

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA BASADO EN
AMPLIFICADORES BIDIRECCIONALES PARA ZONAS
OSCURAS DE SEÑAL DE TELEFONÍA MÓVIL EN LA CIUDAD
UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
ALTIPLANO - PUNO.**

TESIS

PRESENTADA POR:

BEDÉLMIR CHOQUEHUANCA GÁLVEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA BASADO EN AMPLIFICADORES BIDIRECCIONALES PARA ZONAS OSCURAS DE SEÑAL DE TELEFONÍA MÓVIL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO.

TESIS PRESENTADA POR:

BEDÉLMIR CHOQUEHUANCA GÁLVEZ

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

.....
M.Sc. GUIDO HUMBERTO CAYO CABRERA

PRIMER MIEMBRO:

.....
M.Sc. EDWIN WILBER CHAMBI MAMANI

SEGUNDO MIEMBRO:

.....
M.Sc. JASMANY RUÉLAS CHAMBI

ASESOR:

.....
Mg. TEOBALDO RAUL BASURCO CHAMBILLA

Área : Telecomunicaciones

Tema : Telecomunicaciones y Redes de Datos

FECHA DE SUSTENTACIÓN 28 DE DICIEMBRE DEL 2018

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis va dedicado principalmente a toda mi familia por todo el apoyo, orientación brindada desde que nací siendo las personas que siempre demostraron su cariño, afecto y respeto hacia mi persona, como son: mi papá Belisario Choquehuanca, mi hermano Lubélder Choquehuanca, mi segunda mamá Sofía Pari y mi hermanita Biané Choquehuanca para todos ellos va dedicado mi proyecto de tesis. A Dios nuestro creador, Virgen María, los ángeles, todas las santas y santos que desde el cielo nos guían y cuidan; asimismo también a aquellos seres queridos que se adelantaron prematuramente como son: mi mamá Luz Corina Gálvez Chambi y mis abuelos paternos y maternos, que desde el cielo y a lado del señor me cuidan y protegen.

BEDÉLMIR CHOQUEHUANCA GÁLVEZ

AGRADECIMIENTOS

A los respetables ingenieros de mi prestigiosa Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, que me guiaron académicamente durante todos los semestres académicos en las aulas universitarias de nuestra primera casa superior de estudios, la Universidad Nacional Del Altiplano Puno, en especial a mi asesor de tesis Mg. Ing. TEOBALDO RAUL BASURCO CHAMBILLA, por toda la orientación brindada a lo largo de todo este tiempo.

BEDÉLMIR CHOQUEHUANCA GÁLVEZ

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I.....	18
INTRODUCCIÓN	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1.1 Descripción del problema de investigación	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.2.1 Problema General.....	19
1.2.2 Problema Específico	19
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	20
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.5.1. Objetivo General	20
1.5.2. Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO II	21
REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1 HISTORIA.....	21
2.2 ANTECEDENTES	22
2.3. ELEMENTOS DE UNA COMUNICACIÓN MÓVIL.....	25
2.3.1 Telefonía Celular	25
2.4. ZONA FRESNEL.....	26
2.5 SOFTWARE RADIO MOBILE	27
2.6 NIVELES DE SEÑAL CELULAR.....	27
2.7 CARACTERÍSTICAS DE UNA TORRE DE ESTACIÓN BASE CELULAR.....	28

CAPÍTULO III.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. RECURSOS NECESARIOS	29
A) Antena exterior	30
B) Amplificador bidireccional	32
C) Cable estándar.....	34
3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION	35
3.3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.3.2 Imagen satelital de la primera casa superior de estudios	36
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
3.4.1 Samsung Galaxy Y	38
3.4.2 Huawei P8.....	39
3.4.3 Azumi L2Z	40
3.5 PROGRAMA DE SIMULACIÓN RADIO MOBILE.....	41
3.5.1 Creación de las unidades de trabajo con el programa de simulación Radio Mobile.....	42
3.6 GOOGLE EARTH.....	44
3.7 ANÁLISIS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS OSCURAS..45	
3.8 DISEÑO DEL SISTEMA UTILIZANDO AMPLIFICADORES BIDIRECCIONALES.....	51
3.8.1 Estudio de campo para ver la mejor ubicación de los amplificadores bidireccionales.....	51
3.8.2 Nivel de señal mínimo en la ubicación del Amplificador Bidireccional.....	52
3.8.3 Cálculo de desempeño del sistema para la ubicación de los amplificadores bidireccionales.....	53
3.8.4 Características de los equipos utilizados en el diseño del sistema	55
3.8.5 Coordenadas de la Estación Base Camal y los puntos de ubicación de los amplificadores bidireccionales.....	56
3.8.6 Cálculo para el diseño de radioenlaces entre la estación base y los puntos de ubicación de las antenas outdoor de los amplificadores bidireccionales.....	60
3.8.5 Cálculo de diseño de radioenlace entre la Estación Base Camal y los puntos donde se ubican las zonas oscuras.....	77



CAPÍTULO IV	86
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	86
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Distribución de canales en celdas.....	26
Figura N° 1.2: Zona Fresnel.....	26
Figura N° 3.1: Funcionamiento de los repetidores celulares.....	29
Figura N° 3.2: Antena exterior para el sistema.....	30
Figura N° 3.3: Amplificador bidireccional de 2.4 GHZ. Potencia 1000 miliwatts.....	32
Figura N° 3.4: Cable coaxial.....	35
Figura N° 3.5: Imagen satelital de la Una Puno.....	36
Figura N° 3.6: Imágenes satelitales de algunas zonas sin señal celular en forma detallada.....	37
Figura N° 3.7: Samsung Galaxy Y.....	39
Figura N° 3.8: Huawei P8.....	39
Figura N° 3.9: Azumi l2z.....	40
Figura N° 3.10: Captura de pantalla del programa Radio Mobile.....	41
Figura N° 3.11: Captura de pantalla del programa Radio Mobile con las unidades de trabajo ya creadas.....	42
Figura N° 3.12: Captura de pantalla del programa Radio Mobile antes de extraer el mapa de mis datos ingresados.....	43
Figura. N° 3.13: Las frecuencias (mínima y máxima), relatividad, conductividad, del radioenlace realizado con el programa Radio Mobile.....	43

Figura. N° 3.14: Propiedades del Radio Enlace.....	44
Figura N° 3.15: Captura de pantalla del programa Google Earth.....	44
Figura N° 3.16: Captura de pantalla del mapa de los puntos de RADIOENLACE con el programa RADIO MOBILE.....	45
Figura N° 3.17: Estación base (camal).....	56
Figura N° 3.18: Captura de pantalla del gráfico del RADIOENLACE entre la Estación Base Camal y la EPIE.....	62
Figura N° 3.19: Captura de pantalla de la simulación de RADIOENLACE entre la estación base y la E.P de Ingeniería Electrónica desde el Google Earth.....	63
Figura N° 3.20: Captura de Pantalla con la información detallada del RADIOENLACE entre la estación base hasta la EPIE.....	63
Figura N° 3.21: Captura de pantalla de la simulación del RADIOENLACE entre la estación base (Camal) y la Biblioteca Central con el RADIOMOBILE.....	66
Figura N° 3.22: Captura de pantalla del RADIOENLACE entre la estación base y la Biblioteca Central vista desde el Google Earth.....	66
Figura N° 3.23: Captura de pantalla del RADIOENLACE entre la estación base y la Biblioteca Central desde el GOOGLE EARTH con datos numéricos...	67
Figura N° 3.24: Captura de pantalla de los datos ingresados de la simulación de	

RADIOENLACE desde la estación base hacia la E.P. De Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.....	69
Figura N° 3.25: Captura de pantalla de la simulación hecha con el RADIOMOBILE exportada al GOOGLE EARTH.....	70
Figura N° 3.26: Captura de pantalla con la información detallada respecto al RADIOENLACE hecho con el programa RADIOMOBILE, exportado al GOOGLE EARTH.....	70
Figura N° 3.27: Captura de pantalla de los datos ingresados de la simulación de RADIOENLACE desde la estación base hacia la E.P. de Odontología..	72
Figura N° 3.28: La respectiva simulación exportada al GOOGLE EARTH.....	73
Figura N° 3.29: Captura de pantalla de los datos ingresados de la simulación de RADIOENLACE desde la estación base hacia la E.P. De Turismo de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.....	75
Figura N° 3.30: La simulación exportada al GOOGLE EARTH.....	76
Figura N° 3.31: Mapa del RADIOENLACE en el GOOGLE EARTH.....	76
Figura N° 3.32: Puntos para el diseño del Radioenlace entre la Estación Base Camal hacia los 3 puntos (E.P DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, BIBLIOTECA CENTRAL Y LA E.P DE INGENIERÍA ECONÓMICA).....	77
Figura. N° 3.33: Puntos para el diseño del Radioenlace entre la Estación Base Camal hacia los 2 puntos faltantes (E.P DE ODONTOLOGÍA Y LA	

