tener en cuenta que para protectores de descargas eléctricas que se usan entre el radio y las antenas, las pérdidas pueden ser de 1 dB, dependiendo de qué tipo son. Se tiene que tener en cuenta que los de buena calidad solo generan 0,2 dB. (Buettrich, 2007, p. 7)

2.2.11.6. Pérdida por desvanecimiento

La pérdida por desvanecimiento es la variación que se produce en la pérdida de la señal y esta puede ser atribuida por perturbaciones meteorológicas como lo son nieve, lluvia, granizo, etc.; a líneas múltiples de transmisión y a una superficie terrestre accidental. (Tomasi, 2003, p. 367)

Para el cálculo de la pérdida por desvanecimiento se toma en cuenta el efecto de trayectoria múltiple, sensibilidad de la zona y los objetivos de confiabilidad. En la sensibilidad de la zona, el factor de rugosidad (A) dependerá del tipo de superficie sobre la que se realizará el enlace y su valor a tomar será:

$A = 4$, sobre agua o sobre un terreno muy liso
 $A = 1$, sobre un terreno promedio
 $A = 0.25$, sobre un terreno muy áspero y montañoso

El factor climático(B), dependerá de las condiciones climáticas de la zona:

$B = 1$, para pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual
 $B = 0.5$, para áreas calientes y húmedas
 $B = 0.25$, para áreas continentales promedio
 $B = 0.125$, para áreas muy secas o montañosas

Por lo anterior, la pérdida por desvanecimiento se introduce en la ecuación de ganancia del sistema como una pérdida. (Tomasi, 2003, p. 368)

2.3. Definición de términos básicos

Ganancia: Es la relación que tiene la potencia con máxima intensidad y una antena isotrópica.

Ruido: Fenómeno físico variable el cual no contiene información, y que puede superponerse o mezclarse con una señal útil.

Atenuación: Es la disminución de una potencia electromagnética, eléctrica o acústica entre dos nodos.

Antena: La parte de un emisor o receptor de sistema que está diseñado para irradiar o recibir ondas electromagnéticas.

Ancho de banda: Es el espacio que ocupa un canal.

Microondas: Son aquellas ondas electromagnéticas cuya frecuencia está comprendida en el rango de 300 MHz y 30 GHz.

Zona de fresnel: Una familia de elipsoides con focos en las antenas.

Decibelio: Es una medida relativa que representa la relación entre las amplitudes de dos señales

Repetidor: Un dispositivo que recibe y amplifica una señal.

Frecuencia: Son los ciclos alcanzados en una unidad de tiempo, es decir segundos, horas, minutos (inversos del periodo)

Potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.): Es la cantidad de potencia que radiará una antena isotrópica.

Polarización: Es la aquella dirección que toma el campo eléctrico de una onda electromagnética definida por una elipse.

Propagación: Desplazamiento de las ondas electromagnéticas por el medio de transmisión.

Troncal: La unión de repetidoras o centrales telefónicas.

Canal: es el espacio que ocupa una estación de radio que le permite poder recibir señales RF de baja potencia.

PNAF: Plan nacional de atribución de frecuencias el cual tiene los cuadros de atribución de frecuencias para los servicios de telecomunicaciones en el Perú.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones, es la entidad que se encarga de regular las telecomunicaciones a nivel mundial.

CAPITULO III: ESTUDIO Y DISEÑO DEL ENLACE MICROONDAS

3.1. Modelo de solución Propuesto

3.1.1. Descripción del proyecto

Para el estudio y análisis del diseño, primero se describirá las ubicaciones geográficas de los hospitales Mama Ashu y Papá Carletto; también se manifestarán los estudios de línea de vista realizados entre los hospitales haciendo uso del programa Google Earth.

Se definirán los nodos donde se ubicarán las antenas repetidoras, también se confirmará que exista línea de vista en cada tramo del enlace para que no se vea afectado por algún obstáculo. Además, se indicará que tipos de equipos serán usados para el enlace microondas, ya que son consideraciones fundamentales a tener para poder realizar el diseño.

Por último, se calculará los parámetros fundamentales y necesarios del enlace para posteriormente simular el enlace y realizar sus respectivas comparaciones con los cálculos teóricos.

3.1.1.1. Diagrama de operación

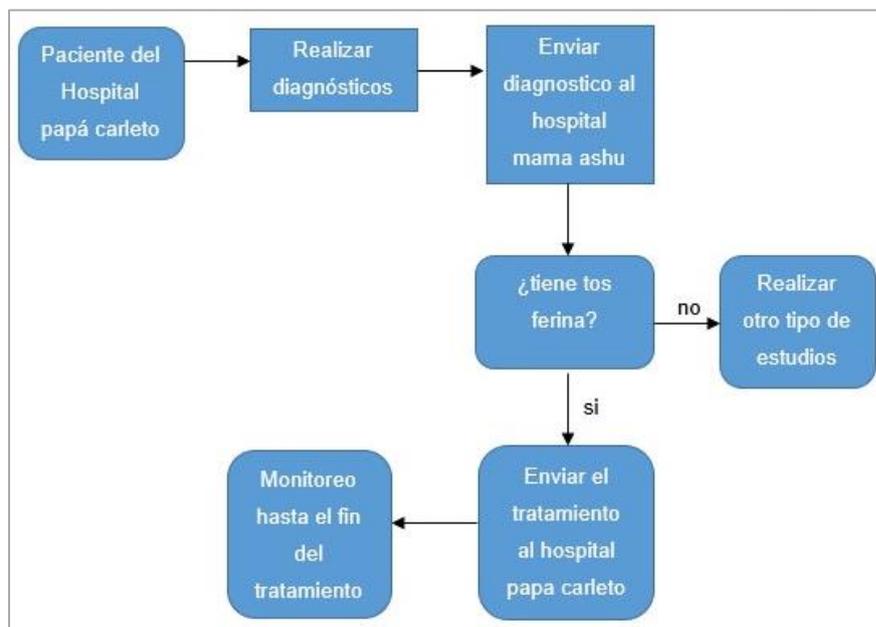


Figura 16. Diagrama de Operación
Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Ubicación geográfica del hospital Papá Carletto

La ubicación del hospital se encuentra en el distrito de Yanama, provincia de Yungay, departamento de Ancash. Las coordenadas son las siguientes: Latitud $9^{\circ}01'16.1''S$ y longitud $77^{\circ}28'01.8''W$. Se encuentra a una altura de 3 408 m s.n.m.



Figura 17. Plano Satelital del hospital Papá Carletto
Fuente: Editado de Google Earth (2019)

3.1.3. Ubicación geográfica del hospital Mama Ashu

La ubicación del hospital se encuentra en el distrito de Chacas, provincia de Asunción, departamento de Ancash. Las coordenadas son las siguientes: Latitud $9^{\circ}9'50.21'' S$ y longitud $77^{\circ}22'6.14'' W$. Se encuentra a una altura de 3 362m s.n.m.



Figura 18. Plano Satelital del hospital Mama Ashu
Fuente: Editado de Google Earth (2019)

3.1.4. Análisis del enlace Papá Carletto – hospital Mama Ashu

Utilizando el Google Earth se pudo obtener y conocer el perfil del enlace hospital Papá Carletto – hospital Mama Ashu. Como se puede observar en la figura 19, es imposible enlazar dichos puntos directamente, debido a que no presenta línea de vista por la situación geográfica en la que se encuentra tanto el hospital Papá Carletto ubicado en Yanama y el hospital Mama Ashu ubicado en Chacas, por lo tanto, es necesario hacer uso de repetidores y ubicarlos en puntos estratégicos. Los mejores sitios que se escogió para ubicar los repetidores son el Cerro Huayllan y el Cerro Alto Pirhua, debido a que poseen una buena altura y cuentan con acceso vehicular a una distancia próxima para realizar el mantenimiento de los equipos. Se determinó que estos sitios son los más óptimos para ubicar las antenas repetidoras.

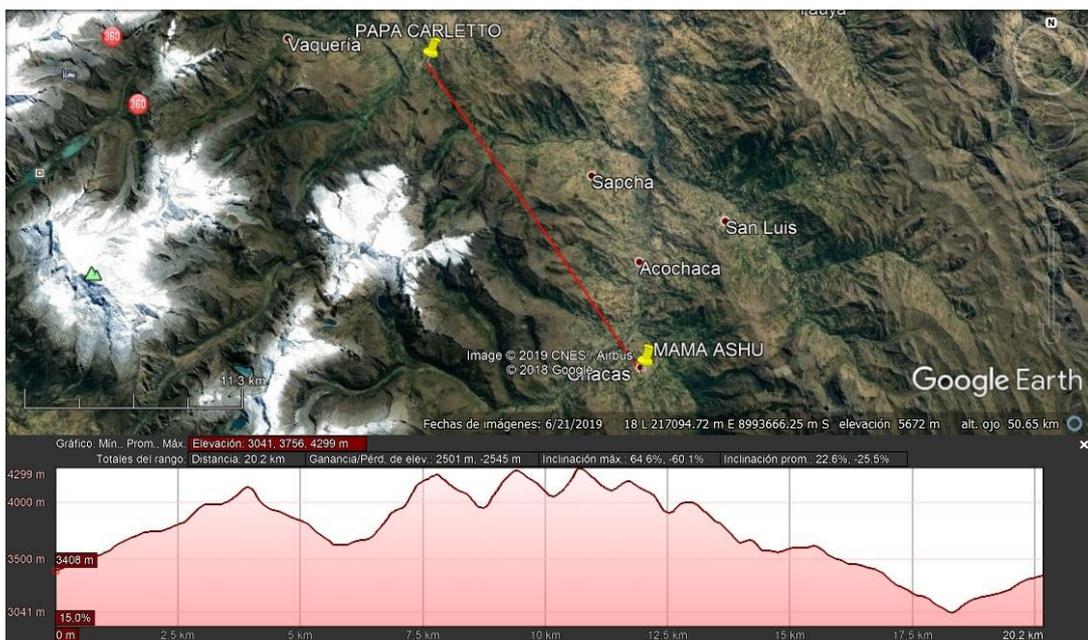


Figura 19. Perfil del enlace directo hospital Papá Carletto – hospital Mama Ashu
Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

Con estos datos se analizó el perfil topográfico que se tiene entre los sitios designados como es el Cerro Huayllan donde se ubicará el repetidor 1 y Cerro Alto Pirhua donde se ubicará el repetidor 2.

3.1.5. Análisis del trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1

Para conocer el perfil del enlace hospital Papá Carletto y repetidor 1, se realizó el análisis de línea de vista que une ambos nodos. En la figura 20, se puede visualizar que sí existe línea de vista y no presenta obstáculos que afecten el desempeño del enlace.

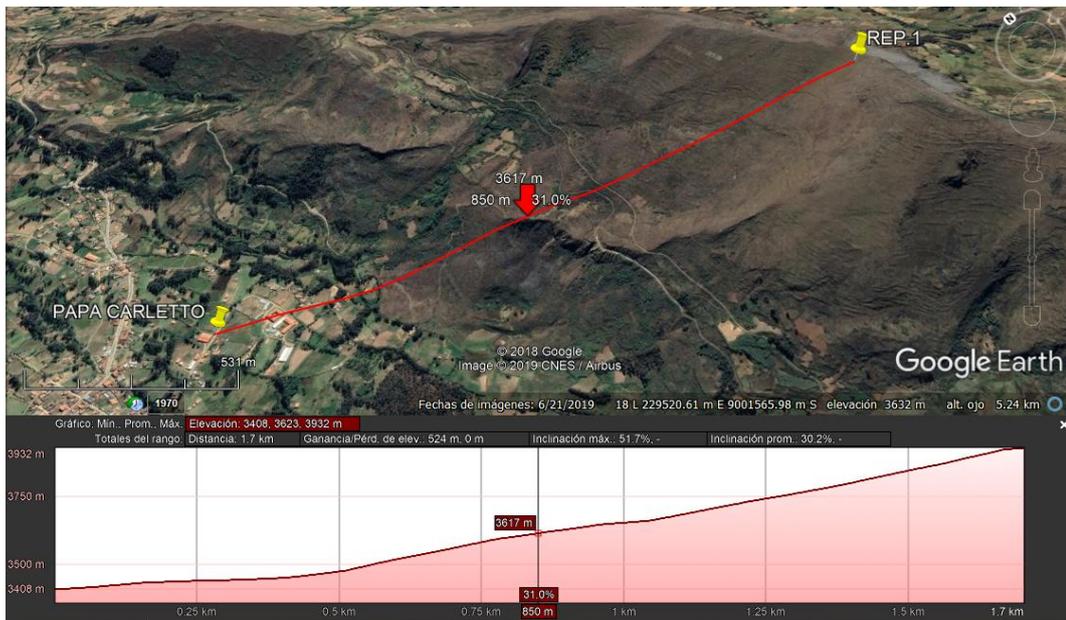


Figura 20. Perfil del enlace hospital Papá Carletto – Repetidor 1
Fuente: Elaboración propia – Google Earth

3.1.6. Análisis del trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2

Este trayecto también tiene que presentar línea de vista para no afectar el enlace, por ello, como se muestra en la figura 21, el trayecto entre las repetidoras presenta línea de vista.

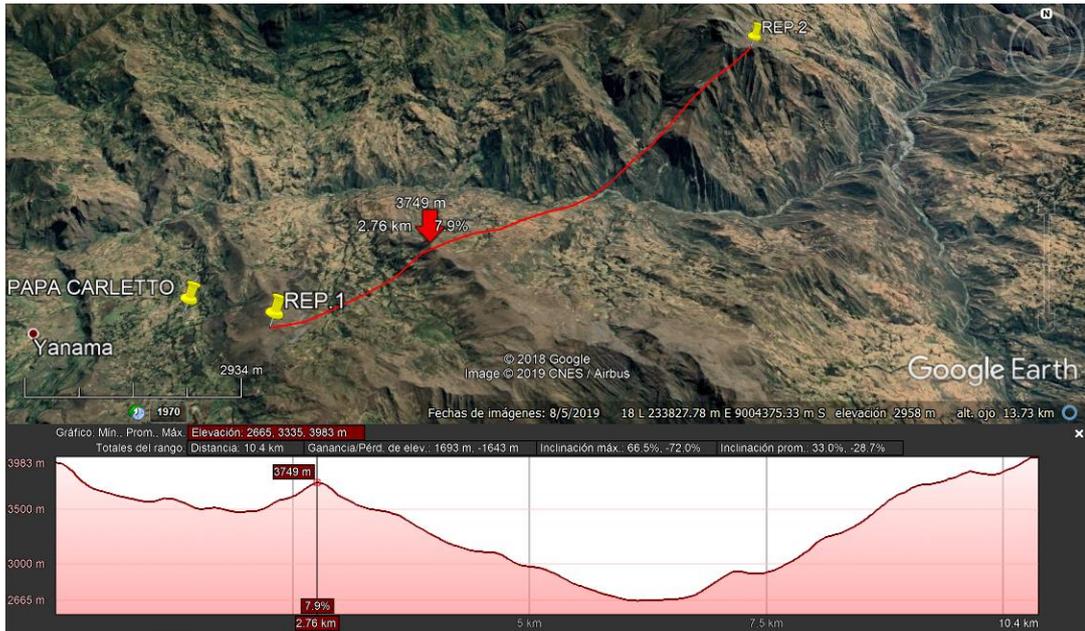


Figura 21. Perfil del enlace Repetidor 1 – Repetidor 2
 Fuente: Elaboración propia – Google Earth

3.1.7. Análisis del trayecto Repetidor 2 – hospital Mama Ashu

En la figura 22, como en los trayectos anteriores, se observa que existe línea de vista entre el Repetidor 2 y el hospital Mama Ashu.

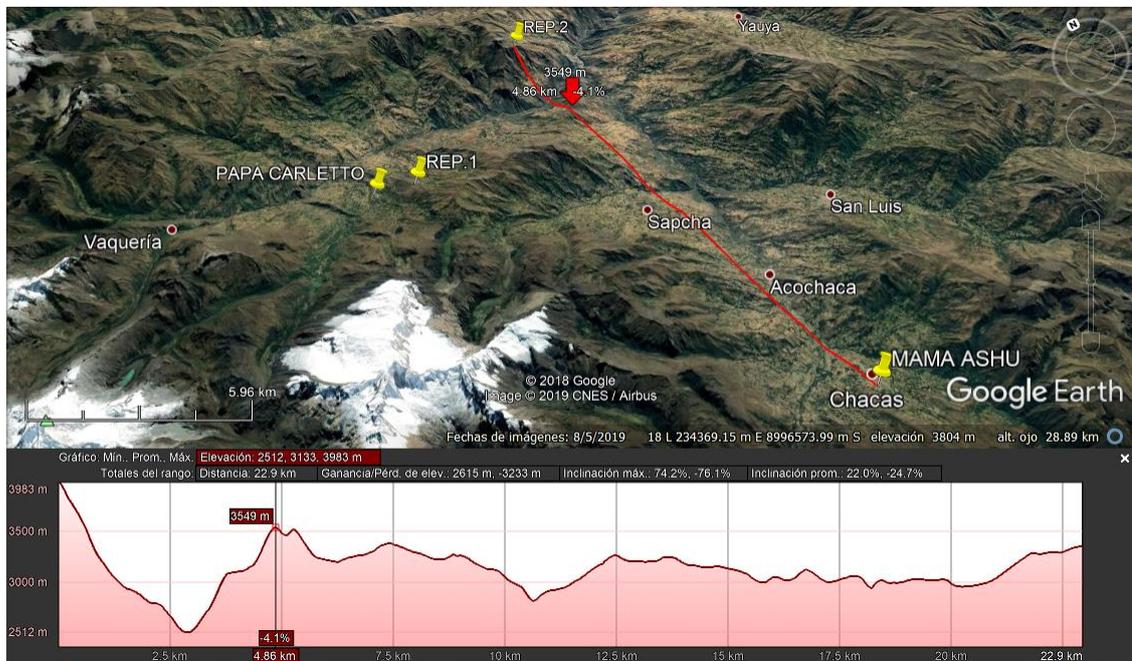


Figura 22. Perfil del enlace Repetidor 2 – hospital Mama Ashu
 Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

3.1.8. Factibilidad del enlace

Estos resultados nos han permitido encontrar las trayectorias adecuadas para el enlace entre el hospital Papá Carletto y el hospital Mama Ashu, obteniendo así el enlace a diseñar.

3.1.9. Diseño

Como se vio, no fue posible realizar un enlace directo entre el hospital Papá Carletto y el hospital Mama Ashu, para lo cual fue necesario realizar estudios topográficos de la zona con el programa Google Earth. Encontrando así los nodos adecuados donde ubicar los repetidores, con perfiles de elevación bastante favorables para realizar el enlace microondas. En la figura 23, se nota el enlace microondas a diseñar.



Figura 23. Enlace con dos repetidores entre el hospital Papá Carletto y hospital Mama Ashu

Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

Se realizará cálculos matemáticos de los parámetros del enlace, haciendo uso de fórmulas teóricas, para luego simular el enlace microondas mediante el programa Radio Mobile y de esta manera poder comparar los valores obtenidos en la simulación computacional con los resultados obtenidos de los cálculos matemáticos.

3.1.9.1. Componentes del enlace

A continuación, se mostrará los componentes que se considerarán para realizar el diseño del enlace microondas.