E.P DE TURISMO).....	78
Figura N° 3.34: Gráfica respecto al diseño, específicamente a la EPIE.....	80
Figura N° 3.35: Gráfica respecto al diseño en la BIBLIOTECA CENTRAL UNAP.....	81
Figura N° 3.36: Gráfica respecto al diseño en la E.P de Ingeniería Económica.....	82
Figura N° 3.37: Gráfica respecto al diseño en la E.P de Odontología.....	83
Figura N° 3.38: Gráfica respecto al diseño en la E.P de Turismo.....	83
Figura N° 3.39: Diagrama intensidad de señal – calidad de señal.....	85
Figura N° 4.1: Caracterización del Radioenlace y los puntos correspondientes en donde se puede apreciar todo el resultado, correspondiente al presente trabajo de investigación.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Los niveles de la potencia celular.....	27
Tabla N° 2.2: Características numéricas de una estación base de telefonía.....	28
Tabla N° 3.1: Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	38
Tabla N° 3.2: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (ÁREA BIOMÉDICAS).....	46
Tabla N° 3.3: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (ÁREA INGENIERIAS).....	47
Tabla N° 3.4: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (ÁREA SOCIALES).....	48
Tabla N° 3.5: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (BIBLIOTECA CENTRAL).....	49
Tabla N° 3.6: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (POST GRADO).....	49
Tabla N° 3.7: Mediciones respecto a la intensidad de señal con zonas oscuras de cobertura móvil.....	50
Tabla N° 3.8: Determinación de las zonas oscuras de señal de telefonía móvil.....	51
Tabla N° 3.9: Coordenadas y altura (msnm) de la estación base camal.....	56
Tabla N° 3.10: Coordenadas y altura (msnm) de la EPIE.....	57
Tabla N° 3.11: Coordenadas y altura (msnm) de la Biblioteca Central.....	57
Tabla N° 3.12: Coordenadas y altura (msnm) de la Escuela Profesional de Ingeniería Económica.....	57
Tabla N° 3.13: Coordenadas y altura del último piso de la E.P. de Odontología.....	58
Tabla N° 3.14: Coordenadas y altura del último piso de la E.P de Turismo.....	58
Tabla N° 3.15: Coordenadas y altura (msnm) de la Escuela Profesional de Ingeniería	

Electrónica.....	58
Tabla N° 3.16: Coordenadas y altura (msnm) de la Biblioteca Central.....	59
Tabla N° 3.17: Coordenadas y la altura en la E.P de Ingeniería Económica.....	59
Tabla N° 3.18: Coordenadas y altura de la E.P de Odontología.....	59
Tabla N° 3.19: Coordenadas y altura de la E.P de Turismo.....	59
Tabla N° 3.20: Coordenadas de ubicación de la estación base camal.....	60
Tabla N° 3.21: Coordenadas de ubicación del punto en la EPIE.....	60
Tabla N° 3.22: Coordenadas de ubicación de la Biblioteca Central.....	64
Tabla N° 3.23: Coordenadas y altura (msnm) del punto ubicado en la Escuela Profesional de Ingeniería Económica.....	67
Tabla N° 3.24: Coordenadas y altura (msnm) del punto ubicado en la Escuela Profesional de Odontología.....	71
Tabla N° 3.25: Coordenadas y altura (msnm) del punto ubicado en la Escuela Profesional de Turismo.....	73
Tabla N° 3.26: Datos numéricos respecto a la intensidad de señal YA AMPLIFICADA para los ambientes sin cobertura.....	84
Tabla N° 4.1: Valores de intensidad de señal calculados para la ubicación de las antenas outdoor de los amplificadores bidireccionales de señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.....	87
Tabla N° 4.2: Valores de intensidad de señal calculados para las zonas oscuras de señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano.....	88



ANEXOS

ANEXO 1.....	97
ANEXO 2.....	98
ANEXO 3.....	110

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

LNA : Repetidor es el amplificador de bajo ruido

PIRE : Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

RESUMEN

Hoy en día es indispensable contar con una óptima comunicación móvil y a pesar de que la telefonía celular está extendida en toda la Ciudad de Puno, existe un problema, en la cual se representa en la complejidad de contar con una cobertura móvil de un determinado operador, en nuestro caso, dentro de la Ciudad Universitaria, en gran medida esto puede suceder debido a que las antenas de telefonía o estaciones base están muy alejadas u obstruidas (bosques, desniveles del terreno, etc). El objetivo general de la presente tesis de investigación es dar una solución eficaz frente a este problema, que es mediante un sistema basado en amplificadores bidireccionales, habiendo identificado previamente las zonas oscuras de la primera casa superior de estudios, todo esto, mediante el uso de diferentes plataformas tecnológicas, como son: aplicaciones, programas, etc. La metodología que se aplica es experimental, porque se utilizó software Radiomobile, Google Earth, para realizar las simulaciones correspondientes, corroborando los datos obtenidos de la intensidad de señal en los diferentes ambientes y de esta manera se concluye que se obtuvo un valor promedio de -70 dBm, coberturando así las zonas oscuras para la E.P de Ingeniería Electrónica, E.P de Odontología, E.P de Ingeniería Económica, Biblioteca Central y finalmente la E.P de Turismo, logrando el diseño de un sistema basado en amplificadores bidireccionales, que fue lo planteado en la presente tesis de investigación.

PALABRAS CLAVE

Amplificadores bidireccionales, zonas oscuras, telefonía móvil.

ABSTRACT

Nowadays, it is essential to have an optimal mobile communication and despite the fact that cellular telephony is widespread throughout the City of Puno, there is a problem, which is represented in the complexity of having a mobile coverage of a certain operator, In our case, within the University City, this can happen to a large extent because the telephone antennas or base stations are far away or obstructed (forests, uneven terrain, etc). The general objective of this research thesis is to provide an effective solution to this problem, which is through a system based on bidirectional amplifiers, having previously identified the dark areas of the first upper house of studies, all this, through the use of different technological platforms, such as: applications, programs, etc. The methodology that is applied is experimental, because Radiomobile software, Google Earth, was used to perform the corresponding simulations, corroborating the data obtained from the signal strength in the different environments and in this way it is concluded that an average value of - 70 dBm, thus covering the dark areas for the EP of Electronic Engineering, EP of Dentistry, EP of Economic Engineering, Central Library and finally the Tourism EP, achieving the design of a system based on bidirectional amplifiers, which was raised in the Present research thesis.

KEYWORDS

Bidirectional amplifiers, dark areas, mobile telephony.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de la falta de cobertura móvil en la primera casa superior de estudios, la característica principal de este problema, es de tener muchas dificultades al intentar comunicarnos o al momento de hacer uso de los datos móviles, esto debido a obstrucciones que se puedan presentar en determinados ambientes. Se realizó el análisis y diseño de un sistema basado en amplificadores bidireccionales, que no es otra cosa que un repetidor de cobertura celular, para zonas oscuras sin señal móvil dentro de la Ciudad Universitaria, para poner fin al problema. Se elaboró también la respectiva simulación de un sistema de RADIOENLACE entre varios puntos tomando en cuenta las coordenadas (GPS) y datos como la POTENCIA y la FRECUENCIA de la antena, entre otras referencias, todo esto mediante el programa libre RADIO MOBILE.

En el primer capítulo se hablará respecto al problema, hipótesis, justificación y objetivos, mientras que en el segundo capítulo se tocará la parte teórica y del software. En el tercer capítulo se mencionará los materiales y métodos empleados en la presente tesis de investigación para dar solución al problema planteado así como el diseño correspondiente, en el cuarto capítulo se mostrará los resultados y la discusión. Finalmente se concluirá con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos correspondientes.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Descripción del problema de investigación

Actualmente existe un problema muy común y habitual que se presenta en la vida cotidiana y a lo largo de todo el año, la cual consiste en la falta de cobertura celular, en este caso específico, se enfocará dentro de la Universidad Nacional Del Altiplano Puno.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Problema General

¿Es posible diseñar un sistema basado en amplificadores bidireccionales para zonas oscuras dentro de la Universidad Nacional Del Altiplano?.

1.2.2 Problema Específico

- ¿Será posible Identificar las zonas oscuras sin señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria de la primera casa superior de estudios?.
- ¿Será posible diseñar un sistema basado en amplificadores bidireccionales para zonas oscuras de señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis General de la Investigación

- Un sistema basado en amplificadores bidireccionales permitirá mejorar la falta de cobertura móvil para las zonas oscuras en la Ciudad Universitaria.