- NEC Pasolink: Es un sistema de microondas digital conformado por una ODU (transmisor al aire libre / Unidad de Receptor), una IDU (modulador interior / Demodulador de la unidad) y una antena, como se puede ver en la figura 24.



Figura 24. NEC Pasolink
Fuente: <https://es.nec.com/>

Se utilizó este sistema ya que cuentan con un despliegue rápido, de simple instalación, ofrece servicios de alta velocidad de transmisión y capacidad de ampliación para la expansión de una futura red.

En la tabla 5, se muestra las características del sistema Nec Pasolink que serán utilizados en el diseño.

Tabla 5.
Características del sistema Nec Pasolink

DESCRIPCIÓN	DATO
Tipo de antena	Parabólica
Diámetro de la Antena	0.66m
Frecuencia de operación	7.275 GHz
Potencia de Transmisión	24dBm

Fuente: Elaboración Propia

Se utilizará la banda de 7 125 MHz – 7 425 MHz, con una frecuencia promedio de operación de 7 275 MHz para trabajar, ya que el equipo a emplear para el diseño opera entre frecuencias de 6GHz – 54GHZ. Además, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008) en el P92 del PNAF afirma:

Las bandas de 7 125 MHz – 8 275 MHz, se pueden utilizar para radioenlaces digitales para prestar servicios públicos de telecomunicaciones. (p. 69) **VER ANEXO 02**

- Cable coaxial RG- 6: Tipo de cable que será usado para las conexiones entre los equipos ODU e IDU.
- Estetoscopio electrónico: Para el monitoreo de los pacientes con tos ferina del hospital Papá Carletto se propone en el diseño un estetoscopio digital y a bajo costo. Este sería muy factible para realizar el monitoreo desde el hospital Mama Ashu mediante el enlace microondas como también rentable económicamente.

El estetoscopio electrónico propuesto es el de Quiroz, C. et al., quienes diseñaron un estetoscopio digital a bajo costo el cual cumple con las características necesarias para realizar una buena medición de la señal relacionada con los sonidos pulmonares.

- Torres ventadas: Tipo de torre que será utilizado en el diseño del enlace microondas por su característica de ser modular y de sección constante. Para la instalación de estas torres se necesitan de cables tensores, vientos, para que puedan soportarse, así como se puede ver en la figura 25.



Figura 25. Torre tipo ventada
Fuente: Elaboración propia

La altura de nuestras torres a usar y ubicación de las antenas en nuestro diseño será como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6.
Altura de la torre y ubicación de la antena

TRAYECTO	NODO	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	ALTURA DE LA TORRE	ALTURA DE UBICACIÓN DE LA ANTENA EN LA TORRE	DISTANCIA
Hospital Papá Carletto – Repetidor 1	Hospital Papá Carletto	3 408	20m	15m	1.7Km
	Repetidor 1	3 932	25m	15m	
Repetidor 1 – Repetidor 2	Repetidor 1	3 932	25m	20m	10.4Km
	Repetidor 2	3 983	27m	20m	
Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu	Repetidor 2	3 983	27m	25m	22.9Km
	Hospital Mama Ashu	3 362	32m	30m	

Fuente: Elaboración propia

3.1.9.2. Cálculos a realizar

3.1.9.2.1. Zona de Fresnel

Utilizando la formula (1) y con la ayuda de los trazos del perfil por trayectoria del enlace, calculamos la primera zona de fresnel:

$$F_1 = 17.32 \times \sqrt{\left(\frac{d1 \times d2}{d \times f}\right)}$$

Para el trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1

$$d_1 = 0.850 \text{ Km}$$

$$d_2 = 0.850 \text{ Km}$$

$$d = 1.7 \text{ Km}$$

$$f = 7.275 \text{ GHz}$$

$$F_1 = 17.32 \times \sqrt{\left(\frac{0.850 \times 0.850}{1.7 \times 7.275} \right)}$$

$$F_1 = 4.186m$$

Para el trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2

$$d_1 = 2.76 \text{ Km}$$

$$d_2 = 7.64 \text{ Km}$$

$$d = 10.4 \text{ Km}$$

$$f = 7.275 \text{ GHz}$$

$$F_1 = 17.32 \times \sqrt{\left(\frac{2.76 \times 7.64}{10.4 \times 7.275} \right)}$$

$$F_1 = 9.144m$$

Para el trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu

$$d_1 = 4.86 \text{ Km}$$

$$d_2 = 18.04 \text{ Km}$$

$$d = 22.9 \text{ Km}$$

$$f = 7.275 \text{ GHz}$$

$$F_1 = 17.32 \times \sqrt{\left(\frac{4.86 \times 18.04}{22.9 \times 7.275} \right)}$$

$$F_1 = 12.564m$$

3.1.9.2.2. Margen de despeje

En la Figura 26, se observa el margen de despeje, este comprende desde donde se encuentra ubicado el posible obstáculo hasta la línea de vista; es decir el margen de despeje es cuánto de distancia despejada hay desde el posible obstáculo a la línea de vista. Con la siguiente formula se halla el despeje:

$$C = h_1 + \frac{d_1}{d}(h_2 - h_1) - \frac{d_1 \times d_2}{2KR_0} - H \quad (7)$$

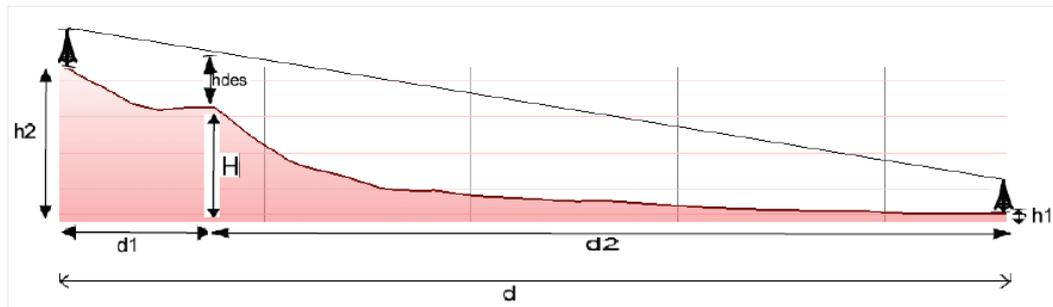


Figura 26. Despeje entre el obstáculo a la línea de vista

Fuente: Diseño de radioenlace para la transmisión de datos (2015)

Donde,

H_{des} , C = Despeje entre el obstáculo a la línea de vista [m]

h_1 = Altura de la estación A (incluye la altura de ubicación de antena) [m]

h_2 = Altura de la estación B (incluye la altura de ubicación de antena) [m]

H = Altura de ubicación del obstáculo [m]

d = distancia total del enlace [m]

d_1 = Distancia del transmisor al obstáculo

d_2 = Distancia del obstáculo al receptor

K = Coeficiente de radio efectivo de la Tierra, valor tomado como $\frac{4}{3}$ para la atmósfera estándar

R_0 = 6371 metros, radio promedio de la tierra

Para el trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1

$$d_1 = 0.850 \text{ Km}$$

$$d_2 = 0.850 \text{ Km}$$

$$d = 1.7 \text{ Km}$$

$$h_1 = 3408 \text{ m} + 15 \text{ m}; \text{ Nodo hospital Papá Carletto}$$

$$h_2 = 3932 \text{ m} + 15 \text{ m}; \text{ Nodo Repetidor 1}$$

$$H = 3617 \text{ m}, \text{ ver figura 19}$$

$$K = \frac{4}{3}, R_0 = 6371 \text{ Km}$$

Reemplazando los datos en (7):

$$C = 3423 + \frac{850}{1700}(3947 - 3423) - \frac{850 \times 850}{2 \times \frac{4}{3} \times 6371000} - 3617$$

$$C = 67.957m$$

Para el trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2

$$d_1 = 2.76 \text{ Km}$$

$$d_2 = 7.64 \text{ Km}$$

$$d = 10.4 \text{ Km}$$

$$h_1 = 3932 \text{ m} + 20 \text{ m}; \text{ Nodo Repetidor 1}$$

$$h_2 = 3982 \text{ m} + 20 \text{ m}; \text{ Nodo Repetidor 2}$$

$$H = 3749 \text{ m}, \text{ ver figura 20}$$

$$K = \frac{4}{3}, R_0 = 6371 \text{ Km}$$

Reemplazando los datos en (7):

$$C = 3952 + \frac{2760}{10400}(4002 - 3952) - \frac{2760 \times 7640}{2 \times \frac{4}{3} \times 6371000} - 3749$$

$$C = 300.033m$$

Para el trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu

$$d_2 = 4.86 \text{ Km}$$

$$d_1 = 18.04 \text{ Km}$$

$$d = 22.9 \text{ Km}$$

$$h_2 = 3983 \text{ m} + 25 \text{ m}; \text{ Nodo Repetidor 2}$$

$$h_1 = 3362 \text{ m} + 30 \text{ m}; \text{ Nodo hospital Mama Ashu}$$

$$H = 3549 \text{ m}, \text{ ver figura 21}$$

$$K = \frac{4}{3}, R_0 = 6371 \text{ Km}$$

Reemplazando los datos en (7):

$$C = 3392 + \frac{18040}{22900}(4008 - 3392) - \frac{4860 \times 18040}{2 \times \frac{4}{3} \times 6371000} - 3549$$

$$C = 323.108m$$

Si el despeje (C) es mayor a la primera zona de fresnel (F_1), esto quiere decir que la primera zona de fresnel queda totalmente despejada y existe línea de vista, entonces como se puede verificar para cada trayecto del enlace esto se cumple, por lo tanto, nuestro enlace presenta línea de vista y no hay obstáculos presentes en las trayectorias que puedan afectar el envío de la señal.

3.1.9.2.3. Ecuación del enlace

La ecuación del enlace se denotará a partir de la figura 27, donde se muestra la estructura del diseño del enlace con los parámetros a tener en cuenta para realizar los cálculos que deben efectuarse en cada trayecto del enlace. En nuestro caso se realizarán tres ecuaciones, uno por trayecto.

Cada trayecto está conformado por los siguientes parámetros:

P_{RX} = Potencia en la entrada de los terminales del equipo receptor [dBm]

P_{TX} = Potencia entregada por el Transmisor, 24 dBm

G_T = Ganancia en la antena de transmisión [dBi]

G_R = Ganancia en la antena de recepción [dBi]

L_f = Pérdida en los alimentadores, conectores y acoples [dB]

L_s = Pérdida en el espacio libre [dB]

L_D = Pérdida por desvanecimiento de la señal [dB]

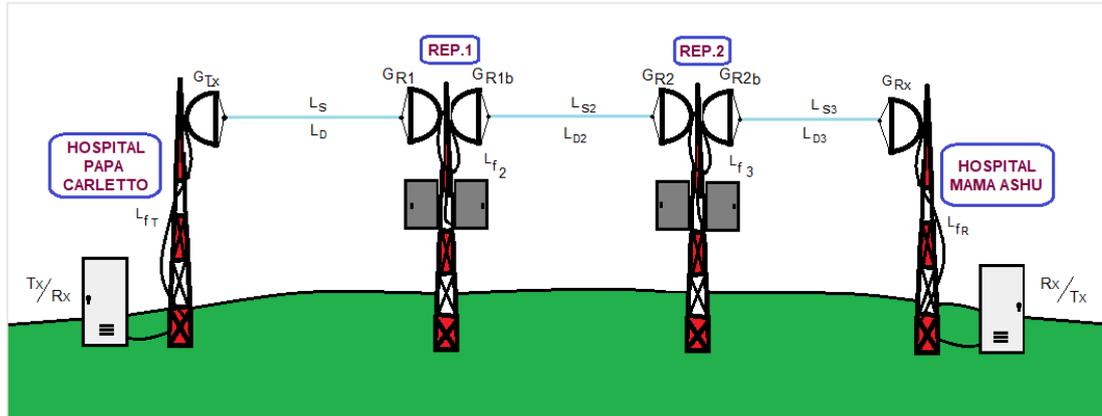


Figura 27. Esquema del enlace hospital Papá Carletto - Hospital Mama Ashu
Fuente: Elaboración Propia

Para el trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{R1} - L_s - L_D - L_{f_i+f_2} \quad (8)$$

- $P_{Tx} = 24$ dBm
- Ganancia de la antena parabólica:

Con los datos que nos proporciona la tabla 5, se calculó la ganancia de la antena del quipo transmisor como también de la antena del nodo receptor, ya que, al ser mismo tipo de equipos, tendrán la misma ganancia.

$$G_{dBi} = 10\log(n) + 20\log(d) + 20\log(f) + 20.4dB \quad (9)$$

Donde,

- n = rendimiento de la antena.
- d = diámetro de la antena [m]
- f = frecuencia de operación [GHz]

Para este trayecto las antenas operarán a su 23.5% de rendimiento, entonces reemplazando en (9):

$$G_{dB_i} = 10\log(0.235) + 20\log(0.66) + 20\log(7.275) + 20.4dB$$

$$G_{dB_i} = 28dB_i$$

- Pérdida en el espacio libre:

Para calcular la pérdida en el espacio libre, tomaremos como dato la frecuencia de transmisión y la distancia entre nodos.

$$f = 7.275 \text{ GHz}$$

$$d = 1.7 \text{ Km}$$

Reemplazando en (6)

$$L_s = 92.44 + 20\log_{10}(1.7) + 20\log_{10}(7.275)$$

$$L_s = 114.286dB$$

- Pérdida en los alimentadores:

La pérdida en los alimentadores son las que se producirá en los cable y conectores entre la ODU con el transmisor de radio.

$$L_{f_x+f_y} = L_{(a_1+a_2)} + L_{(c_1+c_2)} + L_{(x_1+x_2)} \quad (10)$$

Donde,

$$L_{f_x+f_y} = \text{Pérdida en los alimentadores del transmisor y receptor [dB]}$$

$$L_{(a_1+a_2)} = \text{Pérdida en los conectores [dB]}$$

$$L_{a_x} = (\text{altura de ubicación de la antena})m \times \frac{5.8dB}{100m} \quad (11)$$

$$L_c = 1.2 \text{ dB, Pérdida por par de acople.}$$

Por trayecto habrá 2 pares de acople.

$$L_{x_1}, L_{x_2} = 2.0 \text{ dB, Pérdida por diversidad de la señal.}$$

Con los datos de la altura de la ubicación de las antenas desde la base de la torre especificada en la tabla 6, calculamos:

$h_1 = 15 \text{ m}$; Nodo hospital Papá Carletto

$$L_{a_1} = 15m \times \frac{5.8dB}{100m} = 0.87dB$$

$h_2 = 15 \text{ m}$; Nodo Repetidor 1

$$L_{a_2} = 15m \times \frac{5.8dB}{100m} = 0.87dB$$

Reemplazando en (10):

$$L_{f_x+f_y} = (0.87dB + 0.87dB) + 1.2dB \times 2 + 2.0dB \times 2$$

$$L_{f_x+f_y} = 8.14dB$$

- Pérdida por desvanecimiento

Para calcular la pérdida por desvanecimiento se empleará la siguiente formula:

$$L_D = 30\log(d) + 10\log(6A \times B \times f) - 10\log(1 - R) - 70 \quad (12)$$

Donde,

L_D = Pérdida de desvanecimiento [dB]

$1 - R = 0.0001$, objetivo de confiabilidad del enlace

d = Distancia del enlace [Km]

f = Frecuencia [GHz]

A = Factor de rugosidad

✓ Sobre un terreno promedio, $A = 1$

B = Factor climático

✓ Para áreas continentales promedio, $B = 0.25$

Reemplazamos los datos en (12):

$$L_D = 30\log(1.7) + 10\log(6 \times 1 \times 0.25 \times 7.275) - 10\log(0.0001) - 70$$

$$L_D = -12.707dB$$

Reemplazando los datos calculados en la ecuación (8) se obtiene:

$$P_{Rx} = 24dBm + 28dBi + 28dBi - 114.286dB + 12.707dB - 8.14dB$$

$$P_{Rx} = -53.719dBm$$

Para el trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{R1b} + G_{R2} - L_{S2} - L_{D2} - L_{f_2+f_3} \quad (13)$$

- $P_{Tx} = 24 \text{ dBm}$
- Ganancia de la antena parabólica:

Con los datos que nos proporciona la tabla 5, se calculó la ganancia de la antena del quipo transmisor como también de la antena del nodo receptor, ya que, al ser mismo tipo de equipos, tendrán la misma ganancia.

Para este trayecto las antenas operarán a su 50% de rendimiento, entonces reemplazando en (9):

$$G_{dBi} = 10\log(0.5) + 20\log(0.66) + 20\log(7.275) + 20.4dB$$

$$G_{dBi} = 31.017dBi$$

- Pérdida en el espacio libre:

$$f = 7.275 \text{ GHz}$$

$$d = 10.4 \text{ Km}$$

Reemplazando en (6)

$$L_s = 92.44 + 20\log_{10}(10.4) + 20\log_{10}(7.275)$$

$$L_s = 130.017dB$$

- Pérdida en los alimentadores:

Con los datos de la altura de la ubicación de las antenas desde la base de la torre especificada en la tabla 6, calculamos:

$h_1 = 20$ m; Nodo Repetidor 1

$$L_{a_1} = 20m \times \frac{5.8dB}{100m} = 1.16dB$$

$h_2 = 20$ m; Nodo Repetidor 2

$$L_{a_2} = 20m \times \frac{5.8dB}{100m} = 1.16dB$$

$$L_c = 1.2 \text{ dB} \times 2 = 2.4 \text{ dB}$$

$$L_{x_1}, L_{x_2} = 2.0 \text{ dB}$$

Reemplazando en (10)

$$L_{f_x+f_y} = (1.16dB+1.16dB) + 2.4dB + 2.0dB \times 2$$

$$L_{f_x+f_y} = 8.72dB$$

- Pérdida por desvanecimiento:

$$d = 10.4 \text{ Km}$$

$$f = 7.275 \text{ GHz}$$

$$A = 1$$

$$B = 0.25$$

Reemplazando en (12)

$$L_D = 30\log(10.4) + 10\log(6 \times 1 \times 0.25 \times 7.275) - 10\log(0.0001) - 70$$

$$L_D = 10.89dB$$

Reemplazando los datos calculados en la ecuación (13)

$$P_{Rx} = 24dBm + 31.017dBi + 31.017dBi - 130.017dB - 10.89dB - 8.72dB$$

$$P_{Rx} = -63.593dBm$$

Para el trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{R2b} + G_{Rx} - L_{S3} - L_{D3} - L_{f_3+f_R} \quad (14)$$

- $P_{Tx} = 24dBm$
- Ganancia de la antena parabólica:

Con los datos que nos proporciona la tabla 5, se calculó la ganancia de la antena del quipo transmisor como también de la antena del nodo receptor, ya que, al ser mismo tipo de equipos, tendrán la misma ganancia.

Para este trayecto las antenas operarán a su 50% de rendimiento, entonces reemplazando en (9):

$$G_{dBi} = 10\log(0.5) + 20\log(0.66) + 20\log(7.275) + 20.4dB$$

$$G_{dBi} = 31.017dBi$$

- Pérdida en el espacio libre:

$$f = 7.275 \text{ GHz}$$

$$d = 22.9 \text{ Km}$$

Reemplazando en (6)

$$L_s = 92.44 + 20\log_{10}(22.9) + 20\log_{10}(7.275)$$

$$L_s = 136.873dB$$

- Pérdida en los alimentadores:

Con los datos de la altura de la ubicación de las antenas desde la base de la torre especificada en la tabla 6, calculamos:

$$h_1 = 25 \text{ m; Nodo Repetidor 2}$$

$$L_{a_1} = 25m \times \frac{5.8dB}{100m} = 1.45dB$$

$h_2 = 30 \text{ m}$; Nodo hospital Mama Ashu

$$L_{a_2} = 30m \times \frac{5.8dB}{100m} = 1.74dB$$

$$L_c = 1.2 \text{ dB} \times 2 = 2.4 \text{ dB}$$

$$L_{X_1}, L_{X_2} = 2.0 \text{ dB}$$

Reemplazando en (10)

$$L_{f_x+f_y} = (1.45dB + 1.74dB) + 2.4dB + 2.0dB \times 2$$

$$L_{f_x+f_y} = 9.59dB$$

- Pérdida por desvanecimiento:

$$d = 22.9 \text{ Km}$$

$$f = 7.275 \text{ GHz}$$

$$A = 1$$

$$B = 0.25$$

Reemplazando en (12)

$$L_D = 30\log(22.9) + 10\log(6 \times 1 \times 0.25 \times 7.275) - 10\log(0.0001) - 70$$

$$L_D = 21.174dB$$

Reemplazando los datos calculados en la ecuación (14)

$$P_{Rx} = 24dBm + 31.017dBi + 31.017dBi - 136.873dB - 21.174dB - 9.59dB$$

$$P_{Rx} = -81.6033dBm$$

3.1.9.2.4. Ángulo de elevación

Para calcular el ángulo de elevación se usó la siguiente formula:

$$\text{sen}(\alpha) = \frac{\Delta H}{D}$$

Despejando α tenemos:

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{\Delta H}{D} \right) \quad (15)$$

Donde,

$$\Delta H = H_1 - H_2 \text{ [m]}$$

H_1 = Altura del nodo A (incluye la altura donde se ubica la antena)

H_2 = Altura del nodo B (incluye la altura donde se ubica la antena)

D = Distancia total entre los dos nodos [m]

Para el trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1

$H_1 = 3932 \text{ m} + 15 \text{ m} = 3947 \text{ m}$; Nodo Repetidor 1

$H_2 = 3408 \text{ m} + 15 \text{ m} = 3423 \text{ m}$; Nodo hospital Papá Carletto

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 524 \text{ m}$$

$D = 1.7 \text{ Km}$

Remplazando los datos en (15):

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{524 \text{ m}}{1700 \text{ m}} \right)$$

$$\alpha = 17.953^\circ$$

Para el trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2

$H_1 = 3983 \text{ m} + 20 \text{ m} = 4003 \text{ m}$; Nodo Repetidor 2

$H_2 = 3932 \text{ m} + 20 \text{ m} = 3952 \text{ m}$; Nodo Repetidor 1

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 51 \text{ m}$$

$D = 10.4 \text{ Km}$

Remplazando los datos en (15):

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{51 \text{ m}}{10400 \text{ m}} \right)$$

$$\alpha = 0.281^\circ$$

Para el trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu

$$H_1 = 3362 \text{ m} + 30 \text{ m} = 3392 \text{ m}; \text{ Nodo hospital Mama Ashu}$$

$$H_2 = 3983 \text{ m} + 25 \text{ m} = 4008 \text{ m}; \text{ Nodo Repetidor 2}$$

$$\Delta H = H_1 - H_2 = -616 \text{ m}$$

$$D = 22.9 \text{ Km}$$

Remplazando los datos en (15):

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{-616 \text{ m}}{22900 \text{ m}} \right)$$

$$\alpha = -1.54^\circ$$

3.1.9.2.5. Ángulo de apuntamiento y azimut

En la tabla 7, se muestran las longitudes y latitudes de todos los nodos del enlace que serán de ayuda para realizar los cálculos de ángulo de apuntamiento y el azimut.

Tabla 7.
Ubicación geográfica de los nodos del enlace

NODO	LATITUD	LONGITUD
Hospital Papá Carletto	-9.021139°	-77.467178°
Repetidor 1	-9.027303°	-77.453989°
Repetidor 2	-8.970239°	-77.388685°
Hospital Mama Ashu	-9.164026°	-77.368133°

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando en la siguiente fórmula los datos mostrados en la tabla 7, se hallará el ángulo de apuntamiento y con este ángulo se podrá calcular el azimut.

$$\theta_1 = \text{Arctg} \frac{\Delta \text{latitud}}{\Delta \text{longitud}} \quad (16)$$

Donde,

$$\Delta\text{latitud} = \text{latitud 1} - \text{latitud 2}$$

➤ *latitud 1 = Latitud del nodo A*

➤ *latitud 2 = Latitud del nodo B*

$$\Delta\text{longitud} = \text{longitud 1} - \text{longitud 2}$$

➤ *longitud 1 = Longitud del nodo A*

➤ *longitud 2 = Longitud del nodo B*

Para el trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1:

$$\theta_1 = \text{Arctg} \left(\frac{-9.027303^\circ - (-9.021139^\circ)}{-77.453989^\circ - (-77.467178^\circ)} \right)$$

$$\theta_1 = -25.0494664^\circ$$

$$\text{Azimut: } 180^\circ - (\theta_1 + 90^\circ) = 115.05^\circ$$

Para el trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2

$$\theta_1 = \text{Artg} \left(\frac{-8.970239^\circ - (-9.027303^\circ)}{-77.388685^\circ - (-77.453989^\circ)} \right)$$

$$\theta_1 = 41.14764014^\circ$$

$$\text{Azimut: } 180^\circ - (\theta_1 + 90^\circ) = 48.852^\circ$$

Para el trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu

$$\theta_1 = \text{Artg} \left(\frac{-18.134179}{-154.756772} \right)$$

$$\theta_1 = -83.94614921^\circ$$

$$\text{Azimut: } 360^\circ - (\theta_1 + 270^\circ) = 173.946^\circ$$

3.1.10. Simulación

Para la simulación del enlace microondas hospital Papá Carletto – Hospital Mama Ashu se utilizó el programa Radio Mobile.

En la figura 28, se observa la creación de todos los nodos del enlace ingresando sus coordenadas respectivas, también la creación de las redes donde se indica los nodos involucrados por cada trayecto para poder así definir el sistema (potencia de transmisión, ganancia de la antena, pérdida de línea, tipo de antena, altura de la antena, entre otro).

Luego de realizar los pasos de la figura 28 se pasó a mostrar los trayectos de todo el enlace para poder así analizar cada trayecto. Las líneas que enlazan cada trayecto es de color verde, esto quiere decir que existe conectividad entre cada trayecto del enlace, ya que, si se hubiese tornado de color rojo, esto indicaría que no hay conectividad entre los dos nodos dependiendo del trayecto que corresponda, como se muestra en la figura 29.

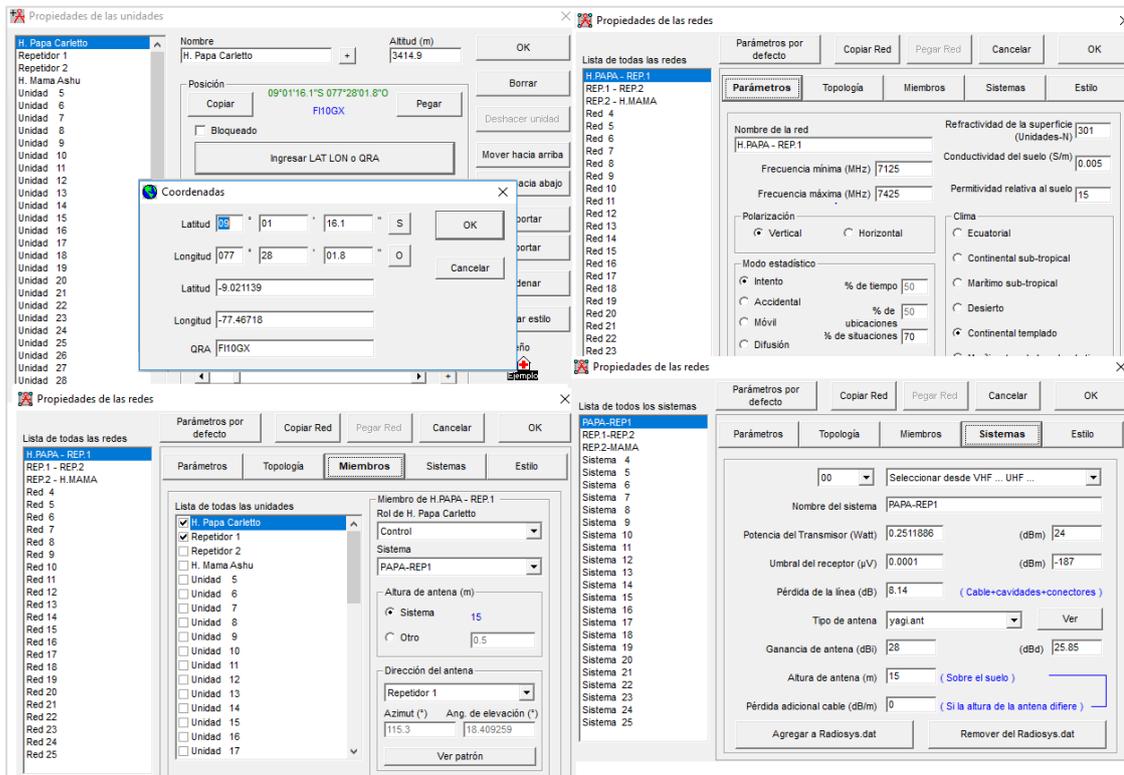


Figura 28. Ingreso de parámetros en el Radio Mobile

Fuente: Elaboración propia

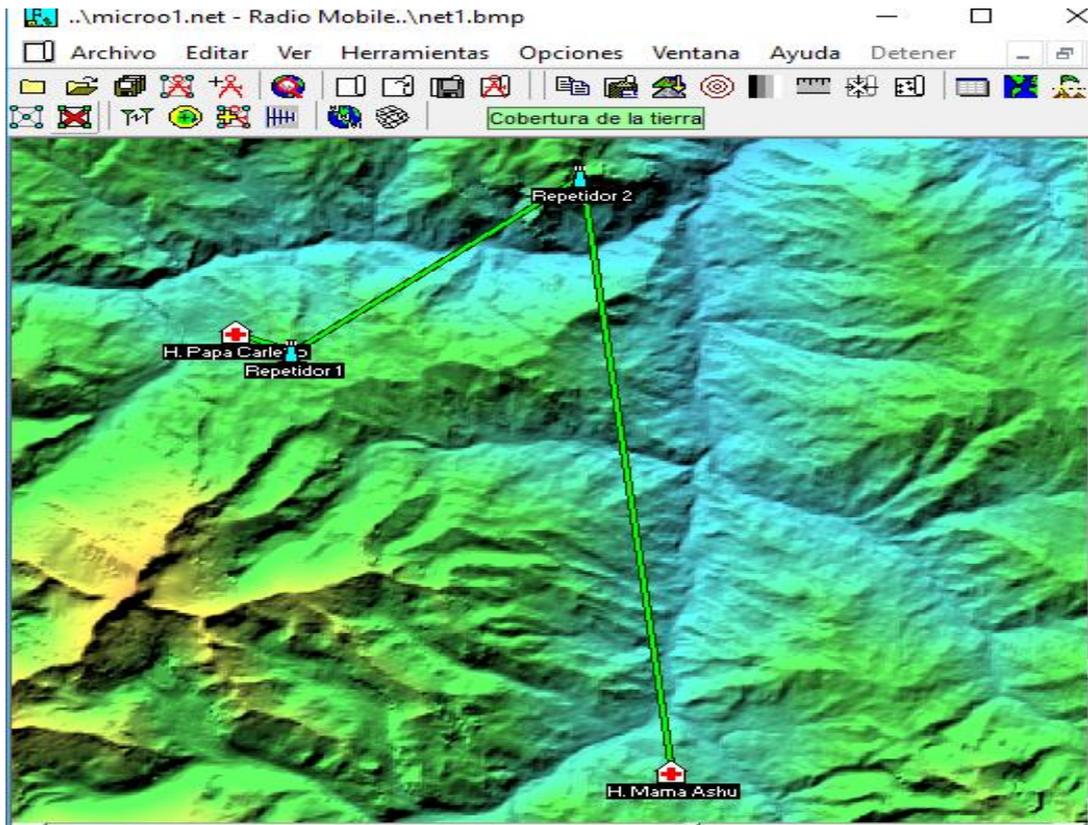


Figura 29. Enlace hospital Papá Carletto – Hospital Mama Ashu en el simulador
Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile

Para el trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1

Como se puede observar de la figura 30, en la simulación del trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1, sí existe conectividad entre los dos nodos, la señal no está siendo obstruida por ningún obstáculo ya que la primera zona de fresnel está siendo mayor a 0.6.

La potencia de recepción relativo (Rx relativo) del enlace es adecuada ya que, en el programa, este valor debe de estar de color negro, nunca debería de estar de color rojo porque nos indicaría que está llegando menos señal de la necesaria y por lo tanto no se efectuaría un enlace adecuado.

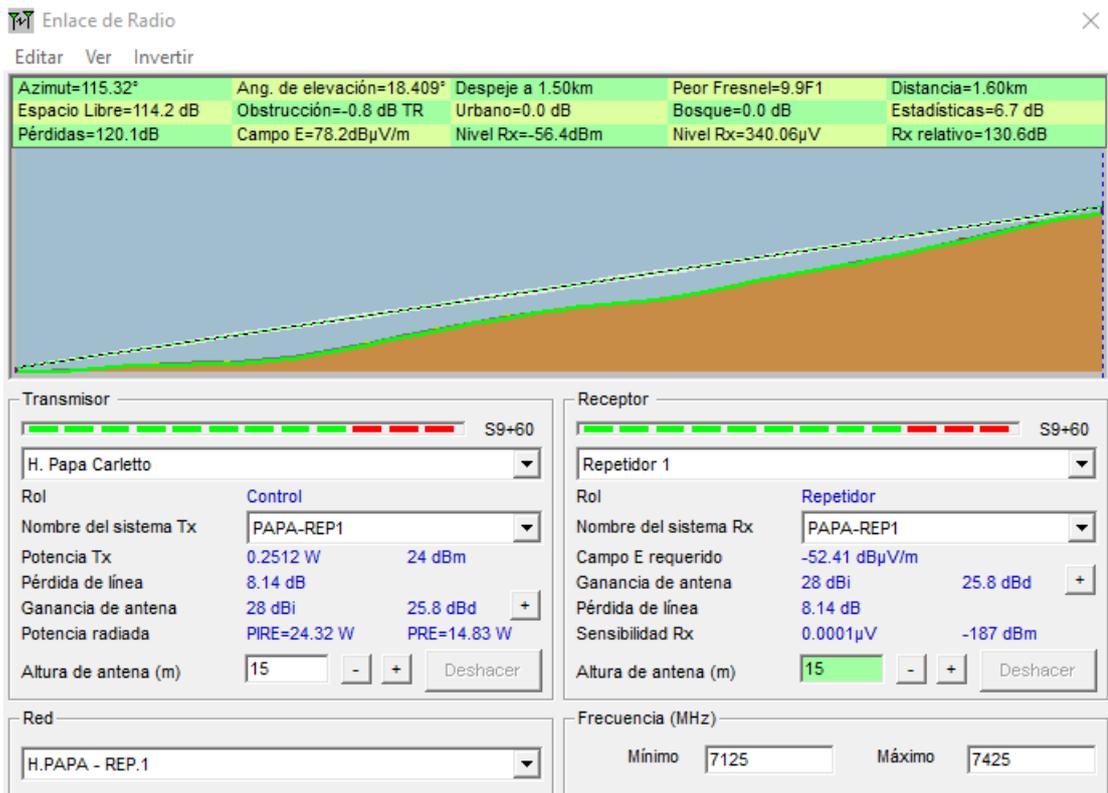


Figura 30. Simulación del trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1
Fuente: Elaboración Propia – Radio Mobile

Con el programa Radio Mobile se exportó el RMPATH para visualizar el perfil topográfico, evidenciando que existe línea de vista. Se puede observar que el perfil topográfico mostrado en la figura 31, es similar al obtenido a través del Google Earth.

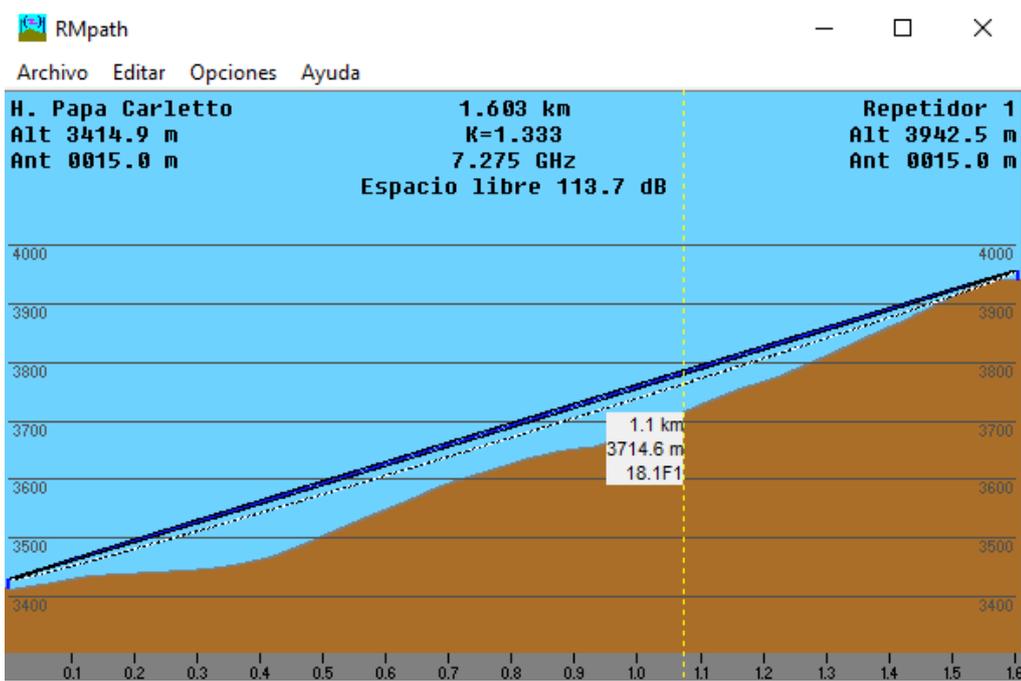


Figura 31. Simulación del Perfil de elevación del trayecto hospital Papá Carletto – Repetidor 1
Fuente Elaboración Propia – Radio Mobile

También, con el programa se pudo visualizar el patrón de radiación de las antenas, como se puede ver en la figura 32.