1.3.2. Hipótesis Específico de la Investigación

- La solución frente a este problema será posible mediante el uso de los amplificadores bidireccionales.
- Es posible realizar la simulación correspondiente mediante el programa Radiomobile con la ayuda de las demás aplicaciones y/o software así como también su diseño correspondiente.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La falta de cobertura de telefonía móvil en algunas zonas dentro de la Ciudad Universitaria debido a que las antenas de telefonía más próximas están muy alejadas u obstruidas por bosques, edificios, desniveles del terreno, y demás factores, hacen que atenúan la señal impidiendo que ingrese en el interior. A todos en alguna oportunidad se nos ha presentado este inconveniente de quedarnos sin señal de telefonía móvil, de no poder comunicarnos, y hasta no poder navegar correctamente en internet haciendo uso de los datos, esto debido a las razones ya explicadas con anterioridad. Es relevante investigar y poner una solución frente a este problema, así como también realizar el correspondiente análisis y diseño de un sistema basado en amplificadores bidireccionales, para zonas oscuras de señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria para que de esta manera las personas en la vida cotidiana cuenten con mayor cobertura en la comunicación móvil.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo General

Analizar y diseñar un sistema basado en amplificadores bidireccionales para zonas oscuras sin señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Identificar las zonas oscuras sin señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Del Altiplano – Puno.
- Diseñar un sistema basado en amplificadores bidireccionales para zonas oscuras de señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 HISTORIA

De acuerdo a (Mandujano, 2014), cuando una comunicación celular se ve afectada por pérdidas e interferencia es necesario añadir equipos que contrarresten estas pérdidas de modo que se tenga una comunicación efectiva. Para solucionar esa problemática, actualmente destacan el uso de repetidores de señal, amplificadores y de femtoceldas. Al analizar los repetidores se observa que su componente principal es un amplificador RF; de la consideración de los tipos de este amplificador se encuentra que el más relevante dentro de un repetidor es el amplificador de bajo ruido (LNA) ya que asegura que la señal se amplificará añadiendo el menor ruido posible respecto del que se tenga en la entrada del sistema.

De acuerdo a Descamps et al, (2013), la proliferación de dispositivos móviles que incorporan receptores GPS ha llevado al desarrollo de un gran número de aplicaciones que usan la localización del usuario como base para su funcionamiento. Los sistemas de posicionamiento indoor disponibles hoy en día y se realizan diversas pruebas de posicionamiento y localización indoor con el objetivo de integrar en una aplicación para dispositivo móvil un sistema compatible, complementario al GPS, que utilice posicionamiento en entornos indoor, teniendo en cuenta las características de estos dispositivos. Los resultados muestran que esta implementación es posible e indican cómo se debería desarrollar una aplicación SIG móvil que funcione tanto en interiores como en exteriores.

Según el criterio de (D'almeida, Margot, 2008), la industria de las telecomunicaciones es la base del desarrollo. Fomenta el crecimiento económico y ayuda a mejorar las vidas de las personas. Los servicios de telecomunicaciones desempeñan un papel clave en el logro de cada uno de los 17 objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, desde la promoción del acceso a los servicios de salud hasta la mejora de los resultados educativos. El avance de las tecnologías de telecomunicaciones también es esencial para lograr infraestructura, ciudades y comunidades sostenibles. No es posible pensar en dispositivos de infraestructura de medidores inteligentes, edificios verdes inteligentes o centros de coordinación de catástrofes en toda la ciudad sin servicios modernos de telecomunicaciones. Estos servicios también son crucialmente importantes para fomentar y mejorar la innovación, crear nuevos productos y servicios y enfrentar el cambio climático. Las telecomunicaciones, y específicamente la disponibilidad de banda ancha, crean puestos de trabajo y oportunidades comerciales, aumentan la productividad de la empresa y conectan a las personas, las regiones y los mercados de maneras inimaginables hace algunos años. Los servicios de telecomunicaciones de calidad tienen el potencial de aumentar las oportunidades para las poblaciones más vulnerables al disminuir la brecha digital.

2.2 ANTECEDENTES

A) Diseño de un amplificador RF para comunicaciones celulares con parámetros

“S”:

Cuando una comunicación celular se ve afectada por pérdidas e interferencia es necesario añadir equipos que contrarresten estas pérdidas de modo que se tenga una comunicación efectiva. Para solucionar esa problemática, actualmente destacan el uso de repetidores de señal, amplificadores y de femtoceldas. Del estudio de estos se desprende que los amplificadores resultan ser soluciones sencillas de implementar y económicas

respecto de las femtoceldas. Al analizar los repetidores se observa que su componente principal es un amplificador RF; de la consideración de los tipos de este amplificador se encuentra que el más relevante dentro de un repetidor es el amplificador de bajo ruido (LNA) ya que asegura que la señal se amplificará añadiendo el menor ruido posible respecto del que se tenga en la entrada del sistema (Mandujano, 2014).

B) Cómo aumentar la señal 3G en casa o la oficina

Los puntos oscuros para la conectividad de dispositivos existen. A todos nos ha pasado tener un buen móvil o router wifi y carecer de señal del operador en algunos sitios cerrados. Cuando esta es la situación, la solución puede venir de una mejora de la cobertura del operador, o por parte del propio usuario, quien de forma autodidáctica puede instalar una herramienta que magnifique esa señal que sí existe, por ejemplo, en el salón de la casa, pero no en una habitación en concreto. Existen soluciones integrales tanto para resolver los problemas de cobertura en una zona específica de nuestra casa u oficina, como de un conjunto residencial, un garaje, un restaurante o salones de conferencias y reuniones en donde es más que precisa la hoy más que nunca imprescindible conexión, el repetidor de señal Xacom serie tx es esencial para mejorar la cobertura en lugares de hasta 100 metros cuadrados, son ideales para el hogar o pequeñas oficinas. Ayudan a incrementar la cobertura de teléfonos móviles y terminales de datos inalámbricos (CONCEPCIÓN, 2014).

C) ¿Por qué se queda mi móvil sin cobertura?:

La estación base está constituida por la infraestructura física, antenas, equipos de energía, equipos de radio, etc. Como la luz de una farola, cada estación ilumina a su alrededor cierto diámetro. Y como una farola, hay zonas donde ilumina bien, otras donde lo hace a medias y otras donde no hay luz. Lo que en principio ocurre al entrar en un túnel

es que entramos en una zona oscura. Eso, a día de hoy, se está trabajando, y de hecho movistar y otros operadores han llevado a cabo una fuerte inversión para acabar con esas zonas “poco iluminadas” (Imaz, 2013).

D) Un mapa que muestra dónde hay mejor señal celular

Podemos ver en qué zonas hay buena señal o cobertura móvil mediante algunas herramientas, una de ellas : Open Signal Maps , un mapa online que muestra, en todo el mundo, las zonas de cobertura de telefonía móvil, la calidad aproximada de la misma y la compañía que suele tener mejor servicio para determinada zona. La página web permite ver las zonas con cobertura y qué tan fuerte es la señal en ellas. El mapa está hecho en forma comunitaria; es decir, lo arman los mismos usuarios, que para colaborar deben cargar una aplicación en su teléfono (por ahora sólo disponible con Android) que irá registrando periódicamente, y en forma anónima, su ubicación geográfica y la calidad de la señal, para después compartir esa información con los creadores del mapa para que la compilen con las del resto de los usuarios. Esa misma información puede verse también en el celular (Sametband, 2012).

E) Cómo tener cobertura perfecta en el hogar

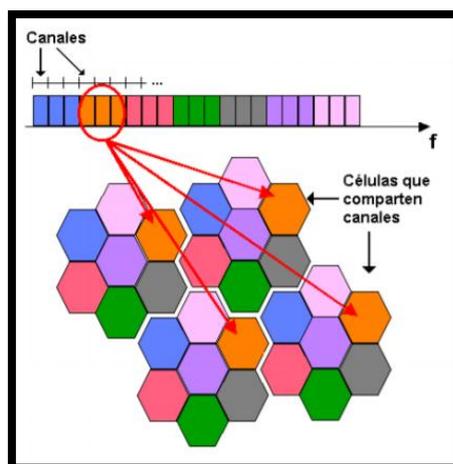
Los amplificadores son dispositivos que a la vez que hacen de repetidores, son capaces de mejorar la calidad de la señal que les llega. De esta forma, además de tener una cobertura de señal wifi más amplia, tendremos una mejor calidad en todos los puntos con cobertura. El punto de acceso es un dispositivo que nos permite crear otra red o acceder a la nuestra, pero con mayores opciones de configuración y seguridad. No deja de ser un amplificador o un router, que por lo general se conecta mediante un cable Ethernet para tener una señal óptima. Podemos crear una red de invitados, limitar el acceso al punto de acceso por usuario y contraseña, por la dirección Mac, etc. Se suelen utilizar en empresas,

bares, hoteles, etc. Para facilitar un acceso a la red inalámbrica de calidad, (Cabello, 2014).