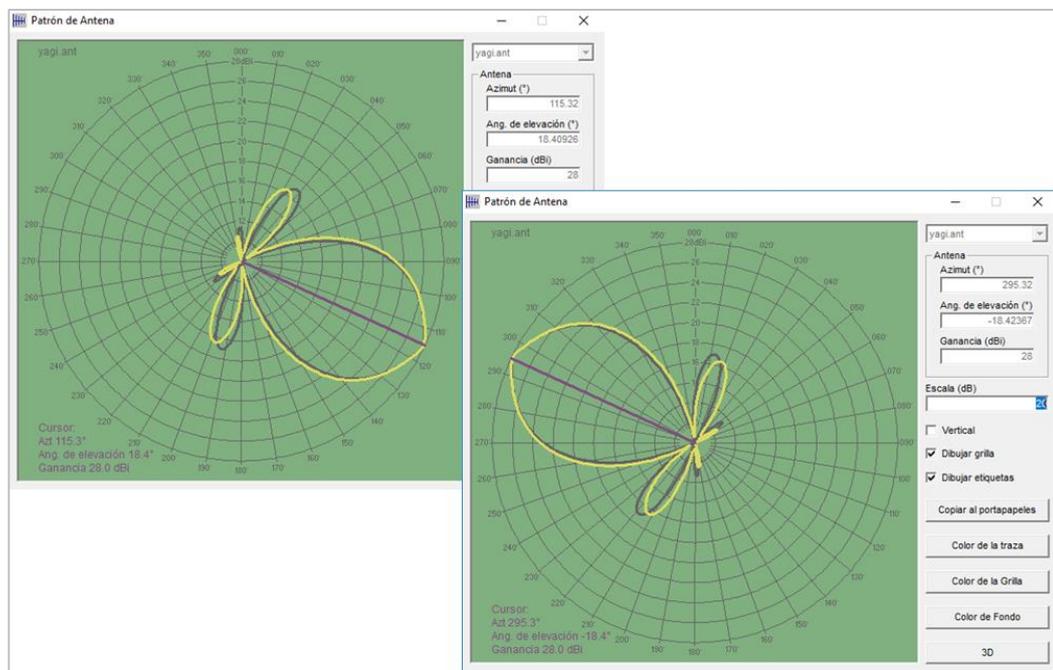


Figura 32. Patrón de radiación de la antena ubicada en H. Papá Carletto y Repetidor 1
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 33, se observan los datos obtenidos de la simulación como son los detalles del trayecto, donde muestra los valores de los parámetros del enlace, el perfil del campo eléctrico de la señal y su distribución.

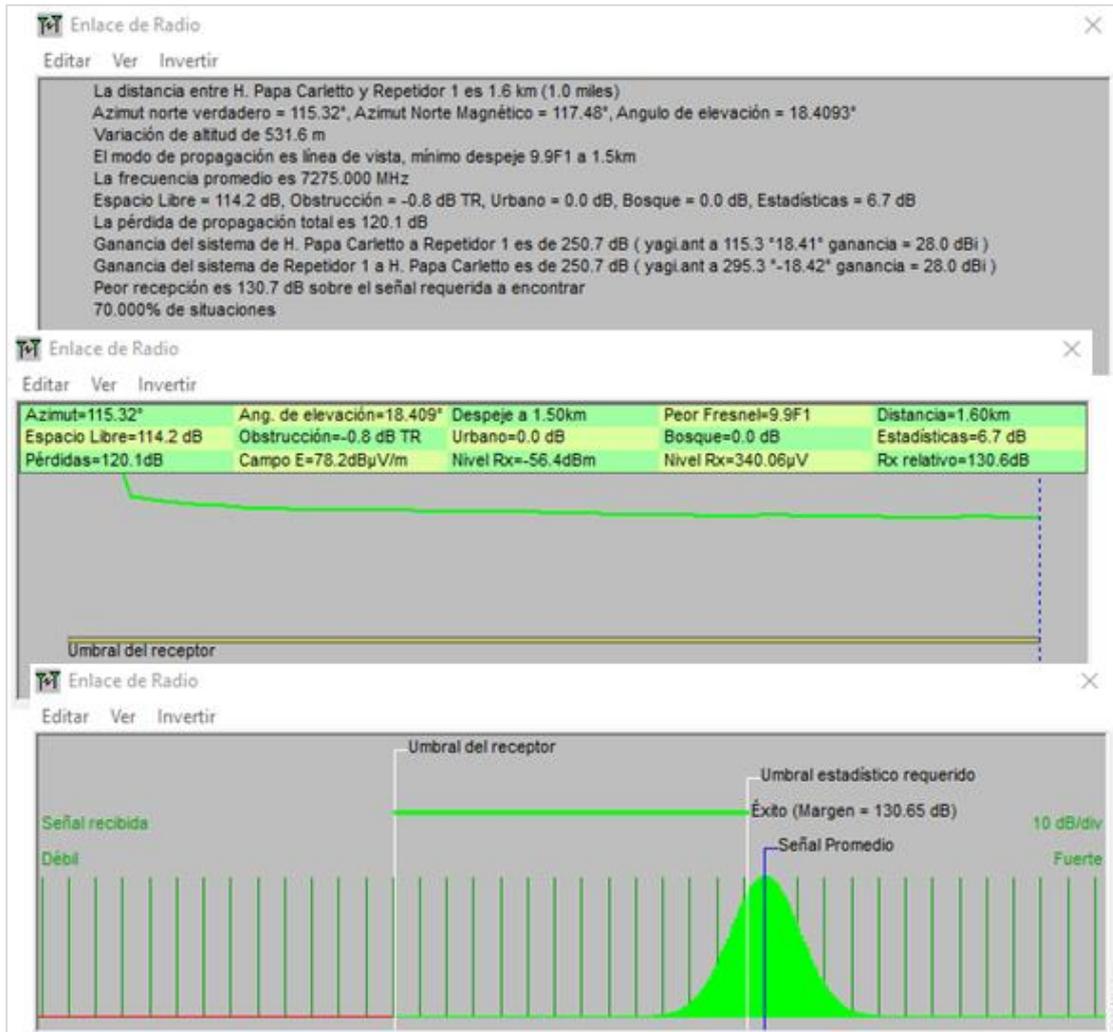


Figura 33. Detalles del enlace, perfil del campo eléctrico y distribución de la señal Hospital Papá Carletto – Repetidor 1
Fuente: Elaboración Propia – Radio Mobile

Para el trayecto Repetidor 1– Repetidor 2

Como se puede observar de la figura 34, en la simulación del trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2, sí existe conectividad entre los dos nodos, la señal no está siendo obstruida por ningún obstáculo.

La potencia de recepción relativo (Rx relativo) no se muestra de color rojo por lo tanto el enlace es viable.

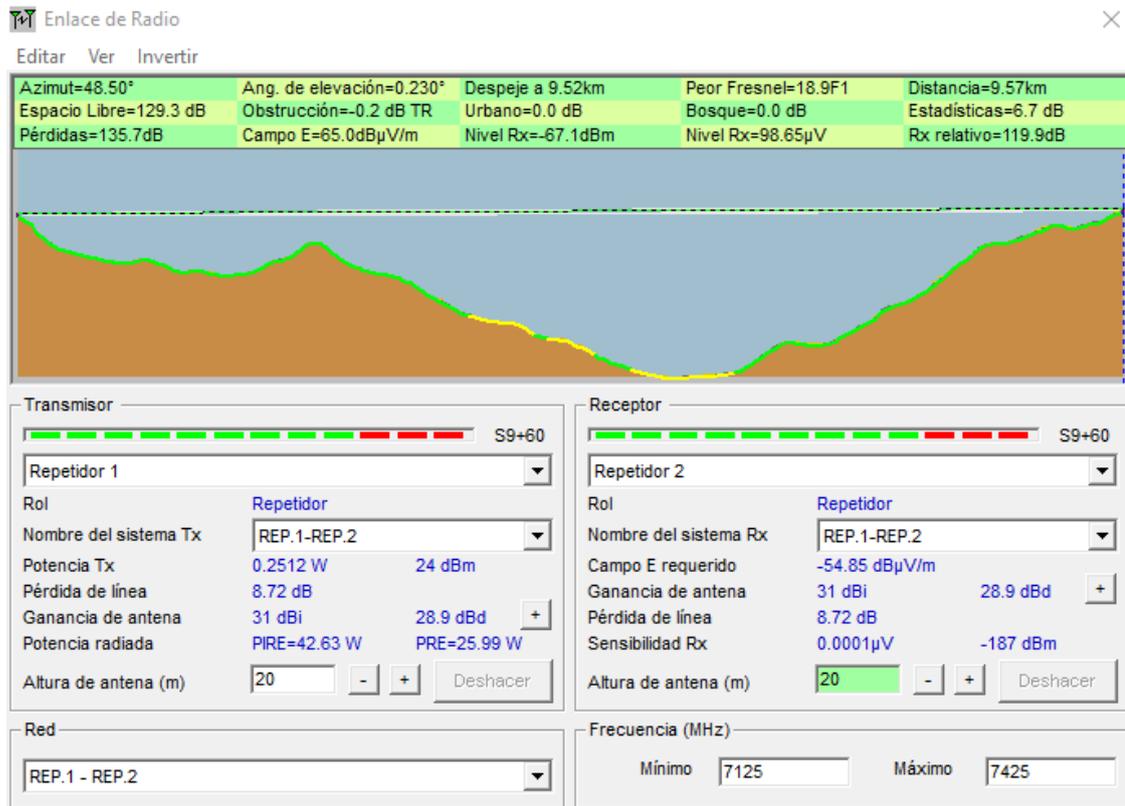


Figura 34. Simulación del trayecto Repetidor 1 – Repetidor 2
Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile

En el RMPATH se mostró que existe línea de vista. Se puede observar que el perfil topográfico mostrado en la figura 35, es similar al obtenido a través del Google Earth.

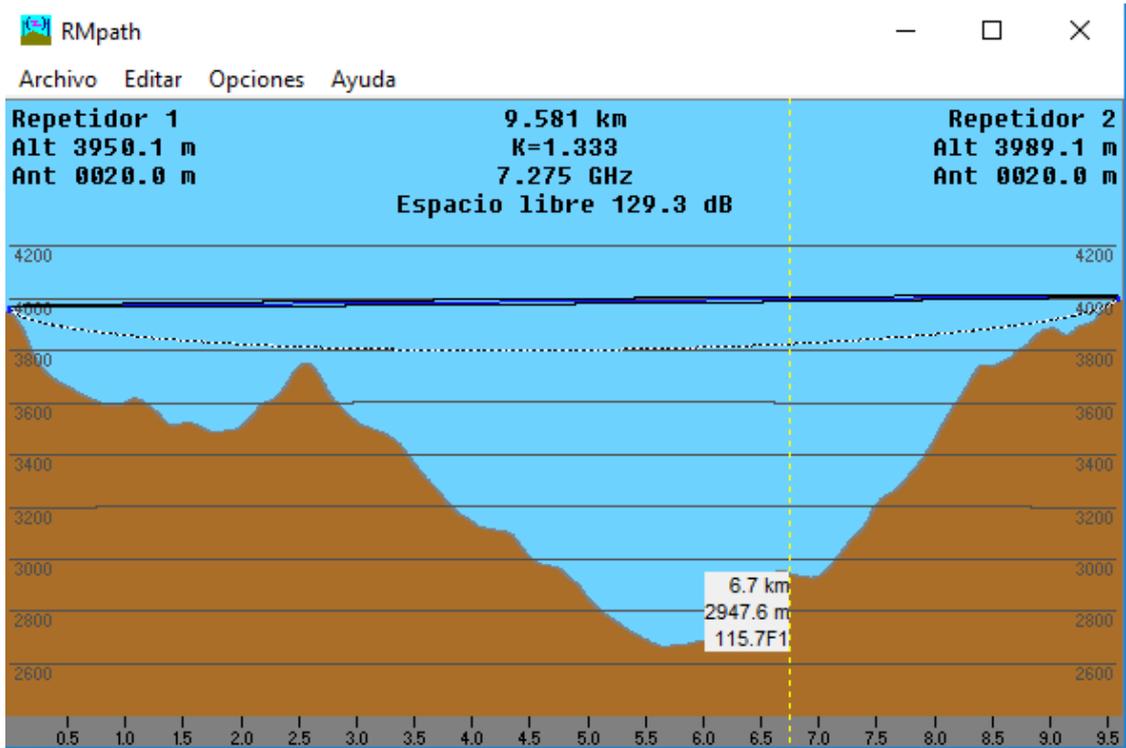


Figura 35. Simulación del Perfil de elevación del trayecto Repetidor 1 - Repetidor 2
Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile

También, con el programa se visualizó el patrón de radiación de las antenas, como se puede ver en la figura 36.

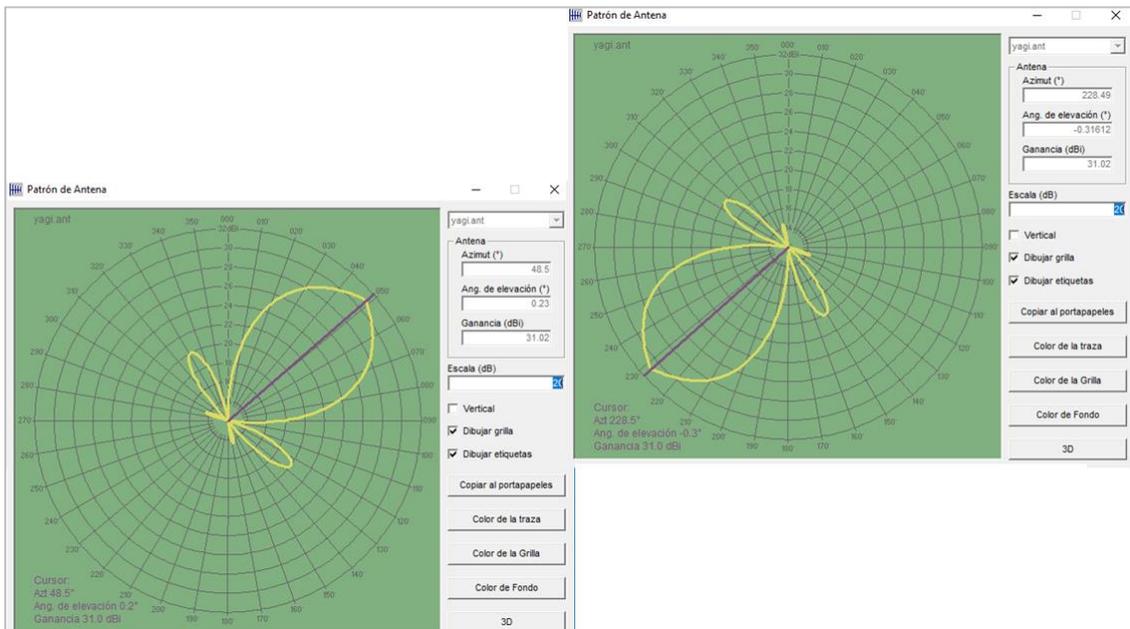


Figura 36. Patrón de radiación de la antena ubicada en Repetidor 1 y Repetidor 2
Fuente: Elaboración Propia – Radio Mobile

En la figura 37, se observan los datos obtenidos de la simulación como son los detalles del trayecto, donde muestra los valores de los parámetros del enlace, el perfil del campo eléctrico de la señal y su distribución.

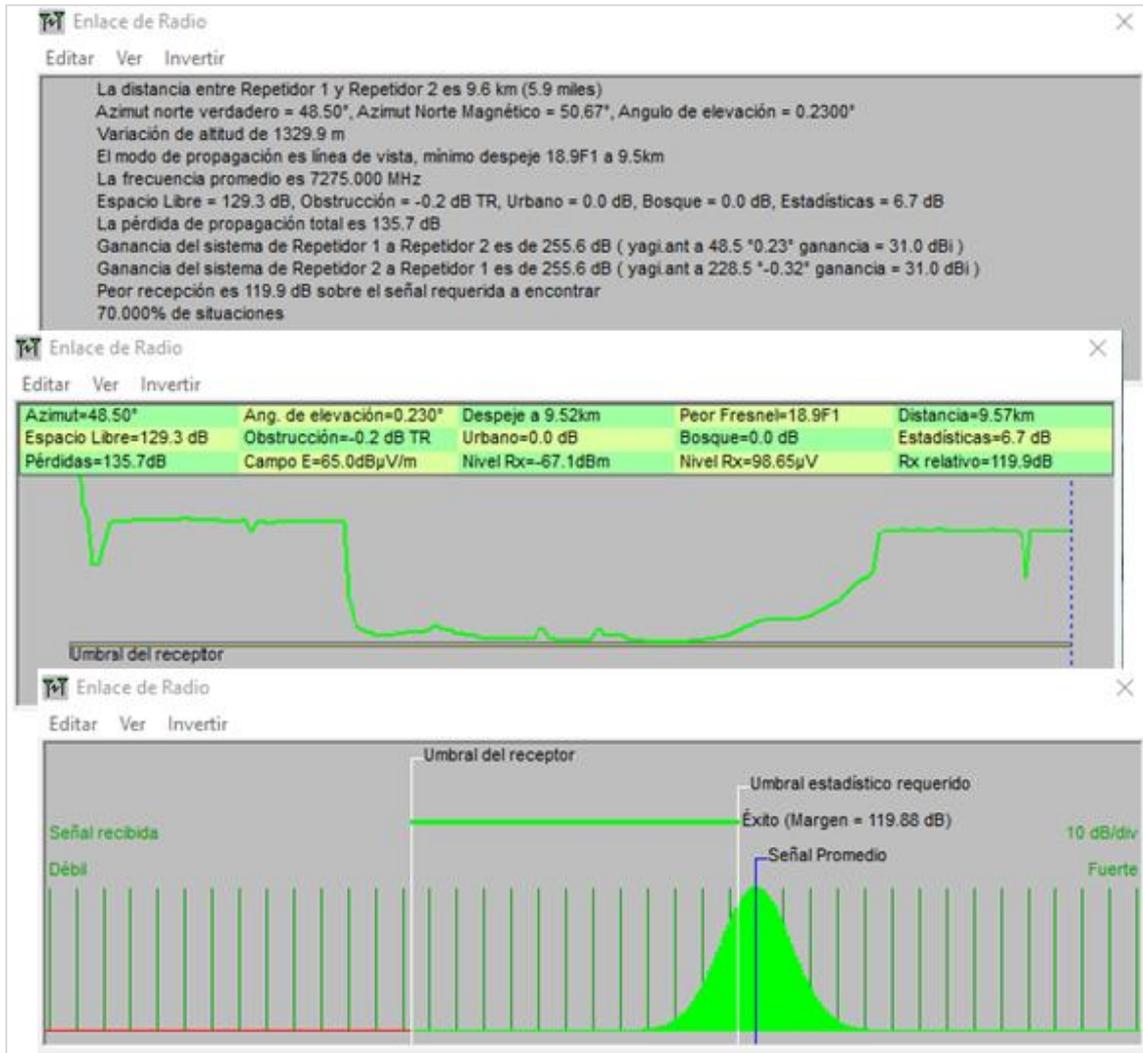


Figura 37. Detalles del enlace, perfil del campo eléctrico y distribución de la señal Repetidor 1 – Repetidor 2

Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile

Para el trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu

Como se puede observar de la figura 38, en la simulación del trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu, sí existe conectividad entre los dos nodos, la señal no está siendo obstruida por ningún obstáculo.

La potencia de recepción relativo (Rx relativo) no se muestra de color rojo por lo tanto el enlace es viable.

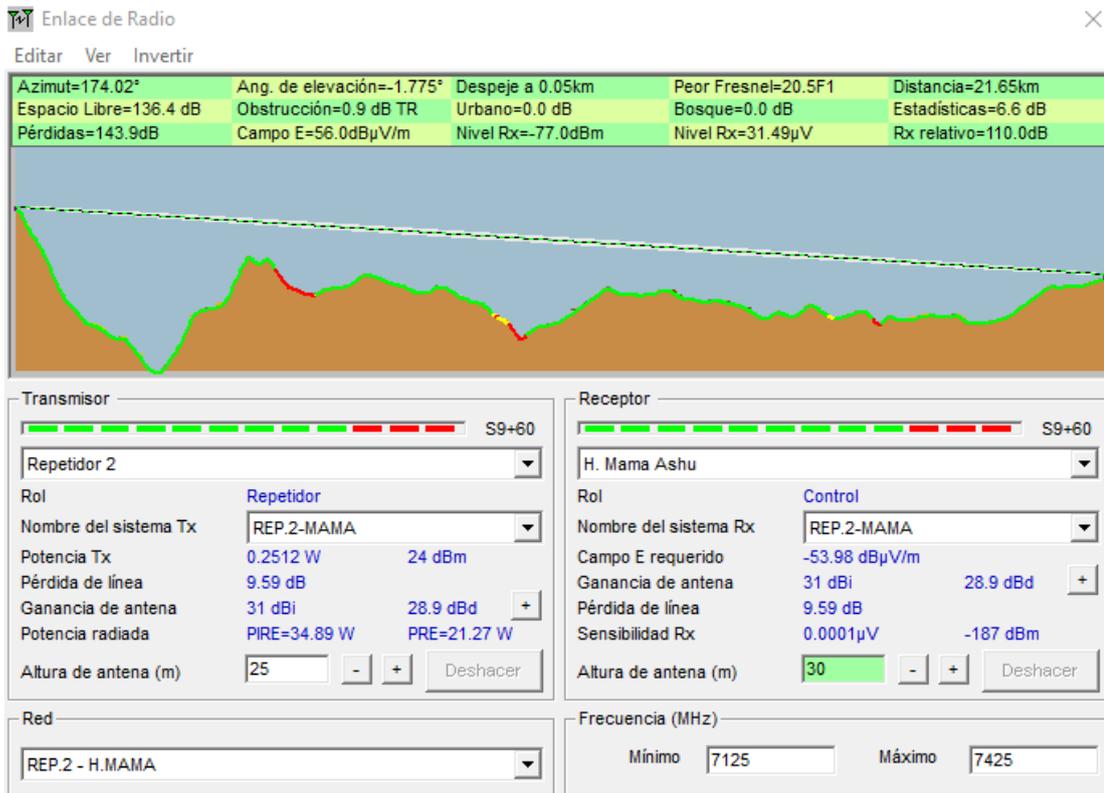


Figura 38. Simulación del trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu
Fuente: Elaboración Propia – Radio Mobile

En el RMPATH se mostró que existe línea de vista. Se puede observar que el perfil topográfico mostrado en la figura 39, es similar al obtenido a través del Google Earth.

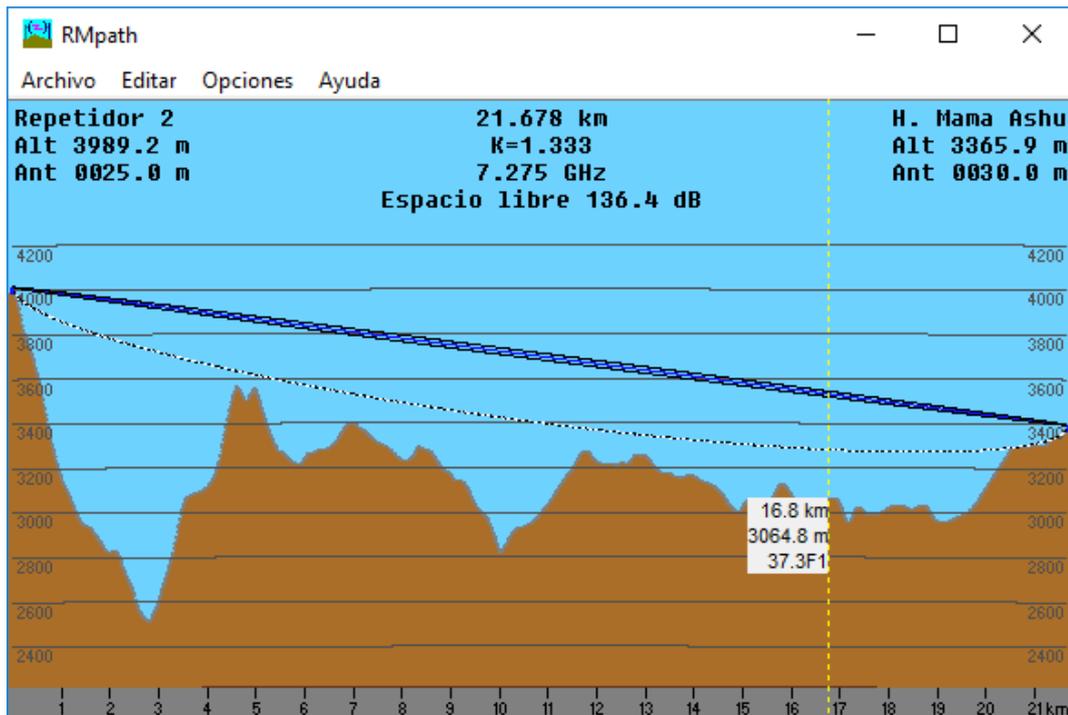


Figura 39. Simulación del Perfil de elevación del trayecto Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu

Fuente: Elaboración Propia – Radio Mobile

También, con el programa se visualizó el patrón de radiación de las antenas, como se muestra en la figura 40.

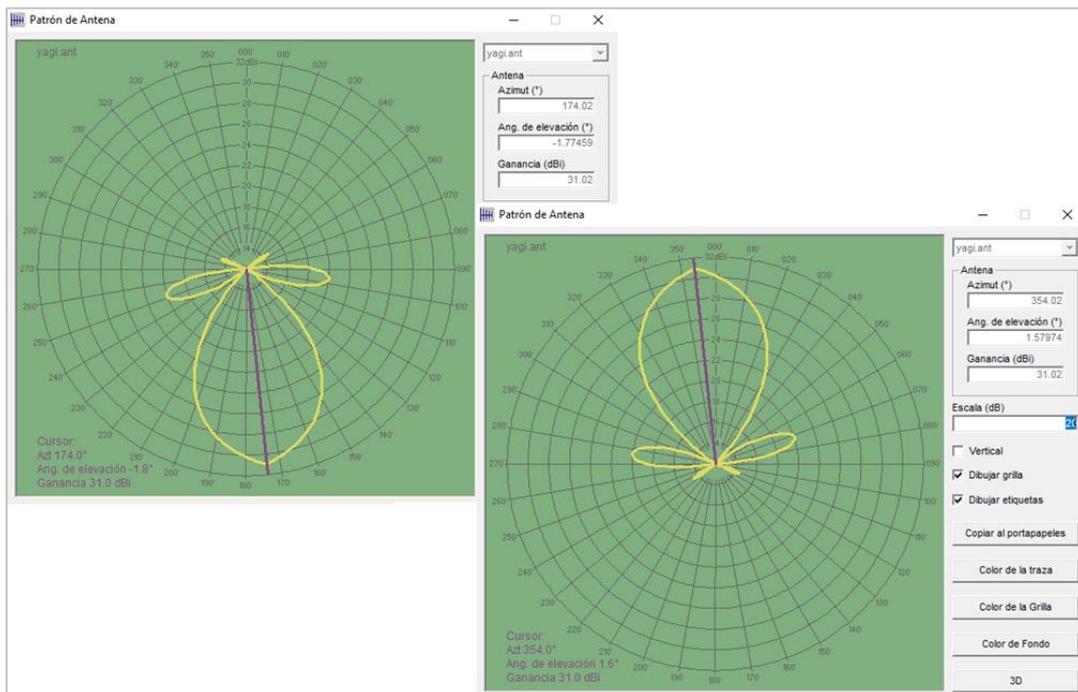


Figura 40. Patrón de radiación de la antena ubicada en Repetidor 2 y Hospital Mama Ashu

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 41, se observan los datos obtenidos de la simulación como son los detalles del trayecto, donde muestra los valores de los parámetros del enlace, el perfil del campo eléctrico de la señal y su distribución.

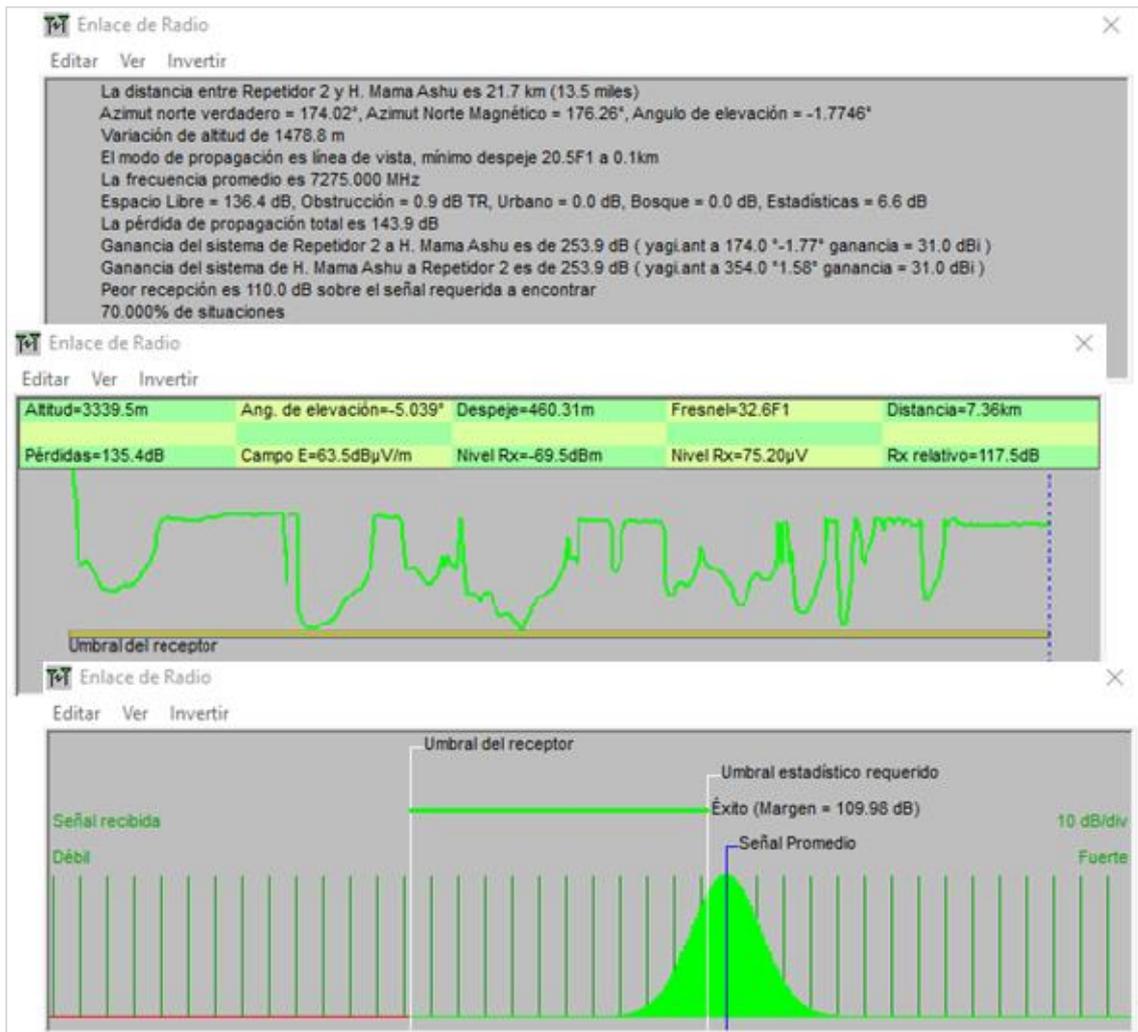


Figura 41. Detalles del enlace, perfil del campo eléctrico y distribución de la señal Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu
Fuente: Elaboración Propia – Radio Mobile

De la simulación realizada, se puede notar que cada trayecto del enlace cuenta con una potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e) dentro del rango planteado por el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. Unión Internacional de Telecomunicaciones (2016) menciona:

El p.i.r.e para bandas de frecuencias de 1 GHz – 10 GHz, puede ser como máximo +35 dBW y como también que de no cumplirse esto, el nivel máximo del valor del p.i.r.e será +47 dBW. (p. 266) **VER ANEXO 03**

Al término de la simulación en el programa Radio Mobile, se exportó todas las simulaciones realizadas del enlace por cada trayecto al Google Earth para visualizar el diseño del enlace microondas en 3D. **VER ANEXO 04**

3.1.11. Cronograma (Diagrama de Gantt)

El diseño del enlace se desarrolló durante 3 meses, comenzando con los estudios de perfiles de elevación de las zonas donde se encuentran los hospitales y finalizando con la simulación tridimensional del enlace, como se puede observar en la figura 42.

N° Actividad	Inicio	Final	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
Estudios de perfil de elevación de la zona	6/08/2017	13/08/2017	■											
Determinación de la ubicación de repetidoras	14/08/2017	20/08/2017		■										
Análisis de Línea de Vista	14/08/2017	27/08/2017		■	■									
Selección de equipos	28/08/2017	3/09/2017				■								
Calculos teóricos	4/09/2017	17/09/2017					■	■						
Simulación del enlace	18/09/2017	8/10/2017							■	■	■			
Análisis de vista 3D	2/10/2017	15/10/2017									■	■		
Comparación de valores teóricos y valores simulados	16/10/2017	29/10/2017											■	■
Resultados	23/10/2017	29/10/2017												■

Figura 42. Diagrama del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Resultados

Los resultados obtenidos del diseño realizado entre los hospitales Papá Carletto y Mama Ashu fueron satisfactorios.

Se logró obtener un enlace libre de obstáculos, presentando conectividad entre todos los nodos por cada trayecto permitiendo una transmisión y recepción adecuada de la señal. **VER ANEXO 05**

Los valores obtenidos mediante cálculos teóricos fueron muy cercanos a los valores obtenidos por la simulación; por lo tanto, el diseño del radioenlace muestra resultados prometedores para una futura implementación tomando como referencia los datos mostrados en la tabla 8.

Tabla 8.
Consolidación de resultados

Trayectos	Parámetros	Valores teóricos	Valores simulados
Hospital Papá Carletto – Repetidor 1	Espacio libre (Ls)	114.286 dB	114.2 dB
	Pérdida de línea	8.14 dB	8.14 dB
	Prx	-53.719 dBm	-56.4 dBm
	Ángulo eleva	17.953°	18.409°
	Azimut	115.05°	115.32°
Repetidor 1 – Repetidor 2	Espacio libre (Ls)	130.017 dB	129.3 dB
	Pérdida de línea	8.72 dB	8.72 dB
	Prx	-63.627 dBm	-67.1 dBm
	Ángulo eleva	0.281°	0.230°
	Azimut	48.852°	48.50°
Repetidor 2 – Hospital Mama Ashu	Espacio libre (Ls)	136.873 dB	136.4 dB
	Pérdida de línea	9.59 dB	9.59 dB
	Prx	-81.603 dBm	-77 dBm
	Ángulo eleva	-1.54°	-1.775°
	Azimut	173.95°	174.02°

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Se logró realizar el enlace vía microondas a pesar de la ubicación geográfica y el perfil topográfico de las antenas principales. Se hizo uso de dos antenas repetidoras la cuales eran necesarias para que exista línea de vista entre los hospitales Papá Carletto y Mama Ashu.
- Se determinó la ubicación adecuada de las antenas mediante estudios topográficos con el programa Google Earth. Las antenas repetidoras se ubicaron en puntos idóneos, Cerro Huayllan y Cerro Alto Pirhua, lugares que presentaron las condiciones adecuadas y con perfiles de elevación bastantes favorables, los cuales garantizan un enlace microondas sin interferencias.
- Se simuló el enlace microondas con el software Radio Mobile, el cual resulto muy útil ya que muestra parámetros geográficos similares al entorno real. Los cálculos obtenidos de manera teórica fueron similares a los calculo obtenidos con el software, dichos cálculos muestran línea de vista despejada y un envío de señal óptimo. El diseño propuesto cumple con las normas impuestas por el PNAF y con una potencia de transmisión dentro del rango permitido por lo cual se puede decir que el diseño de enlace microondas es viable.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que se tenga claro y firme los conocimientos teóricos, antes de realizar los cálculos de un enlace. Además de disponer de todos los datos que serán necesarios para ser utilizados en el diseño del enlace; con el fin de obtener resultados óptimos y confiables al momento de simular el enlace en el programa especializado (en este proyecto fue Radio Mobile).
- De presentarse un obstáculo en la línea de vista, se tiene que optar como primera posible solución variar las alturas de las antenas en la torre, pero de no poderse alcanzar aun así la línea de vista se recomienda incluir en el diseño una o más estaciones repetidoras dependiendo del estudio del perfil de elevación del enlace. Estas repetidoras deben ser ubicados en lugares adecuados y óptimos que permitan lograr la línea de vista en todo el enlace.
- Se recomienda no subestimar los aspectos legales al momento de realizar un diseño de enlace microondas, para una futura implementación de este tipo de sistema, el no cumplimiento puede generar multas.
- Se recomienda realizar reuniones previas con alguna autoridad o representante de la zona en estudio, para evaluar la necesidad y beneficios que proporcionaría el diseño de un enlace microondas para su futura implementación. **VER ANEXO 07**

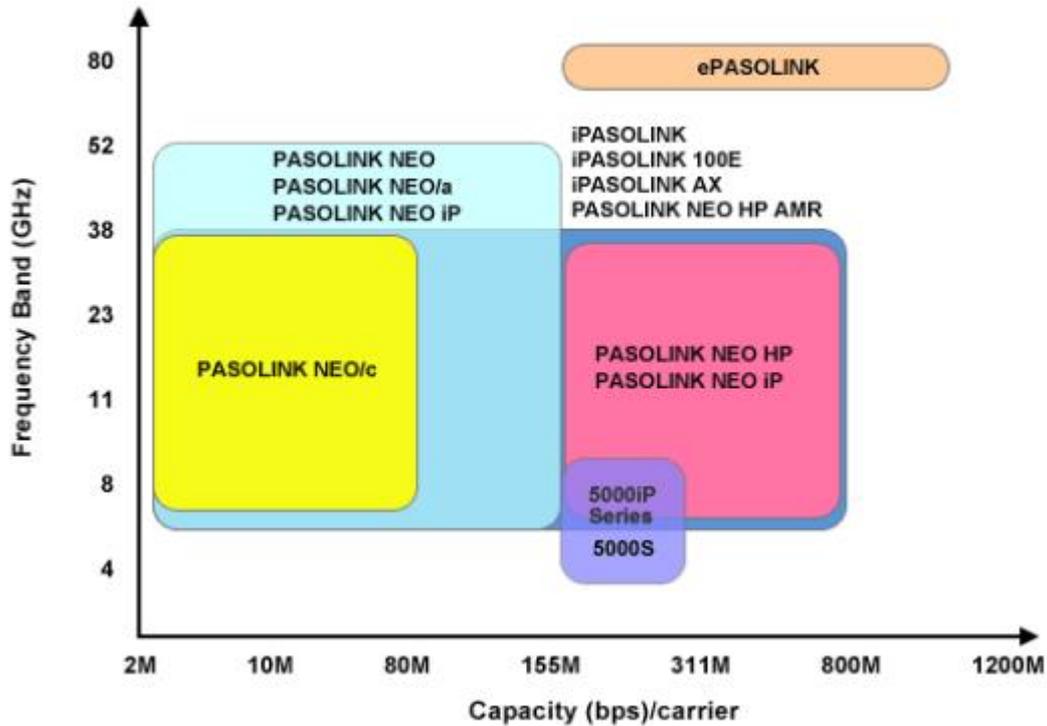
BIBLIOGRAFÍA

- Perez, J., Tapias, J. (2018). *Diseño de radioenlaces y análisis de presupuesto, para interconectar el nuevo Hospital de la Candelaria en purificación con los puestos de salud de Chenche Asoleado y Chenche uno en aras del desarrollo de la Telesalud*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Ibagué, Colombia.
- Tercero, M., Rivera, R. (2013). *Diseño de interconexión para enlace de microondas punto a punto entre las comunidades de San Carlos y el archipiélago de Solentiname*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- Quiroz, C., Ortiz, C., Parra, G., Velázquez, F., (2018). *Diseño y Construcción de un Estetoscopio Electrónico de bajo costo para la Auscultación Cardíaca y Pulmonar*. Colombia: Clidi.
- Martinez, J. (2018). *¿Qué es un radioenlace?* [Fecha de consulta 10 de setiembre 2019]. Recuperado de: <https://medium.com/@jlmartinez.es/qu%C3%A9-es-un-radioenlace-159ab9a66775>
- Tomasi, W. (2003). *Sistema de Comunicaciones Electrónicas*. Naucalpan de Juárez, México: Prentice – Hall INC.
- Rojas, R. (Ed.) (2007). *Internet y Redes inalámbricas*. Arequipa, Perú: Clanar Internacional
- San Román, E. (Ed.) (2014). *Teoría y Aplicación de Ingeniería de Microondas*. Arequipa, Perú: Universidad Católica San Pablo.
- Grupo de Radiocomunicación (2007). *Tutorial Radio Mobile*. Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones. Madrid, España.
- Huidobro, J. (2013). *Antenas de Telecomunicaciones*. Revista Digital de Acta: Cedro.