2.3. ELEMENTOS DE UNA COMUNICACIÓN MÓVIL

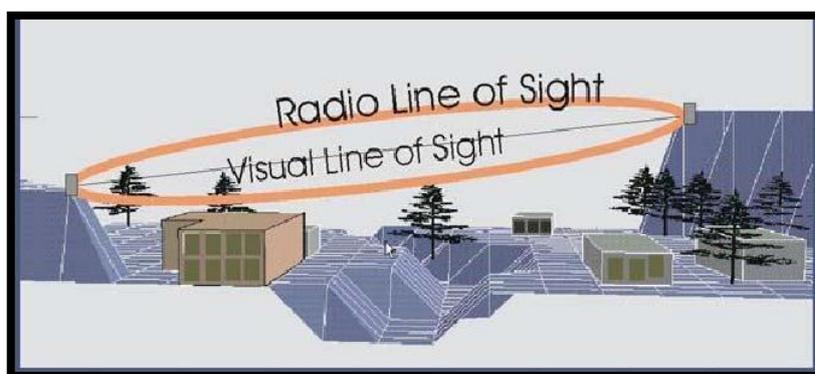
2.3.1 Telefonía Celular

La telefonía celular surge en respuesta a un problema: la limitación del ancho de banda disponible para los servicios de telefonía móvil, el cual viene fijado por organismos internacionales y por la concesión otorgada por la administración a los operadores. La principal consecuencia de este problema es el número limitado de canales disponibles para establecer comunicaciones de voz, es decir, que en la práctica las estaciones base sólo pueden cursar un número máximo determinado de llamadas al mismo tiempo. Para comprender este problema, pongamos un ejemplo: en una ciudad grande, sería teóricamente posible ubicar un único repetidor de telefonía móvil en un lugar muy predominante (en una torre de comunicaciones o un edificio muy elevado, por ejemplo) e intentar cursar todo el tráfico de todos los usuarios de telefonía móvil de la ciudad desde allí. Independientemente de otros múltiples problemas que tendríamos, habría uno irresoluble: existen varios centenares de miles de móviles en una gran ciudad, de los cuales varios miles pueden estar estableciendo una comunicación en un momento determinado (Fernández, 2010).

Figura N° 2.1: Distribución de canales en celdas.**Fuente:** Fernández, 2010.

2.4. ZONA FRESNEL

Es el volumen entre el emisor de una onda electromagnética, acústica, et y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los grados, tanto en óptica como en comunicaciones por radio o inalámbricas, la zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además de haber una visibilidad directa entre las dos antenas. El concepto de las zonas de Fresnel se puede utilizar también para analizar interferencia por obstáculos cerca de la trayectoria de una viga (antena) de radio. Esta zona se debe determinar primero para mantenerla libre de obstrucciones. (Flores, 2018).

Figura N° 2.2: Zona Fresnel.**Fuente:** Flores, 2018.

2.5 SOFTWARE RADIO MOBILE

Radio Mobile es un programa de simulación de radio propagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones. El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice (ETSIT- UPM, 2017).

2.6 NIVELES DE SEÑAL CELULAR

Tabla N° 2.1: Los niveles de la potencia celular.

POTENCIA (dBm)	CALIDAD DE SEÑAL	DESCRIPCIÓN
-50	PERFECTA	MUY CERCA DE LA E.B
-70 a -60	MUY BUENA	-
-85 a -80	NORMAL	CIUDAD
-95 a -90	POCO DÉBIL	-
-98 a -95	DÉBIL	PÉRDIDA DE LLAMADAS
-100 a -98	MALA	DIFICULTAD PARA MANTENERSE CONECTADO A LA RED
-100 a MENOS	NO UTILIZABLE	SIN CONEXIÓN EN LA MAYORÍA DE TELÉFONOS

Fuente: Lazo, 2014.

2.7 CARACTERÍSTICAS DE UNA TORRE DE ESTACIÓN BASE CELULAR

Tabla N° 2.2: Características numéricas de una estación base de telefonía celular.

ANTENA	PARÁMETROS	Unidades
Tipo de Antena	Dual Band	-
Marca	ANDREW ®	-
Modelo	DBXLH-6565C-VTM	-
Ganancia	16.8	DBi
Polarización	± 45	°
Apertura Horizontal del Haz	68	°
Apertura Vertical del Haz	7.8	°
Eficiencia de Apertura de Antena (h)	0.68	-
Impedancia	50	Ohm
Factor de Reflexión (ρ)	1	-
Frecuencia de Operación	824 – 960	MHz
PIRE	60.47	dBm
	1114.61	W

Fuente: Ríos, 2013.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. RECURSOS NECESARIOS

Figura N° 3.1: Funcionamiento de los repetidores celulares.



Fuente: Asstic Perú, 2013.

- A) Antena exterior
- B) Amplificador bidireccional
- C) Cable estándar

Es un dispositivo especial para intensificar la señal que viene de la torre celular hacia el móvil y viceversa. En otras palabras, genera la “copia” de la señal y la transmite hacia el móvil. Para el funcionamiento eficaz de cualquier amplificador es necesario que tenga cobertura estable en el exterior del edificio u otro ambiente.

- La antena exterior recibe la señal baja con que llega desde la Radio Base, generalmente una frecuencia de dB en dónde se pierde la cobertura móvil está dada en -103dB .
- La señal incrementada pasa a la antena interior por el cable coaxial y por fin, la señal intensificada llegando al objetivo, el incremento es en aproximadamente de 30dB .

A) Antena exterior

Figura N° 3.2: Antena exterior para el sistema.



Fuente: Handcell Comunicaciones, 2015.

La Antena Externa Omnidireccional está diseñada especialmente para exteriores. En conjunto con el amplificador, permite aumentar la señal de los teléfonos celulares para transmisión de voz, mensajes y datos en zonas donde la cobertura no es buena. Como está diseñada para uso en exteriores es pequeña, liviana y totalmente a prueba de agua. Es tribanda y compatible con los tres operadores celulares (Handcell Comunicaciones, 2015).

Características:

- Muy liviana, tamaño pequeño, diseño elegante
- Para uso en exteriores, a la intemperie.

Especificaciones:

Frecuencias: 698-960/1710-2700 MHz

Ganancia: 10/12dBi

VSWR: <2.0

Impedancia: 50 Ohm

Polarización: Vertical y horizontal

Rad. Horiz: 360°

Rad. Vert.: 7°

Aislación: >30dB

Conector: N (Hembra)

Temperatura: -40°C / +60°C

Color: Blanco

Diámetro: 60 mm

Altura: 240 mm

Peso: 1 kg.

B) Amplificador bidireccional**Figura N° 3.3:** Amplificador bidireccional de 2.4 GHZ. Potencia 1000 miliwatts.**Fuente:** Empretel, 2015.

Un repetidor de radio frecuencia es un amplificador bidireccional que recibe una señal débil e incrementa su nivel para extender la cobertura de una red de celular optimizando su desempeño. Es un dispositivo usado para levantar la señal de teléfonos celulares en el área local con el uso de una antena de recepción, un amplificador de señal y una antena de redispersión interna. Son similares a las torres celulares usadas por los proveedores, pero mucho más pequeñas, usualmente para el uso sobre una sola construcción. Los repetidores modernos funcionan redispersando la señal dentro de la construcción. Estos sistemas generalmente usan una antena externa direccional para recibir mejor la señal, que es luego transmitida a una unidad amplificadora que amplifica la señal y la retransmite localmente, provocando una mejora significativa en la fortaleza de la señal. Los modelos más avanzados ofrecen también acceso a múltiples bandas de frecuencia simultáneamente, por lo que son apropiados para uso tanto comercial como hogareño.

B-1) CANALIZACIÓN DE FRECUENCIAS DE LAS OPERADORAS MÓVILES

Bandas 3G de las Operadoras de Telecomunicaciones en Perú:

- Claro: Banda 850 MHz
- Bitel: Banda 1900 MHz
- Entel: Banda 1900 MHz
- Movistar: Banda 850 MHz
- InkaCel: Banda 850 MHz.

Bandas y Frecuencias 4G de las Operadoras de Telecomunicaciones en Perú:

- Claro:
 - FDD-LTE – Banda 2 / BC2 / B2 / Clase 2 / C2 – frecuencia 1900 MHz.
 - FDD-LTE – Banda 28 / BC28 / Clase 28 / B28 – frecuencia 700 MHz.
- Bitel:
 - FDD-LTE – Banda 8 / BC8 / B8 / Clase 8 / C8 – frecuencia 900 MHz.
 - FDD-LTE – Banda 2 / BC2 / B2 / Clase 2 / C2 – frecuencia 1900 MHz.
- Entel:
 - FDD-LTE – Banda 4 / BC4 / B4 / Clase 4 / C4 – frecuencia 1700-2100 MHz (LTE AWS).
 - FDD-LTE – Banda 28 / BC28 / Clase 28 / B28 – frecuencia 700 MHz.

- Movistar:
 - FDD-LTE – Banda 4 / BC4 / B4 / Clase 4 / C4- frecuencia 1700-2100 MHz (LTE AWS).
 - FDD-LTE – Banda 28 / BC28 / Clase 28 / B28 – frecuencia 700 MHz.
- InkaCel:
 - FDD-LTE – Banda 4 / BC4 / B4 / Clase 4 / C4- frecuencia 1700-2100 MHz (LTE AWS).
 - FDD-LTE – Banda 28 / BC28 / Clase 28 / B28 – frecuencia 700 MHz. (Blog de Apps, 2018).