- Buettrich, S. (2007). *Cálculo de Radioenlace*. Recuperado de: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf
- Couch, L. (2008). *Sistemas de comunicación digitales y analógicos*. México: Pearson Education INC.
- Ministerio de salud (2014). *Resumen Ejecutivo del Análisis de situación de salud*. Perú.
- Chapilliquen, F. (Febrero de 2019). *Sala de situación, Perú SE 5 – 2019*. Sesión de Teleconferencia llevado a cabo en el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. Jesús María, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). *Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF)*. Perú.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (2016). *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Ginebra, Suiza.
- Artesanos Don Bosco. Lima, Perú. [Fecha de consulta 6 de agosto 2019]. Recuperado de: <http://www.artesanosdonbosco.pe/omg/who.php>
- Briceño, E. (2005). *Principios de las Comunicaciones*. Venezuela: Taller de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería.
- Canal, H. (2006), *Diseño de un enlace de comunicaciones entre los hospitales Essalud de Cusco y Urubamba*, Universidad Católica del Perú. Perú.
- Rojas, R., Martínez, A. y Rojas, J. (2001). *Telerehabilitación: Una propuesta para el Diagnóstico y Tratamiento de enfermedades Pulmonares*. Habana, Cuba: Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica.
- Zamora, D. (2017), *Implementación de un sistema de interconexión de antenas para los centros de salud de Campo Verde, Las Mercedes y Neshuya de la dirección regional de salud de Ucayali*. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Perú.

ANEXOS

ANEXO 01: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y FÍSICAS DE EQUIPOS NEC PASOLINK EN RADIOFRECUENCIAS



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Bandas de Operación	7,1 GHz – 7,9 GHz
Potencia de Transmisión	+29 dBm ± 2 dB
Tipo de Modulación	4PSK/16QAM/32QAM/64QAM/128QAM/256QAM/512QAM/1024QAM/2048QAM.
Frecuencia de Canal	56,0MHz
Distancia Duplex	154/161(EUT)/168/196/245 MHz
Capacidad de Transmisión	n×E1 (n×2Mbps) STM-1(155Mbps), 2×STM-1(2×155Mbps), 4×STM 1 (4×155Mbps) GbE
Rangos de Temperatura	IDU: -5 a +45°C (ETS 300 019 clase 3,1E) ODU: -33 a +40°C (ETS 300 019 clase 4,1)
Voltaje de Operación	-48VDC (Range: -40,5 a -57,0 VDC)

ESPECIFICACIONES FÍSICAS	
Dimensiones	<p>IDU 44,0 mm(H) x 482,0 mm (W) x 240,0 mm(D)</p> <p>ODU 237,0 mm(W) x 237,0 mm (H) x 110,0 mm(D)</p>
Peso	<p>IDU Aprox. 5,0 Kg.</p> <p>ODU Conf. 1+0 Aprox. 3,5 Kg.</p> <p>ODU Conf. 1+1 8,0 Kg.</p>
Tipo de Interfaces	<p>E1 (2048 Mbps): HDB-3 / 75 / 120 Ohms</p> <p>STM-1 (155 Mbps): S-1.1, L1.1 or STM-1e</p> <p>LAN (FE) 10Base-T/100Base-T</p> <p>LAN (GbE) 1000Base-T/SX/LX / LC (SFP)</p>

ANEXO 02: PLAN NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS – PNAF

- radiolocalización, excepto los radares en tierra utilizados con fines meteorológicos en la banda 5 600 – 5 650 MHz, no causarán interferencia perjudicial a los sistemas de radares del servicio de radionavegación marítima, ni reclamarán protección contra ellos.
- P91 Las bandas de frecuencias de 7 100 - 7 250 MHz, 7 300 - 7 425 MHz, 10 550 - 10 700 MHz y 12 700 - 13 250 MHz, también estarán destinadas a los enlaces fijos y móviles auxiliares a la radiodifusión por televisión. La Administración tomará las previsiones necesarias a fin de garantizar la no interferencia con enlaces que no corresponden a enlaces de radiodifusión.
- P92 Las bandas de 4 400 - 5 000 MHz, 5 925 - 6 425 MHz, 6 430 - 7 110 MHz, 7 125 - 8 275 MHz, 10 700 - 11 700 MHz, 12 750 - 13 250 MHz, 14 400 - 15 350 MHz, 17 700 - 19 700 MHz, 21,2 - 23,6 GHz y 37 - 38,6 GHz, pueden ser utilizadas para radioenlaces digitales para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, según los planes de canalización correspondientes.
- P93 No se permite a las estaciones de aeronave transmitir en la banda 8 025 - 8 400 MHz.
- P94 La utilización de la banda 8 750 - 8 850 MHz por el servicio de radionavegación aeronáutica se limita a las ayudas a la navegación a bordo de aeronaves que utilizan el efecto Doppler con una frecuencia central de 8 800 MHz.
- P95 En las bandas 8 850 - 9 000 MHz y 9 200 - 9 225 MHz, el servicio de radionavegación marítima esta limitado a radares costeros.
- P96 En la banda 9 200 - 9 500 MHz pueden utilizarse transpondedores de búsqueda y salvamento (SART), teniendo en cuenta la correspondiente Recomendación UIT-R¹⁰.
- P97 La utilización de la banda 9 300 - 9 500 MHz, por el servicio de radionavegación aeronáutica se limita a los radares meteorológicos de aeronaves y a los radares instalados en tierra. Además, se permiten las balizas de radar instaladas en tierra del servicio de radionavegación aeronáutica en la banda 9 300 - 9 320 MHz a condición de que no causen interferencia perjudicial al servicio de radionavegación marítima. En la banda 9 300 - 9 500 MHz, los radares instalados en tierra utilizados para las necesidades de la meteorología tendrán prioridad sobre los demás dispositivos de radiolocalización.
- P98 En la banda 9 300 - 9 320 MHz por lo que se refiere al servicio de radionavegación, la utilización a bordo de barcos de radares distintos de los existentes el 1 de enero de 1976 no está permitida hasta el 1 de enero de 2001.
- P99 Las bandas de 10,15 - 10,28 GHz y 10,50 - 10,63 GHz están también atribuidas a título primario para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, utilizando sistemas de acceso fijo inalámbrico. La asignación de espectro y/o el otorgamiento de concesión, para la provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao, en estas bandas será por concurso público de ofertas. El Ministerio adoptará las medidas necesarias para la reasignación de los enlaces auxiliares a la radiodifusión por televisión ya asignados en el rango de 10 550 – 10 630 MHz. La banda 9 975 - 10 025 MHz está también atribuida, a título secundario al servicio de meteorología por satélite para ser utilizada por los radares meteorológicos.
- P100 Las bandas comprendidas entre 10,70 - 11,95 GHz, 12,75 - 13,25 GHz y 13,75 - 14,5 GHz, podrán ser utilizadas para el Servicio Público de Distribución de Radiodifusión por Cable, en la modalidad de Difusión Directa por Satélite. En la banda 11,7 - 12,2 GHz, los transpondedores de estaciones espaciales del servicio fijo por satélite pueden ser utilizados adicionalmente para transmisiones del servicio de radiodifusión por satélite, a condición de que dichas transmisiones no tengan una p.i.r.e. máxima superior a 53 dBW por canal de televisión y no causen una mayor interferencia ni requieran mayor protección contra la interferencia que las asignaciones de frecuencia coordinadas del servicio fijo por satélite. Con respecto a los servicios espaciales, esta banda será utilizada principalmente por el servicio fijo por satélite.

¹⁰ Véase el Artículo S31 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

ANEXO 03: REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES

ARTÍCULO 21

Servicios terrenales y espaciales que comparten bandas de frecuencias por encima de 1 GHz

Sección I – Elección de ubicaciones y de frecuencias

21.1 § 1 La ubicación y las frecuencias de las estaciones terrenales y estaciones terrenales que funcionen en bandas compartidas, con los mismos derechos, entre servicios de radiocomunicación terrenal y espacial, se elegirán teniendo en cuenta las Recomendaciones UIT-R pertinentes relativas a la separación geográfica entre estaciones terrenales y estaciones terrenales.

21.2 § 2 1) En la medida de lo posible, la ubicación de las estaciones transmisoras^{1, 3} de los servicios fijo o móvil que empleen valores máximos de potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) superiores a los valores indicados en el Cuadro 21-1 siguiente en las bandas de frecuencias indicadas, se elegirá de modo que la dirección de máxima radiación de cualquier antena se aparte de la órbita de los satélites geoestacionarios en un ángulo (en grados) igual por lo menos al indicado en el Cuadro, teniendo en cuenta el efecto de la refracción atmosférica²: (CMR-12)

CUADRO 21-1

Banda de frecuencias (GHz)	Valor de la p.i.r.e. (dBW) (véanse también los números 21.2 y 21.4)	Ángulo mínimo de separación con respecto a la órbita de los satélites geoestacionarios (grados)
1-10	+35	2
10-15	+45	1,5
25,25-27,5	+24 (en cualquier banda de 1 MHz)	1,5
Otras bandas por encima de 15 GHz	+55	No limitado ³

¹ 21.2.1 Para su propia protección, las estaciones receptoras de los servicios fijo o móvil que funcionan en las bandas de frecuencias compartidas con servicios de radiocomunicación espacial (espacio-Tierra) deben evitar dirigir sus antenas hacia la órbita de los satélites geoestacionarios si su sensibilidad es lo suficientemente elevada como para que sufran interferencia importante de las transmisiones de estaciones espaciales. En particular en las bandas de frecuencias 13,4-13,65 GHz y 21,4-22 GHz, se recomienda mantener una separación angular mínima de 1,5° con respecto a la dirección de la órbita de los satélites geoestacionarios. (CMR-15)

² 21.2.2 La Recomendación UIT-R SF.765, última edición, contiene información sobre esta materia (véase la Resolución 27 (Rev. CMR-03)⁴).

* Nota de la Secretaría: Esta Resolución ha sido revisada por la CMR-07 y por la CMR-12.

21.2.3 No utilizado.

³ 21.2.4 En las bandas de frecuencias superiores a 15 GHz (salvo en 25,25-27,5 GHz), no hay restricciones en cuanto a la separación angular para las estaciones transmisoras de los servicios fijo y móvil. Esta cuestión está en estudio en el UIT-R.

Sección II – Límites de potencia para las estaciones terrenales

21.3 § 3 1) El nivel máximo de potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) de una estación de los servicios fijo o móvil no será superior a +55 dBW.

21.4 2) Cuando no sea posible cumplir con lo establecido en el número 21.2, en las bandas de frecuencias entre 1 GHz y 10 GHz, el nivel máximo de potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) de una estación de los servicios fijo o móvil no será superior a:

+47 dBW en cualquier dirección que se aparte menos de 0,5° de la órbita de los satélites geoestacionarios; o

+47 dBW a +55 dBW, según una escala lineal en decibelios (8 dB por grado), en cualquier dirección comprendida entre 0,5° y 1,5° con respecto a la órbita de los satélites geoestacionarios, teniendo en cuenta el efecto de la refracción atmosférica⁴.

21.5 3) El nivel de la potencia suministrada a la antena por un transmisor de los servicios fijo o móvil no será superior a +13 dBW en las bandas de frecuencias comprendidas entre 1 GHz y 10 GHz, o +10 dBW en las bandas de frecuencias superiores a 10 GHz, salvo lo indicado en el número 21.5A. (CMR-2000)

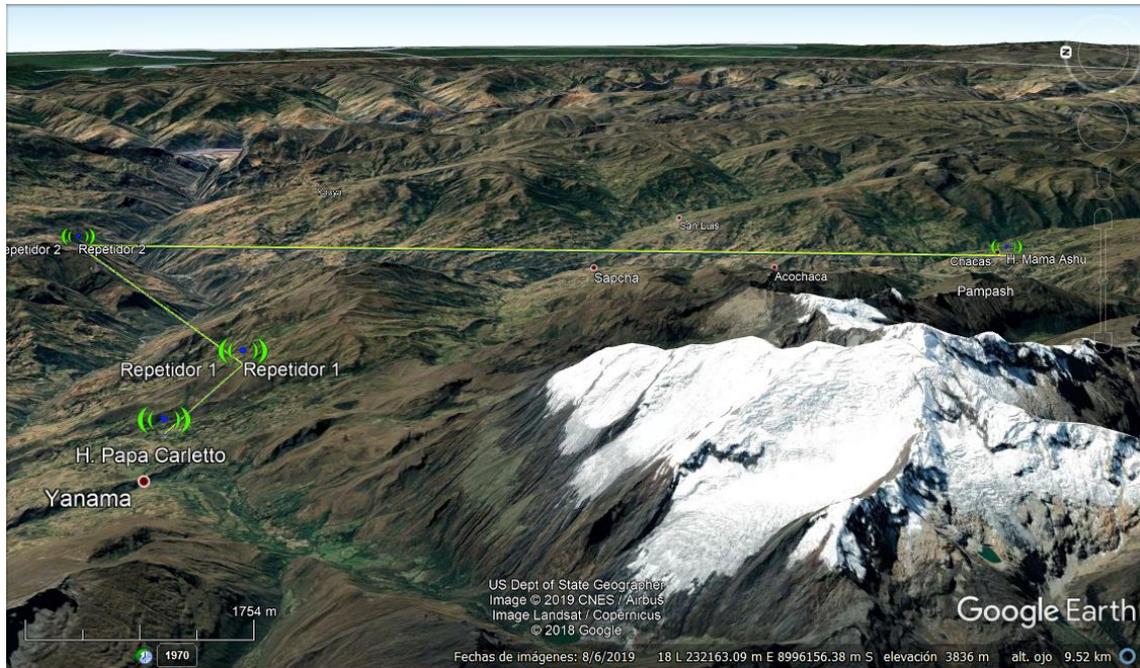
21.5A Como excepción a los niveles de potencia que aparecen en el número 21.5, el entorno de compartición en el que deberán explotarse el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) y el servicio de investigación espacial (pasivo) en la banda 18,6-18,8 GHz viene definido por las siguientes limitaciones introducidas en el funcionamiento del servicio fijo: la potencia de cada frecuencia portadora de RF entregada a la entrada de cada una de las antenas de la estación del servicio fijo en la banda 18,6-18,8 GHz no deberá ser superior a -3 dBW. (CMR-2000)

21.6 4) Los límites indicados en los números 21.2, 21.3, 21.4, 21.5 y 21.5A se aplican, cuando proceda, a los servicios y bandas de frecuencias indicados en el Cuadro 21-2 para la recepción por estaciones espaciales cuando estas bandas están compartidas, con los mismos derechos, con los servicios fijo o móvil: (CMR-2000)

⁴ 21.4.1 La Recomendación UIT-R SF.765, última edición, contiene información sobre esta materia (véase la Resolución 27 (Rev.CMR-03)⁶).

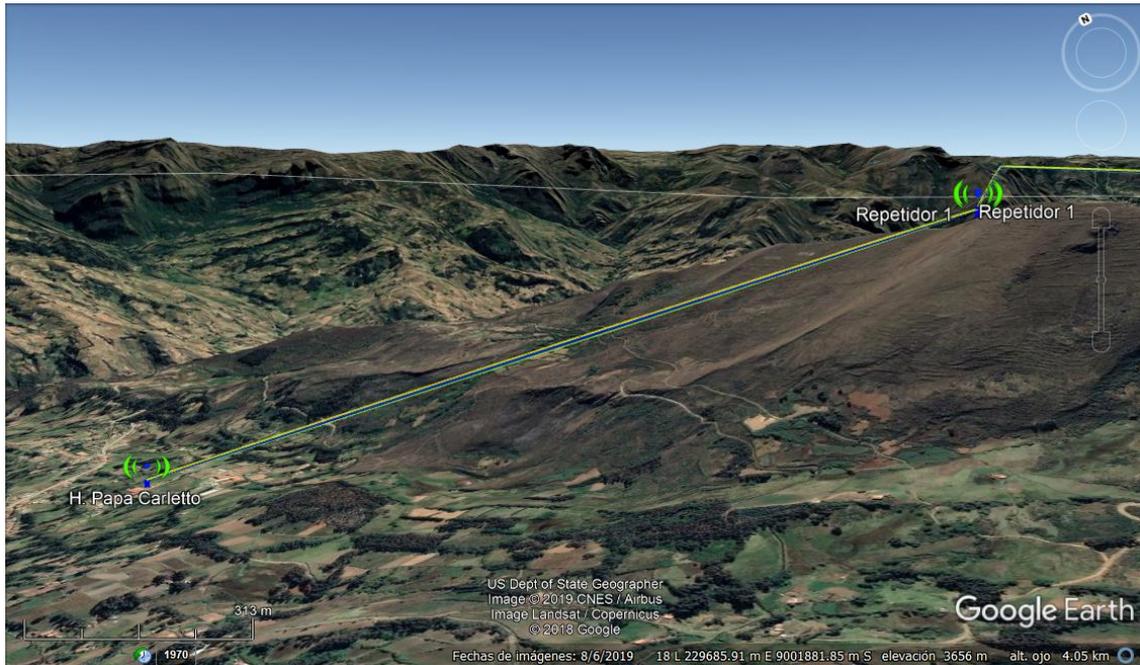
* *Nota de la Secretaría:* Esta Resolución ha sido revisada por la CMR-07 y por la CMR-12.

ANEXO 04: VISUALIZACIÓN DEL ENLACE MICROONDAS EN 3D



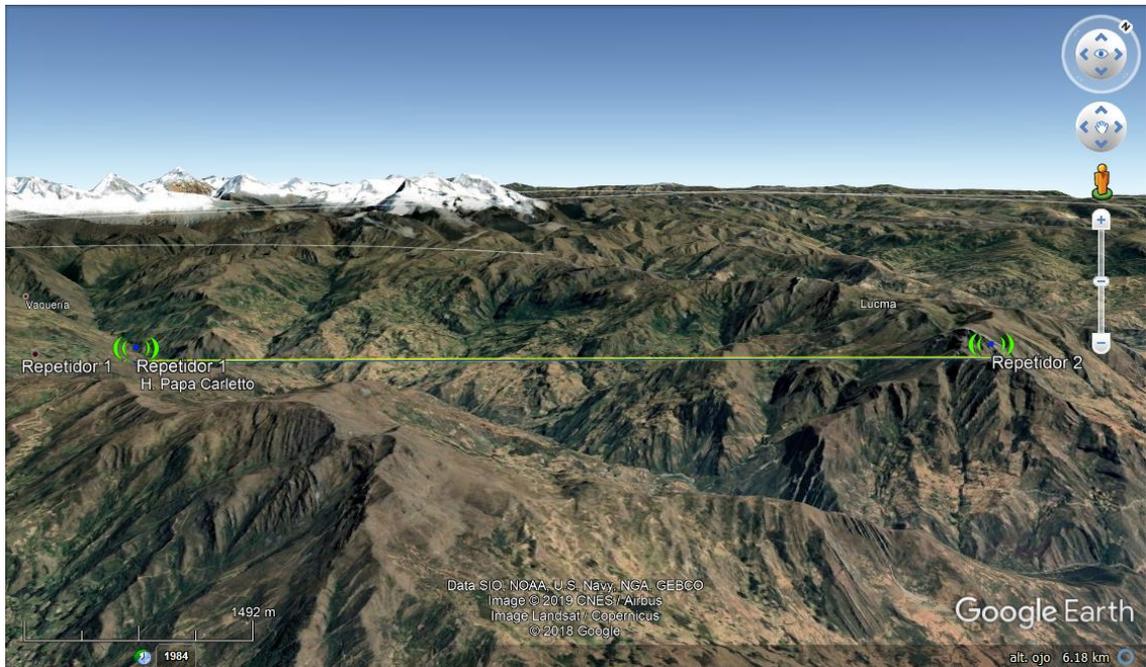
LÍNEA	SIGNIFICADO
AMARILLA	1ra Zona de Fresnel
VERDE	0.6 Zona de fresnel
AZUL	Haz

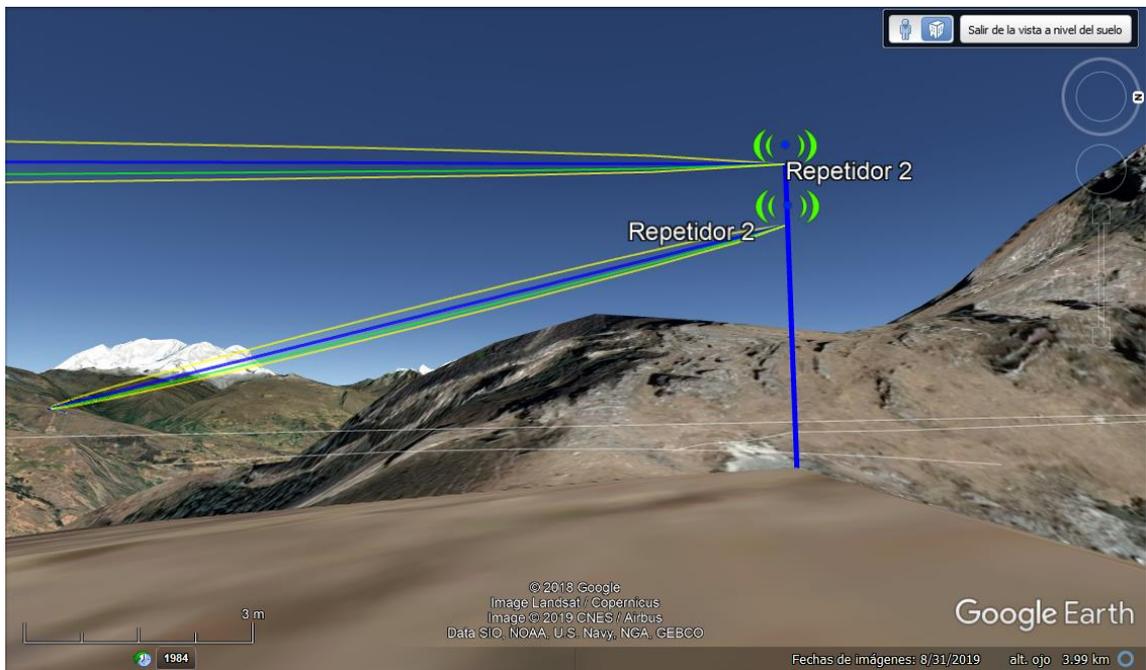
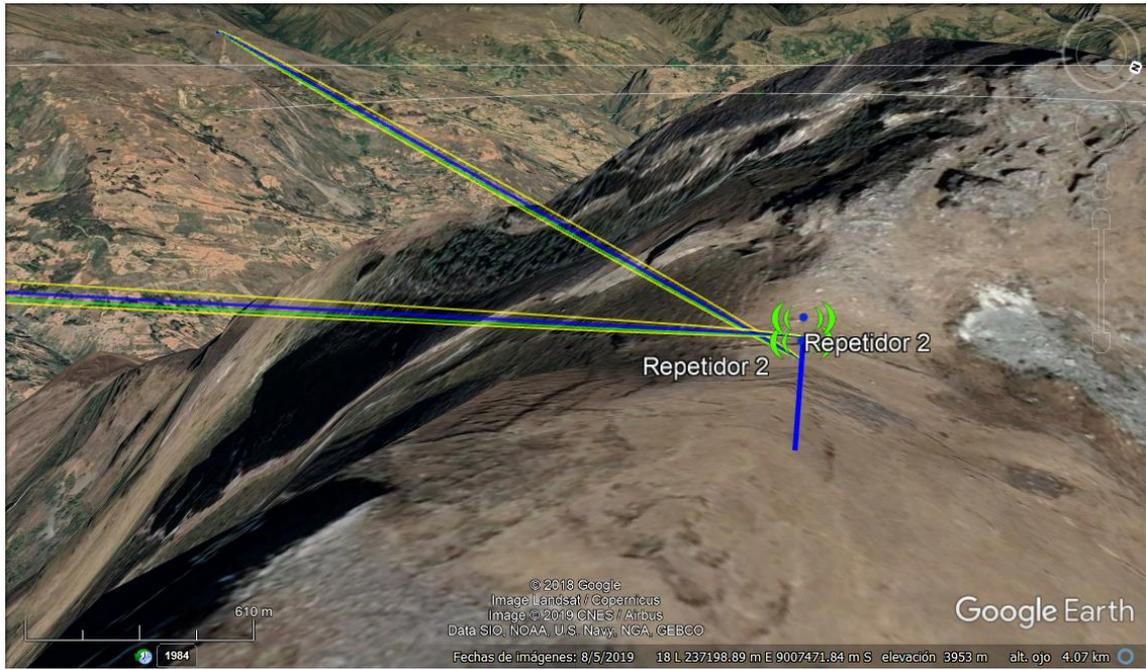
TRAYECTO HOSPITAL PAPÁ CARLETTO – REPETIDOR 1



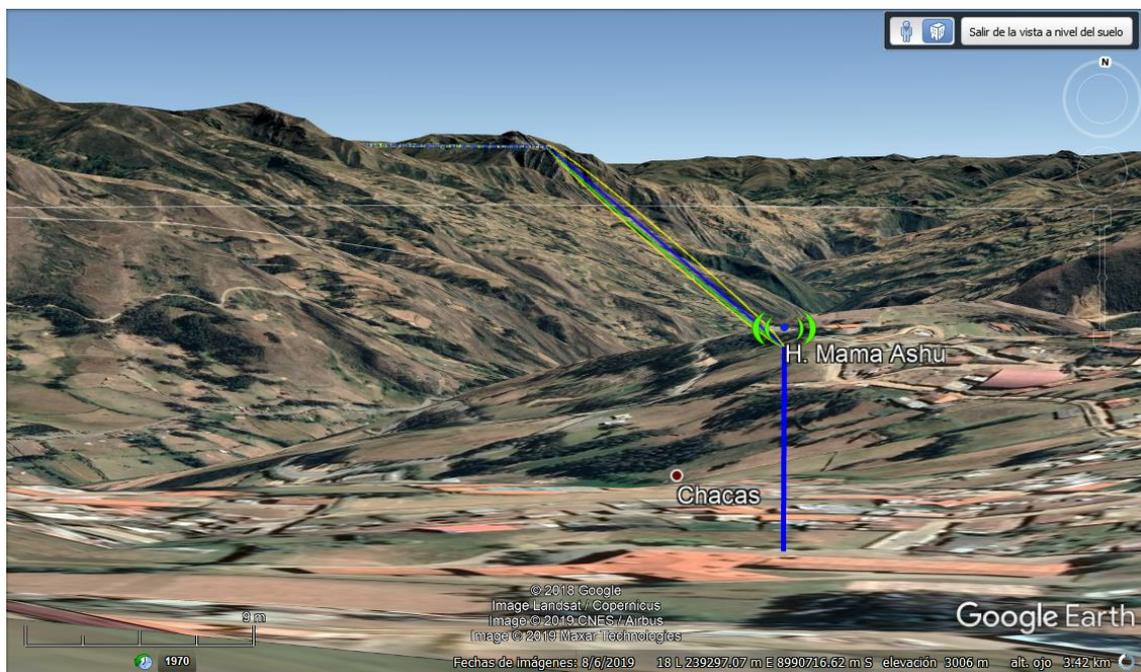


TRAYECTO REPETIDOR 1 – REPETIDOR 2



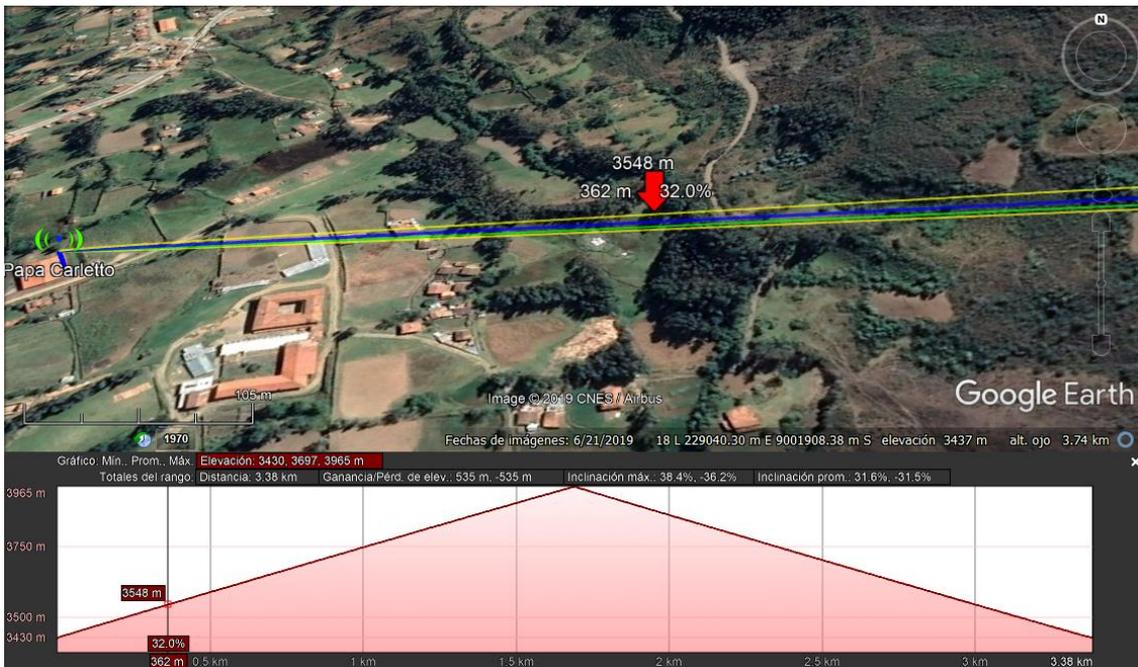
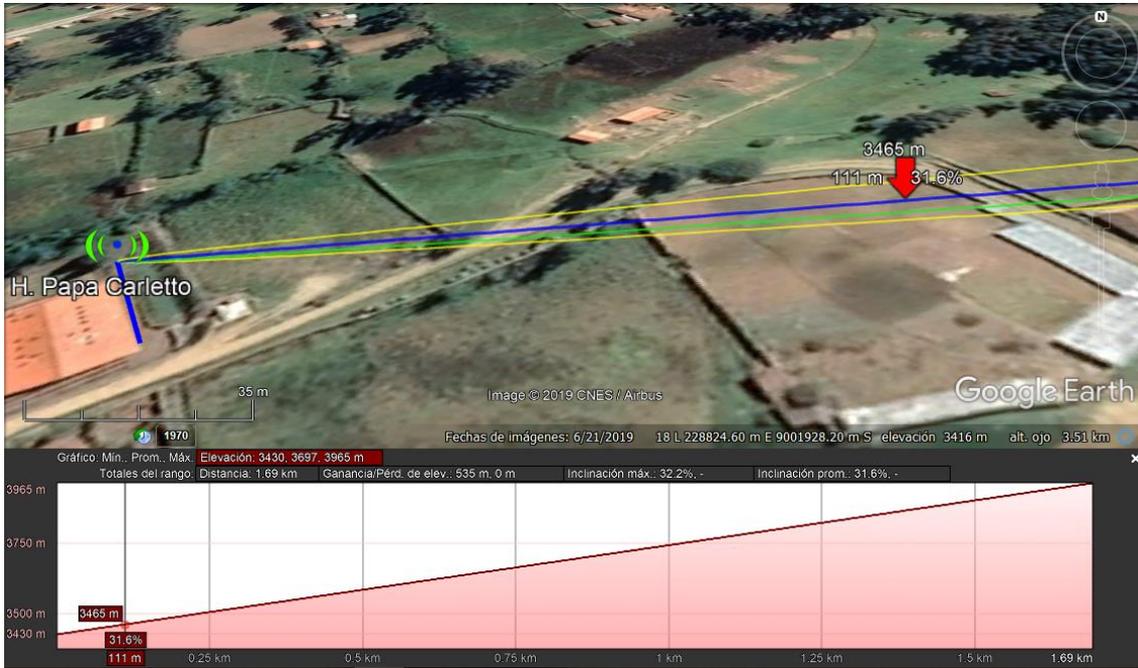


TRAYECTO REPETIDOR 2 – HOSPITAL MAMA ASHU



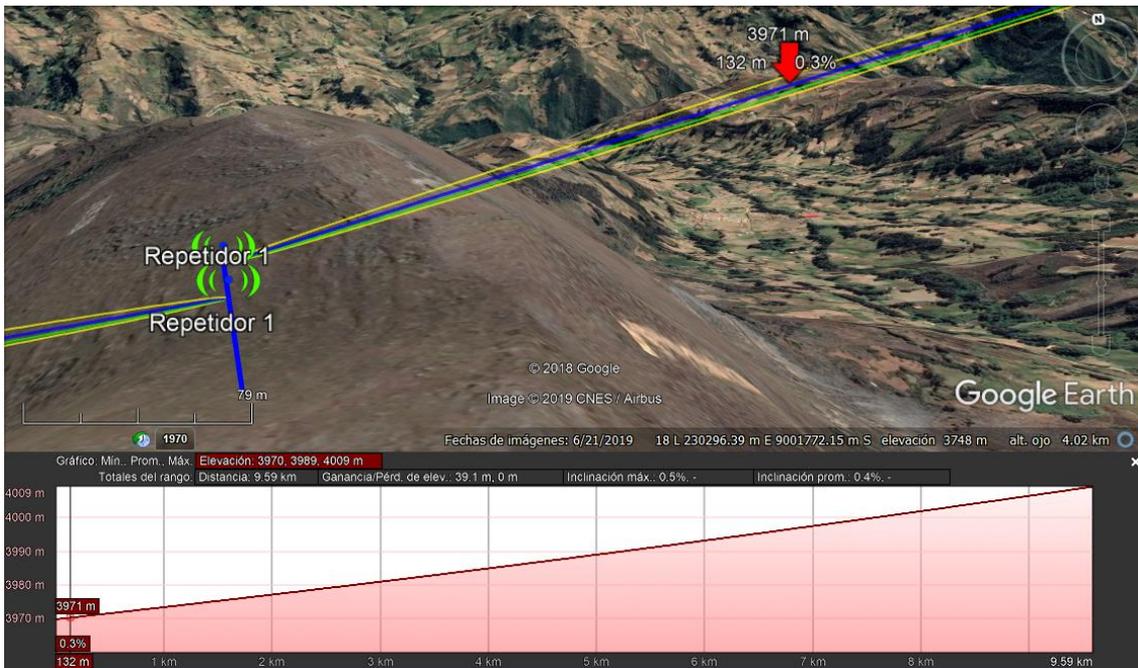
ANEXO 05: PERFIL DEL HAZ – 1RA. ZONA DE FRESNEL – 0.6 ZONA DE FRESNEL, VISTA 3D

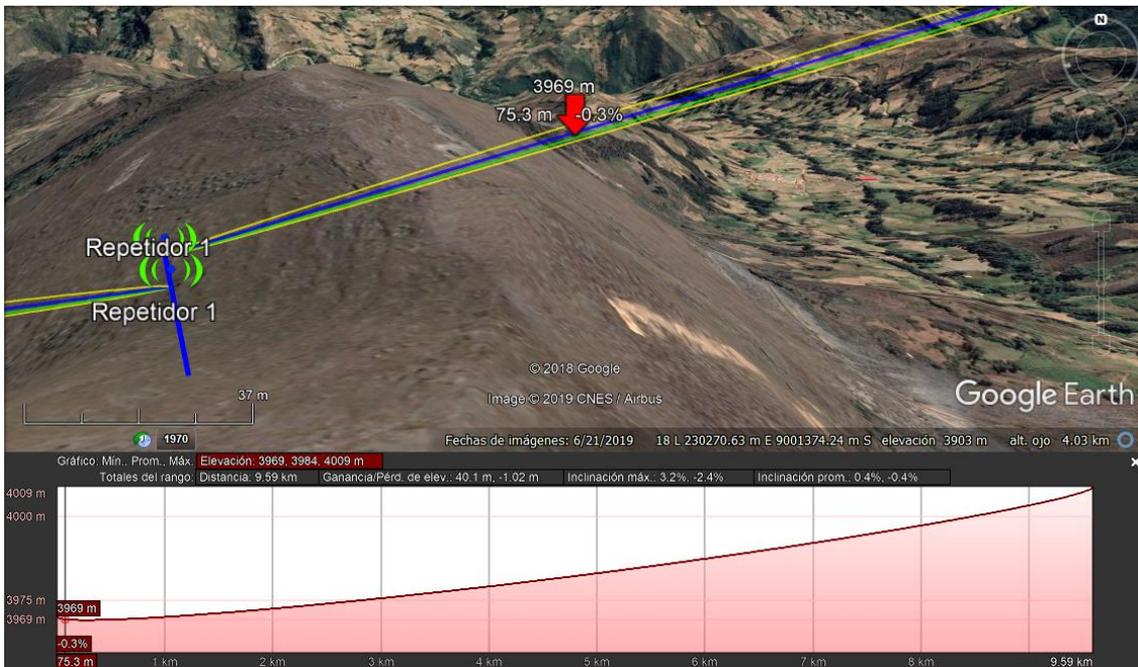
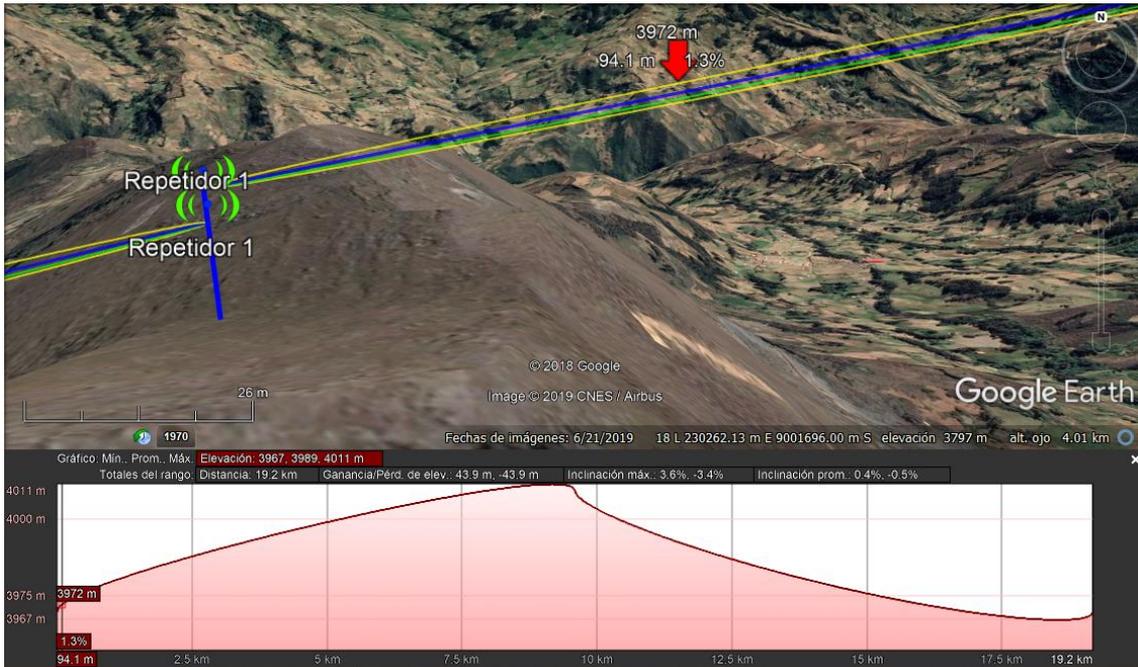
TRAYECTO HOSPITAL PAPÁ CARLETTO – REPETIDOR 1