C) Cable estándar

El cable estándar que se usará será el cable coaxial. El cable coaxial, creado en la década de 1930, es un cable utilizado para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado núcleo, encargado de llevar la información, y uno exterior, de aspecto tubular, llamado malla, blindaje o trenza, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes. Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico, de cuyas características dependerá principalmente la calidad del cable. Todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante (también denominada camisa exterior).

El conductor central puede estar constituido por un alambre sólido o por varios hilos retorcidos de cobre; mientras que el exterior puede ser una malla trenzada, una lámina enrollada o un tubo corrugado de cobre o aluminio. En este último caso resultará un cable semirrígido.

Debido a la necesidad de manejar frecuencias cada vez más altas y a la digitalización de las transmisiones, en años recientes se ha sustituido paulatinamente

el uso del cable coaxial por el de fibra óptica, en particular para distancias superiores a varios kilómetros, porque el ancho de banda de esta última es muy superior.

Figura N° 3.4: Cable coaxial.



Fuente: Carrod, 2014.

3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION

El presente trabajo de investigación, corresponde a la modalidad de investigación básica y tiene un enfoque experimental, porque detalla las características de la red de telefonía móvil y las bondades de los amplificadores bidireccionales.

Asimismo, es exploratorio porque profundiza en el conocimiento de los sistemas basados en amplificadores bidireccionales utilizados en telefonía móvil. Es explicativa porque existe relación causa – efecto. Es causal porque presentan relación de dependencia, para saber cómo se puede comportar una variable conociendo el comportamiento de otra variable. Durante la aplicación del modelo se utilizó diferentes métodos de recolección de datos en sus distintas etapas, que pueden ser:

- Observación de campo, con su instrumento: Guía de observación de campo
- Los datos se analizarán mediante procedimientos matemáticos y numéricos utilizando software especializado y requerido como el RADIOMOBILE.

3.3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

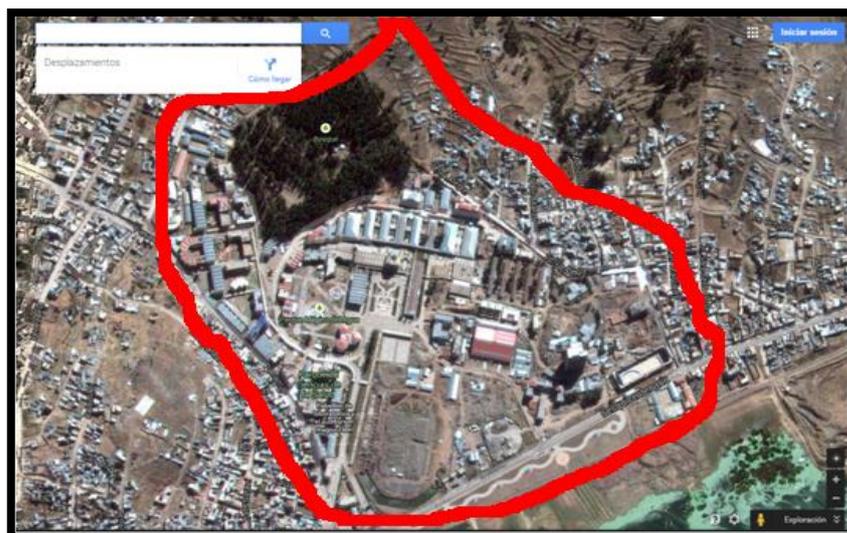
3.3.1 Ubicación geográfica

La Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano, se ubica en el distrito de Puno, provincia de Puno, Departamento de Puno.

3.3.2 Imagen satelital de la primera casa superior de estudios

A continuación se muestra la imagen satelital de la Ciudad Universitaria de la primera casa superior de estudios, en donde posteriormente se explorará, verificará la cobertura móvil de las diferentes operadoras móviles.

Figura N° 3.5: Imagen satelital de la Una Puno.



Fuente: Google Maps, 2018.

DESCRIPCIÓN: Se tiene la imagen satelital del Campus de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en donde exploraremos las zonas oscuras sin señal celular.

Figura N° 3.6: Imágenes satelitales de algunas zonas sin señal celular en forma detallada.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En la figura número 8, tenemos el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, en dónde no hay señal móvil, así como también la imagen satelital del auditorio Magno, algunos sótanos, la biblioteca de la Escuela Profesional, el sótano de la Biblioteca Central de la Universidad Nacional del Altiplano, el últimos piso de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica, los interiores de la Comisión Central de Admisión (CCA) y el Auditorio de la Escuela Profesional de Estadística, demostramos este problema mediante las capturas del celular en dónde se verá la intensidad de la señal también a través de la App de Android, TEVEO de Osiptel o sino también a través de una simple inspección, lugar por lugar con el celular y nosotros como estudiantes de Ingeniería Electrónica en la especialidad de Telecomunicaciones daremos solución a ello.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas que se utilizaron para acceder a la información fueron la observación y constatación de la intensidad de señal de telefonía móvil en la zona de cobertura. Para ello, se usó un registro de constatación (Anexo A) para identificar ciertos criterios a tener

en cuenta en la propuesta para la instalación de los amplificadores bidireccionales, desde donde se propone ubicarla hasta como va poder energizarse; lo cual involucra la zona de estudio, lo que permitirá el correcto funcionamiento del sistema.

Tabla N° 3.1: Técnicas e instrumentos de recolección de información.

TECNICAS	INSTRUMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Análisis documental • Simulación del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación • Guía de análisis para el procesamiento de datos • Software Radio Mobile, para el diseño del sistema de enlace

Elaboración propia.

Equipos con los que se midió la intensidad de señal:

3.4.1 Samsung Galaxy Y

El Samsung Galaxy Y o Samsung Galaxy Young (GT-S5360) Fue un teléfono móvil de gama media diseñado por Samsung. Usa el sistema operativo Android 2.3.6 y tiene una pantalla multitáctil capacitiva LCD TFT. El dispositivo fue anunciado en agosto de 2011. El dispositivo tiene conexiones WIFI, Bluetooth, GPS y 3G. Puede funcionar como un navegador GPS. El procesador de 832Mhz del Samsung Galaxy Y GT-S5360 sólo realiza las tareas básicas del móvil. Con una ranura para tarjeta SIM, el Samsung Galaxy Y GT-S5360 permite download hasta 7,2 Mbps para la navegación por Internet, pero esto también depende del operador móvil. Buena conectividad de este terminal que incluye Bluetooth Versión 3.0 con A2DP, Wi-Fi 802.11 b/g/n, pero carece de conexión NFC. Terminal con 98 gramos incluyendo la batería. El móvil Samsung Galaxy Y GT-S5360 es relativamente delgado con 11,5 mm de espesor. (Smart-Gsm, 2011).

Figura N° 3.7: Samsung Galaxy Y.

Fuente: Samsung, 2011.

DESCRIPCIÓN: Imagen del Smartphone mencionado anteriormente con el que también se usó para la medición de la intensidad de señal.

3.4.2 Huawei P8

Es un dispositivo de gama alta con una gran definición en imagen y con buen sonido, con un diseño sofisticado y una gran variedad de núcleos y novedades, cuenta con una pantalla 1080p de 5.2 pulgadas, procesador octa-core Kirin 930 a 2GHz, 3GB de RAM, 16GB de almacenamiento interno, cámara trasera de 13 megapíxeles con OIS, cámara frontal de 8 MP, y corre Android 5.0 Lollipop.

Figura N° 3.8: Huawei P8.

Fuente: Huawei, 2015.

DESCRIPCIÓN: En imagen, el Huawei P8 con todas sus características físicas, equipo que también se usó para la medición de las intensidades de señal.

3.4.3 Azumi L2Z

Es un pequeño dispositivo móvil con funciones básicas y herramientas comunes, como radio, calculadora, calendario entre otros, con posibilidad de introducir una memoria micro SD, disponible en diversos colores.

Figura N° 3.9: Azumi l2z.