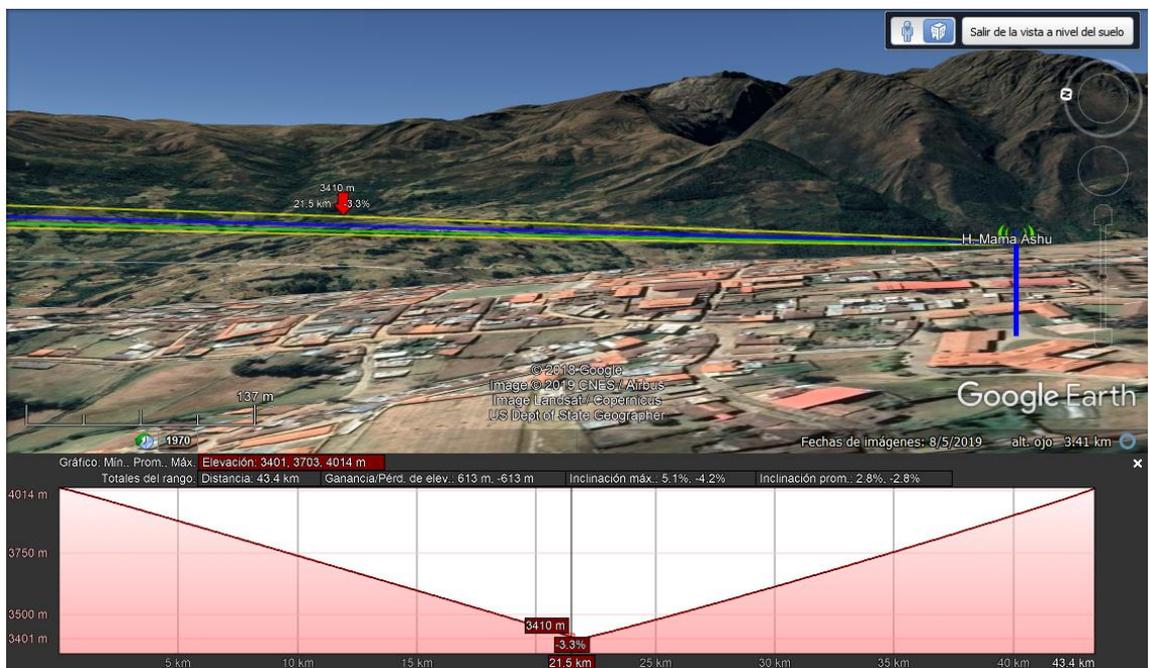
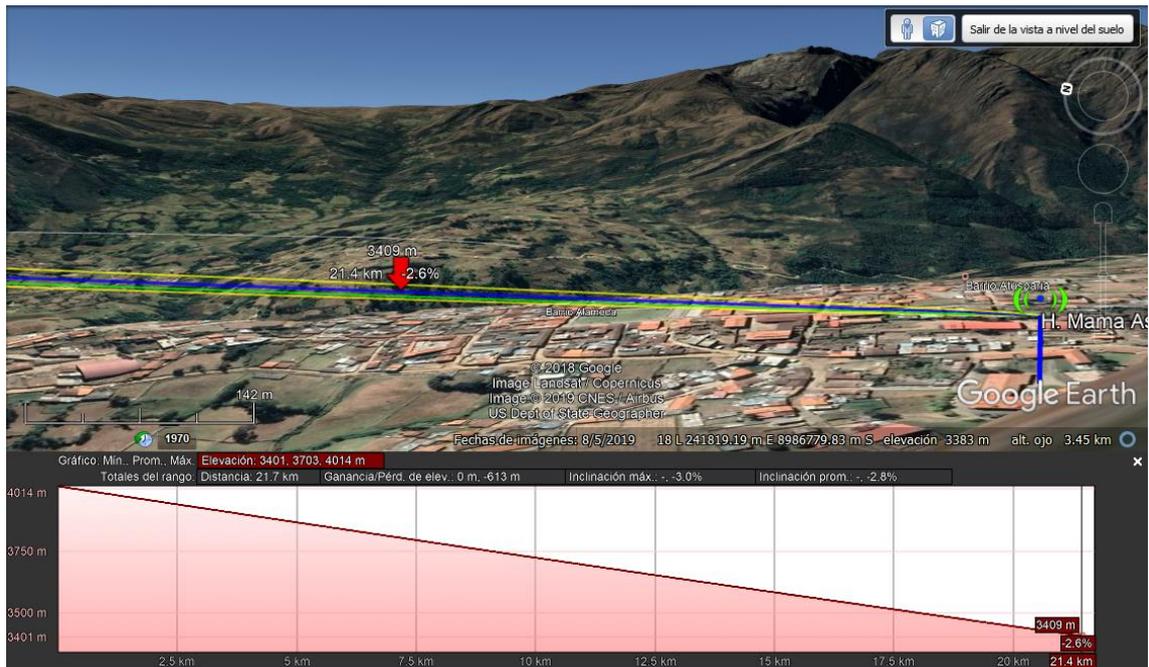


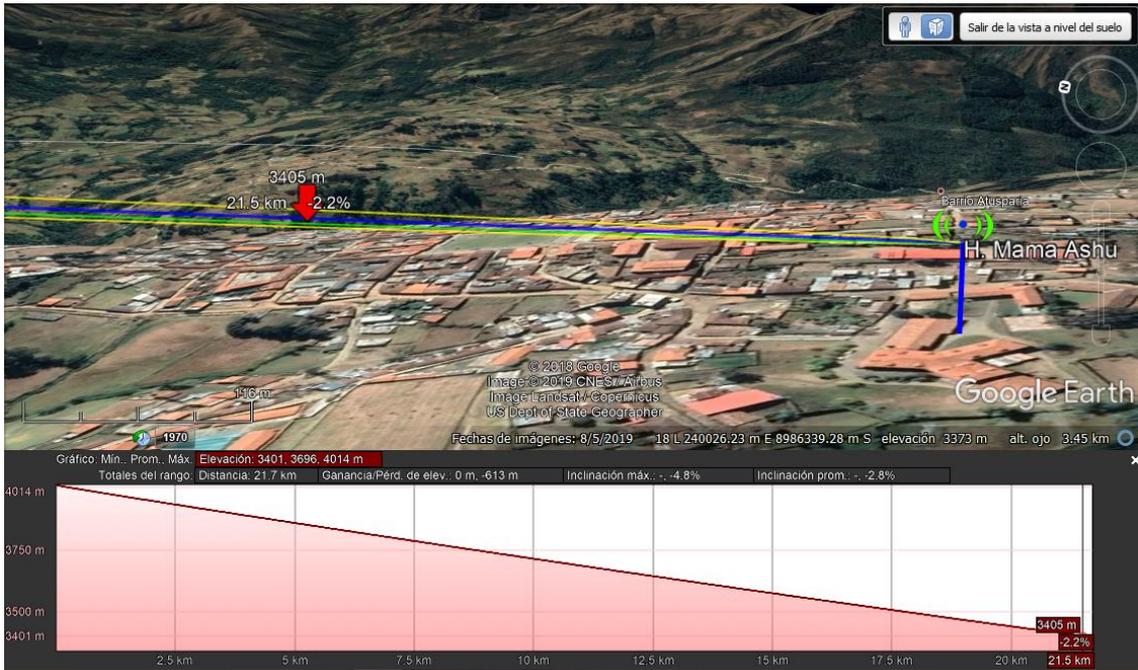
TRAYECTO REPETIDOR 1 – REPETIDOR 2



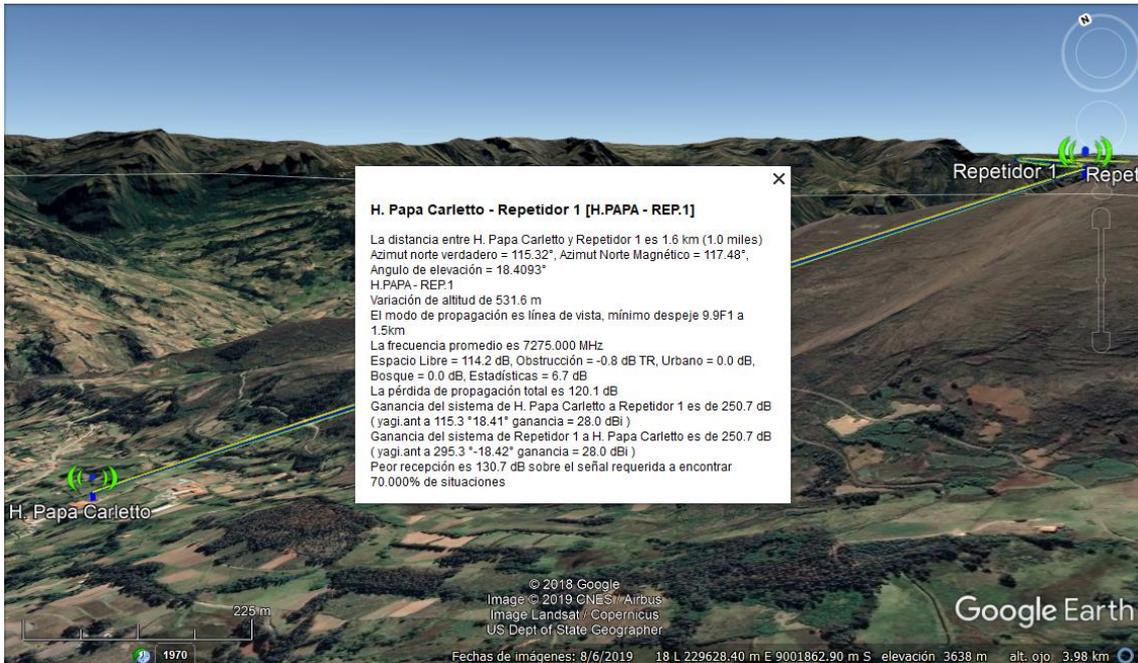


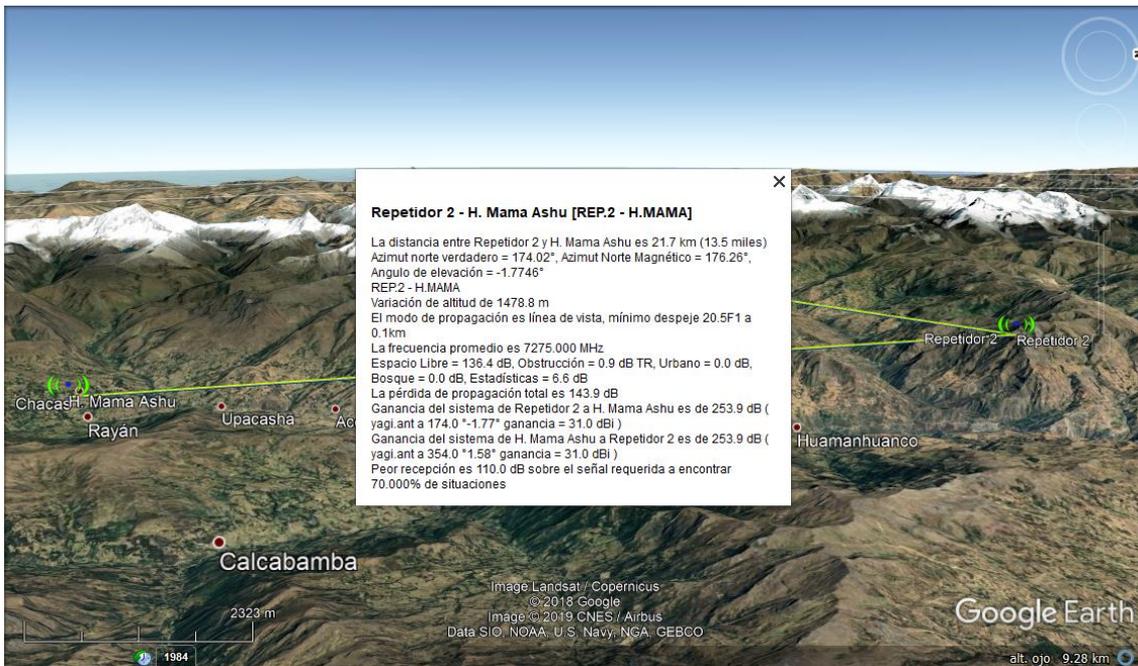
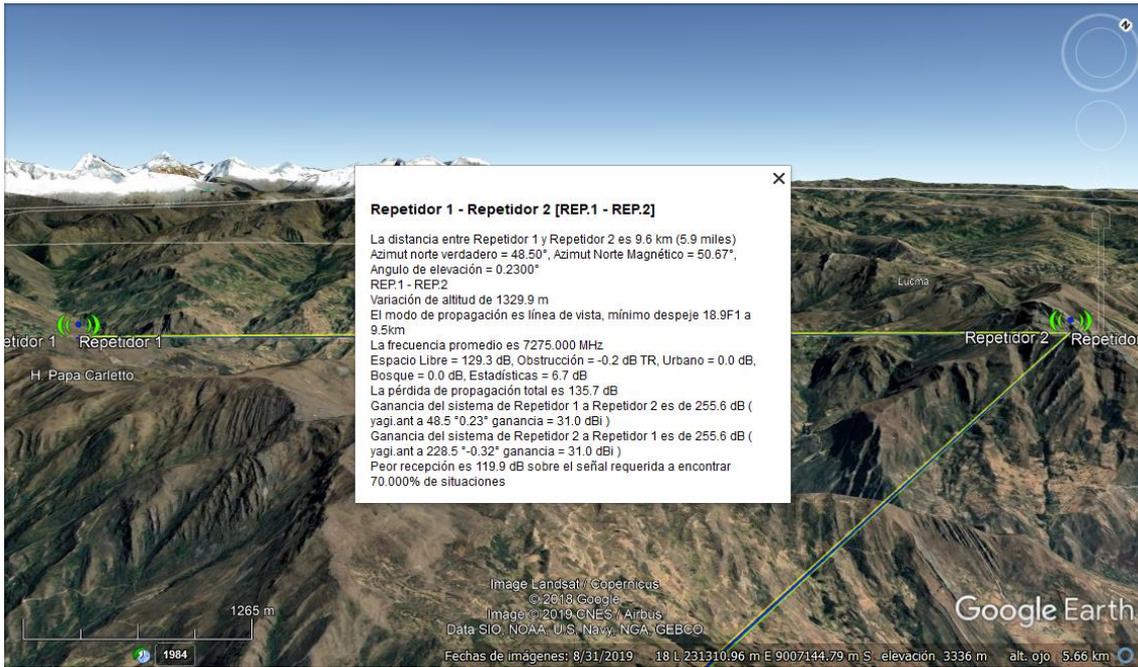
TRAYECTO REPETIDOR 2 – HOSPITAL MAMA ASHU





ANEXO 06: DETALLES DEL ENLACE DE LA SIMULACIÓN EXPORTADA AL GOOGLE EARTH





**ANEXO 07: CONFORMIDAD DEL DISEÑO POR EL TENIENTE ALCALDE DEL
DISTRITO DE YANAMA**



Municipalidad Distrital de Yanama



GOBIERNO DISTRITAL DE YANAMA - PROVINCIA DE YUNGAY - ANCASH - PERÚ

“Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad”

Yanama, 27 de noviembre del 2019

Srta. Alexandra Jhoselin Roca Liñan
Bachiller en ING. Electrónica y Telecomunicaciones
Asunto: Respuesta a la carta N°001

Atención:

Por medio de la presente le hago de su conocimiento, que la solicitud de apoyo de conformidad, petición que realizó a mi persona, en la que pide dar fe como Teniente Alcalde del distrito de Yanama al trabajo titulado “DISEÑO DE UN ENLACE MICROONDAS PARA EL MONITOREO Y ATENCIÓN DE PACIENTES CON TOS FERINA ENTRE EL HOSPITAL MAMA ASHU Y EL HOSPITAL PAPÁ CARLETO EN LA REGIÓN ÁNCASH, PERÚ”. Le doy la conformidad correspondiente, ya que es un diseño que beneficiará a los pacientes del Hospital Papá Carletto, de tal manera que será de gran apoyo para nuestra comunidad.

Quedo a su disposición.

Atentamente,



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YANAMA
YUNGAY - ANCASH
Martin Equilano Castro Gimenez
Martin Equilano Castro Gimenez
DNI: N°: 33341217
REGIDOR

JIRON SANTA ROSA S/N - PLAZA DE ARMAS- YANAMA

Correo: Municipalidad@gmail.com
Web: www.muniyanama.gob.pe
Facebook: Muniyanama Yungay
Fan Page: Municipalidad distrital de yanama
Youtube: Municipalidad distrital de yanama