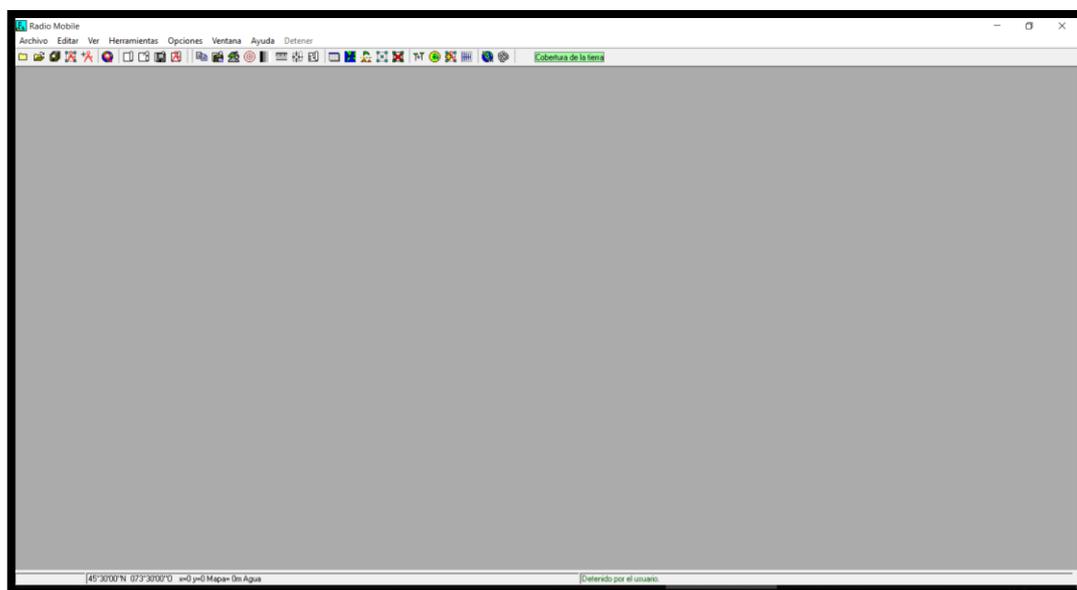


Fuente: Azumi, 2016.

DESCRIPCIÓN: Por último, tenemos a otro equipo por el cual se hizo uso para la respectiva medición de intensidad de señal móvil en los diversos lugares por los cuales se ha recorrido, dentro del campus de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

3.5 PROGRAMA DE SIMULACIÓN RADIO MOBILE

Figura N° 3.10: Captura de pantalla del programa Radio Mobile.



Elaboración Propia.

DESCRIPCIÓN: Se hará uso de este imprescindible programa de simulación de enlaces entre una estación base hacia un o varios puntos. El uso de este programa interactúa directamente con el GOOGLE EARTH.

3.5.1 Creación de las unidades de trabajo con el programa de simulación Radio Mobile

Figura N° 3.11: Captura de pantalla del programa Radio Mobile con las unidades de trabajo ya creadas.

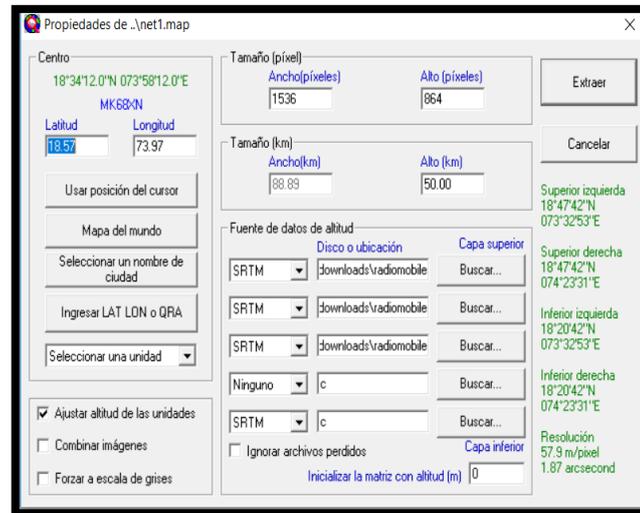


Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: Se empezará con la creación de las unidades de trabajo con el programa RADIO MOBILE, para su posterior simulación. En cada unidad de trabajo están las coordenadas de los puntos con los cuales se ha trabajado, cuyos puntos son:

- La Estación Base (CAMAL)
- E.P de Ingeniería Electrónica
- E.P de Odontología
- E.P de Turismo
- Biblioteca Central
- E.P de Ingeniería Económica

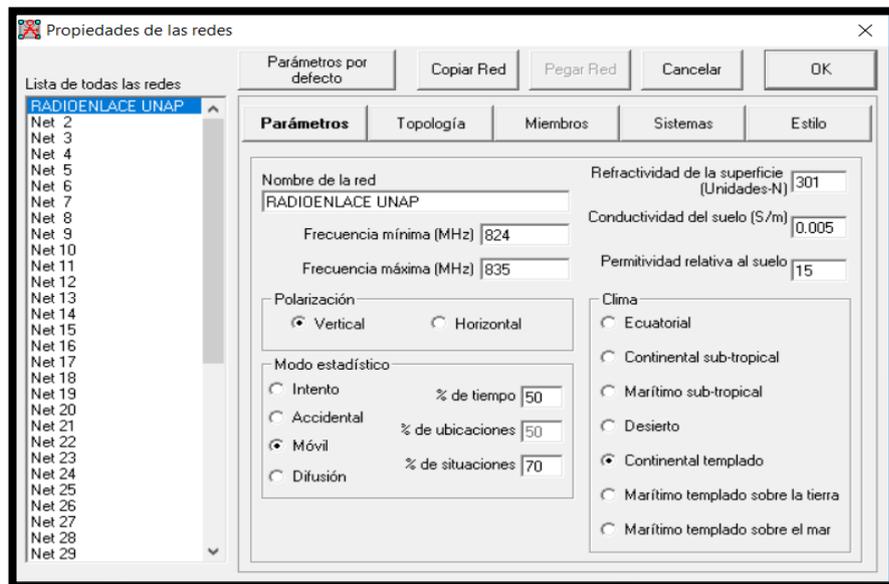
Figura N° 3.12: Captura de pantalla del programa Radio Mobile antes de extraer el mapa de mis datos ingresados.



Elaboración propia.

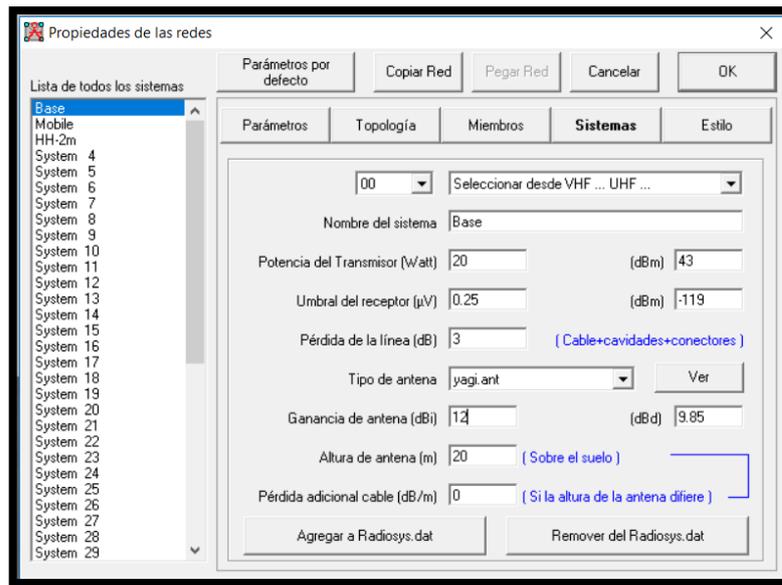
DESCRIPCIÓN: A continuación, se va a extraer los mapas de acuerdo a los datos ingresados con el programa RADIO MOBILE

Figura. N° 3.13: Las frecuencias (mínima y máxima), relatividad, conductividad, del radioenlace realizado con el programa Radio Mobile.



Elaboración propia.

Figura. N° 3.14: Propiedades del Radio Enlace.

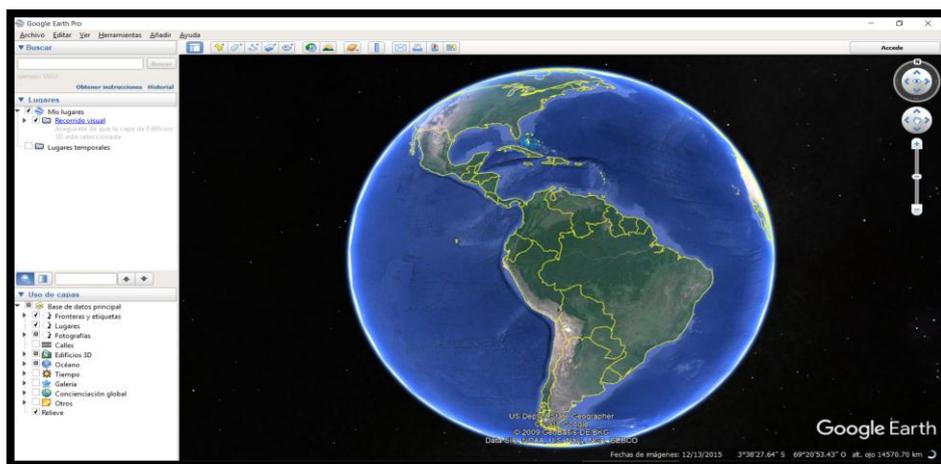


Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: La captura de pantalla de las propiedades del Radio Enlace, en dónde se puede apreciar claramente los datos como la potencia, pérdida de línea, ganancia de la antena, entre otros datos.

3.6 GOOGLE EARTH

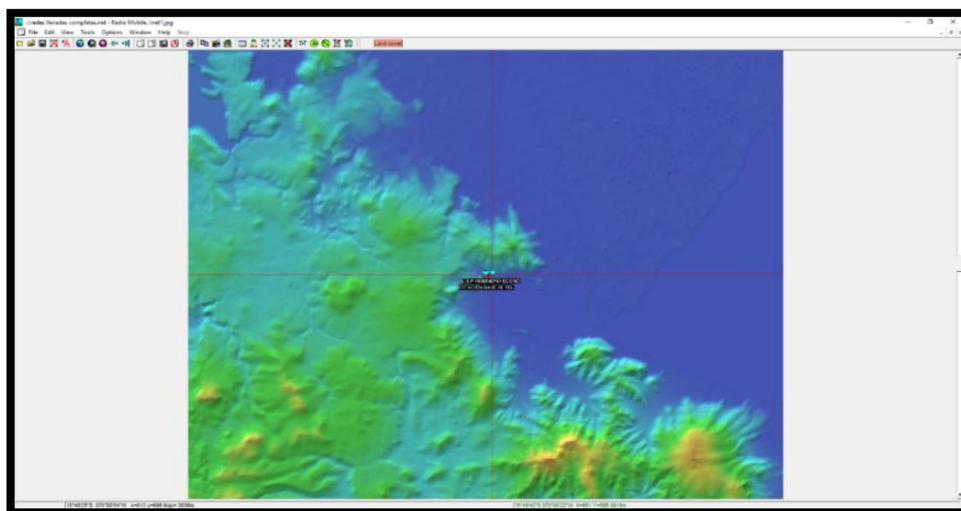
Figura N° 3.15: Captura de pantalla del programa Google Earth.



Elaboración Propia.

DESCRIPCIÓN: Este programa nos servirá para poder obtener el mapa de datos de la simulación del programa RADIOMOBILE del RADIOENLACE.

Figura N° 3.16: Captura de pantalla del mapa de los puntos de RADIOENLACE con el programa RADIO MOBILE.



Elaboración propia.

3.7 ANÁLISIS PARA LA IDENTIFICACION DE LAS ZONAS OSCURAS

Para la identificación de las zonas oscuras se utilizó equipos celulares con los que se midió la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria, los cuales están detallados en la siguiente tabla.

En las siguientes tablas, cabe precisar que las siglas C, M, E, se hace referencia a las operadoras móviles Claro, Movistar y Entel, todos los valores medidos están expresados en dBm, las tablas están divididas por biomédicas, ingenierías y sociales, entre otros ambientes de la Universidad Nacional Del Altiplano de Puno.

Tabla N° 3.2: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (ÁREA BIOMÉDICAS).

E. P/AMBIENTE	LUGAR	VALORES MEDIDOS (dBm)			COBERTURA		
					C	M	E
BIOLOGÍA	PRIMER PISO	-95	-101	-101	SI	NO	NO
BIOLOGÍA	SEGUNDO PISO	-107	-103	-89	NO	NO	SI
BIOLOGÍA	TERCER PISO	-91	-103	-105	SI	NO	NO
BIOLOGÍA	CUARTO PISO	-101	-101	-95	NO	NO	SI
BIOLOGÍA	QUINTO PISO	-97	-103	-99	SI	NO	SI
BIOLOGÍA	LABORATORIO	-89	-101	-89	SI	NO	SI
BIOLOGÍA	AULA N° 302	-97	-101	-99	SI	NO	SI
BIOLOGÍA	ÚLTIMO PISO	-89	-101	-91	SI	NO	SI
ENFERMERÍA	PRIMER PISO	-87	-101	-83	SI	NO	SI
ENFERMERÍA	SEGUNDO PISO	-89	-101	-87	SI	NO	SI
ENFERMERÍA	TERCER PISO	-83	-103	-91	SI	NO	SI
NUTRICIÓN HUMANA	PRIMER PISO	-77	-101	-51	SI	NO	SI
NUTRICIÓN HUMANA	SEGUNDO PISO	-83	-101	-91	SI	NO	SI
NUTRICIÓN HUMANA	TERCER PISO	-87	-103	-99	SI	NO	SI
ODONTOLOGÍA	PRIMER PISO	-87	-101	-99	SI	NO	SI
ODONTOLOGÍA	SÓTANO	-105	-103	-113	NO	NO	NO
ODONTOLOGÍA	TERCER PISO	-89	-101	-103	SI	NO	NO
ODONTOLOGÍA	CUARTO PISO	-73	-103	-89	SI	NO	SI
ODONTOLOGÍA	TECHO	-79	-101	-85	SI	NO	SI

Elaboración propia.

Tabla N° 3.3: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (ÁREA INGENIERÍAS).

E. P/AMBIENTE	LUGAR	VALORES MEDIDOS (dBm)			COBERTURA		
					C	M	E
ECONOMÍA	PRIMER PISO	-83	-101	-100	SI	NO	NO
ECONOMÍA	SEGUNDO PISO	-79	-101	-93	SI	NO	SI
ECONOMÍA	TERCER PISO	-89	-101	-100	SI	NO	NO
ECONOMÍA	CUARTO PISO	-75	-103	-94	SI	NO	SI
ECONOMÍA	ÚLTIMO PISO	-59	-101	-80	SI	NO	SI
ECONOMÍA	SÓTANO	-83	-103	-88	SI	NO	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	SALA DE CENTRO DE ESTUDIANTES	-55	-101	-89	SI	NO	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	BIBLIOTECA ESPECIALIZADA	-51	-101	-96	SI	NO	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	PRIMER PISO	-65	-101	-54	SI	NO	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	SEGUNDO PISO	-51	-101	-92	SI	NO	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	TERCER PISO	-59	-103	-91	SI	NO	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	TECHO (ANTENA)	-51	-101	-77	SI	NO	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	TECHO PRINCIPAL	-57	-101	-89	SI	NO	SI

Elaboración propia.

Tabla N° 3.4: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (ÁREA SOCIALES).

E. P/AMBIENTE	LUGAR	VALORES			COBERTURA		
		MEDIDOS (dBm)			C	M	E
DERECHO	AUDITORIO	-103	-103	-107	NO	NO	NO
TURISMO	PRIMER PISO	-105	-103	-105	NO	NO	NO
	SEGUNDO PISO	-83	-101	-91	SI	NO	SI
	TERCER PISO	-69	-101	-91	SI	NO	SI
ANTROPOLOGÍA	TODO EL AMBIENTE	-77	-91	-101	SI	SI	NO
TRABAJO SOCIAL	PRIMER PISO	-89	-101	-91	SI	NO	SI
	SEGUNDO PISO	-87	-107	-101	SI	NO	NO
ADMINISTRACIÓN	PRIMER PISO	-107	-101	-91	NO	NO	SI
ADMINISTRACIÓN	SEGUNDO PISO	-51	-79	-103	SI	SI	NO
ADMINISTRACIÓN	TERCER PISO	-97	-73	-103	SI	SI	NO
ADMINISTRACIÓN	INT. 3CER Y 4TO PISO	-91	-89	-101	SI	SI	NO
ADMINISTRACIÓN	BAÑO	-107	-97	-103	NO	SI	NO
ADMINISTRACIÓN	AULA 101	-107	-97	-101	NO	SI	NO
CIENCIAS CONTABLES	PRIMER PISO	-67	-101	-81	SI	NO	SI
CIENCIAS CONTABLES	SEGUNDO PISO	-69	-101	-85	SI	NO	SI
CIENCIAS CONTABLES	TERCER PISO	-69	-101	-109	SI	NO	NO
CIENCIAS CONTABLES	CUARTO PISO	-87	-103	-87	SI	NO	SI
CIENCIAS CONTABLES	ÚLTIMO PISO	-89	-101	-103	SI	NO	NO

Elaboración propia.

Tabla N° 3.5: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (BIBLIOTECA CENTRAL).

E. P/AMBIENTE	LUGAR	VALORES			COBERTURA		
		MEDIDOS (dBm)			C	M	E
BIBLIOTECA CENTRAL (SOTANO)	PRIMER PISO ÁREA BIOMEDICAS	-101	-101	-107	NO	NO	NO
LIBRERÍA - ÁREA BIOMÉDICAS	SÓTANO DE LA LIBRERÍA	-103	-105	-107	NO	NO	NO
BIBLIOTECA CENTRAL	SEGUNDO PISO	-91	-91	-101	SI	SI	NO
BIBLIOTECA CENTRAL	TERCER PISO	-89	-101	-91	SI	NO	SI
BIBLIOTECA CENTRAL	CUARTO PISO	-79	-91	-101	SI	SI	NO
BIBLIOTECA CENTRAL	QUINTO PISO	-73	-101	-91	SI	NO	SI

Elaboración propia.

Tabla N° 3.6: Mediciones respecto a la intensidad de señal en diferentes puntos de la Ciudad Universitaria. (POST GRADO).

E. P/AMBIENTE	LUGAR	VALORES MEDIDOS (dBm)			COBERTURA		
		C	M	E			
ESCUELA DE POST GRADO	PRIMER PISO	-61	-101	-92	SI	NO	SI
ESCUELA DE POST GRADO	SEGUNDO PISO	-73	-101	-83	SI	NO	SI
ESCUELA DE POST GRADO	TERCER PISO	-77	-103	-93	SI	NO	SI

Elaboración propia.

De las tablas anteriores se determinan que existen zonas oscuras de señal de telefonía móvil, las cuales se especifican en la siguiente tabla:

Tabla N° 3.7: Mediciones respecto a la intensidad de señal con zonas oscuras de cobertura móvil.

E.P / LUGAR	AMBIENTE	VALORES MEDIDOS (dBm)			OPERADOR MÓVIL		
					C	M	E
TURISMO	PRIMER PISO	-105	-103	-105	NO	NO	NO
	SEGUNDO PISO	-83	-78	-91	SI	SI	SI
BIBLIOTECA CENTRAL	SÓTANO	-103	-105	-107	NO	NO	NO
BIBLIOTECA CENTRAL	SEGUNDO PISO	-91	-91	-95	SI	SI	SI
ODONTOLOGÍA	SÓTANO	-105	-103	-113	NO	NO	NO
ODONTOLOGÍA	PRIMER PISO	-87	-96	-99	SI	SI	SI
ODONTOLOGÍA	SEGUNDO	-89	-75	-90	SI	SI	SI
ECONOMÍA	SÓTANO	-101	-103	-102	NO	NO	NO
ECONOMÍA	PRIMER PISO	-83	-80	-85	SI	SI	SI
ECONOMÍA	TERCER PISO	-89	-75	-90	SI	SI	SI
ECONOMÍA	SEXTO PISO	-85	-74	-75	SI	SI	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	AUDITORIO	-101	-103	-108	NO	NO	NO
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	PRIMER PISO	-65	-75	-44	SI	SI	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	SEGUNDO PISO	-51	-68	-92	SI	SI	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	TERCER PISO	-59	-74	-76	SI	SI	SI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	AZOTEA	-74	-63	-85	SI	SI	SI

Elaboración propia.

NOTA: Respecto de la clasificación de las operadoras móviles C, M, E, es: C = Claro, M = Movistar, E = Entel, respectivamente y los valores que se muestran en la tabla son los que se obtuvieron mediante los dispositivos celulares ya mencionados anteriormente y con estos equipos en la configuración se puede ver el estado de la señal móvil de la operadora con la que se cuente y su valor correspondiente expresado en dBm.

Tabla N° 3.8: Determinación de las zonas oscuras de señal de telefonía móvil.

E.P / LUGAR	AMBIENTE	VALORES MEDIDOS (dBm)			OPERADOR MÓVIL		
					C	M	E
TURISMO	PRIMER PISO	-105	-103	-105	NO	NO	NO
BIBLIOTECA CENTRAL	SÓTANO	-103	-105	-107	NO	NO	NO
ODONTOLOGÍA	SÓTANO	-105	-103	-113	NO	NO	NO
ECONOMÍA	SÓTANO	-101	-103	-102	NO	NO	NO
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	AUDITORIO	-101	-103	-108	NO	NO	NO

Elaboración propia.

3.8 DISEÑO DEL SISTEMA UTILIZANDO AMPLIFICADORES

BIDIRECCIONALES

3.8.1 Estudio de campo para ver la mejor ubicación de los amplificadores bidireccionales

El objetivo principal es realizar un estudio de campo para la ubicación de los amplificadores bidireccionales. Previamente se determinaron las zonas oscuras sin señal móvil en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano, para establecer las condiciones de propagación, que lleven a determinar la ubicación del amplificador bidireccional o repetidor en cada zona, para poder brindar una buena cobertura de señal móvil. Los resultados obtenidos se especifican en el Anexo A.

3.8.2 Nivel de señal mínimo en la ubicación del Amplificador Bidireccional

Para determinar cuáles serán las posibles opciones de la ubicación de los amplificadores bidireccionales en las zonas oscuras localizadas se debe tomar en cuenta que exista, en estos lugares, un mínimo nivel de señal de recepción que transmita la estación base de telefonía celular, para que el amplificador bidireccional la pueda amplificar.

Para esto se necesita una antena que capte los niveles de señal transmitidos por la estación base en servicio, y que se encuentre en los alrededores.

Se puede utilizar cualquier tipo de antena, pero es recomendable que sea lo más directiva para que recepte con mejor nitidez la señal, en este caso se utiliza una antena Yagui.

Los requerimientos de medición de señal celular tomados en el campo, son los siguientes:

Nivel de Campo Mínimo

Consideramos que una ubicación del amplificador bidireccional es viable si:

- Es factible realizar una medida de nivel de señal recibido de una o más estaciones base, para el presente caso realizamos la medida del nivel de señal recibida de sólo una estación base.

- La antena de recepción de la señal de la estación base tiene que tener línea de vista.
- El nivel de campo mínimo deseable deberá ser superior a: -85 dBm en 829.5 MHz, para obtener una óptima comunicación.

3.8.3 Cálculo de desempeño del sistema para la ubicación de los amplificadores bidireccionales

Para la ubicación de los amplificadores bidireccionales se tuvo en cuenta el desempeño del sistema el cual es un factor muy importante, ya que incorpora muchos parámetros de interés, tales como medio de propagación, potencia de recepción de los equipos, ganancias y pérdidas producidas por las antenas, entre otros. Con estos parámetros, se garantiza que los niveles de señal recibidos tengan un margen de desvanecimiento relativamente bajo.

Los parámetros a considerar para el cálculo de desempeño del sistema son:

- **Potencia de transmisión (P_{TX})**. Se expresa en vatios, dBm o dBW. La potencia de transmisión de un dispositivo dado debe ser especificada en los manuales provistos por el fabricante, pero algunas veces puede ser difícil de encontrar.
- **Ganancia de las antenas (G_{TX} , G_{RX})**. Las antenas son dispositivos pasivos que crean el efecto de amplificación debido a su forma física. Las antenas tienen las mismas características cuando reciben que cuando transmiten. Por lo tanto una antena de 24 dBi simplemente es una antena de 24 dBi, sin especificar si esto es en el modo de transmisión o de recepción.
- **Potencia nominal del receptor (P_{RX})**. En un radioenlace típico, la potencia nominal del receptor se obtiene considerando los siguientes parámetros de diseño.

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{WGTX} - A_{BTX} + G_{TX} - A_O - A_V + G_{RX} - A_{BRX} - A_{WGRX} \text{ [dBm]}$$

(1)

Donde:

P_{TX} = Potencia de transmisión (en dBm)

A_{WGTX} = Pérdidas en la línea de transmisión en Tx (en dB)

A_{BTX} = Pérdidas del branching en Tx (en dB).

G_{TX} = Ganancia de la antena Transmisora (en dBi)

A_o = Atenuación por espacio libre (en dB)

A_v = Pérdidas varias (alineamiento de antena, conectores, etc. (dB)

G_{RX} = Ganancia de la antena receptora (en dBi)

A_{BRX} = Pérdidas del branching en Rx (en dB)

A_{WGRX} = Pérdidas en la línea de transmisión en Rx (en dB)

P_{RX} = Potencia en recepción (en dBm).

Para realizar el cálculo del desempeño de un radioenlace, se requiere conocer la longitud del enlace, la frecuencia de trabajo, la altura de antenas y algunas especificaciones que traen los equipos, tales como ganancia de las antenas, niveles de potencia, etc.

La Ec. (1), nos servirá como referencia para realizar los cálculos, fundamentalmente para determinar la ubicación de los puntos donde serán ubicados los amplificadores bidireccionales.

Pérdidas por espacio libre (Ls). Las pérdidas por espacio libre se definen como las pérdidas incurridas por ondas electromagnéticas conforme se propagan en una línea recta a través del espacio libre sin ninguna absorción o reflexión de energía de los objetos cercanos.

La distancia es una de las principales responsables de la pérdida de señal para la propagación con línea de vista. Cuando una señal irradia, esta se extiende o se amplía en una superficie esférica. La potencia de RF disponible es distribuida sobre esta superficie y se debilita en forma proporcional y creciente.

En esta magnitud no suelen incluirse otras pérdidas adicionales debidas a lluvia, absorción atmosférica, etc. Estas pérdidas están relacionadas directamente con la distancia del radio enlace y la frecuencia de funcionamiento mediante la siguiente expresión:

$$L_s = 32.44 + 20\log(f) + 20\log(d) \text{ [dB]} \quad \dots \text{Ec. (2)}$$

Donde:

f = Frecuencia en MHz

d = Distancia entre las dos antenas en Km.

3.8.4 Características de los equipos utilizados en el diseño del sistema

3.8.4.1 Características de la estación base

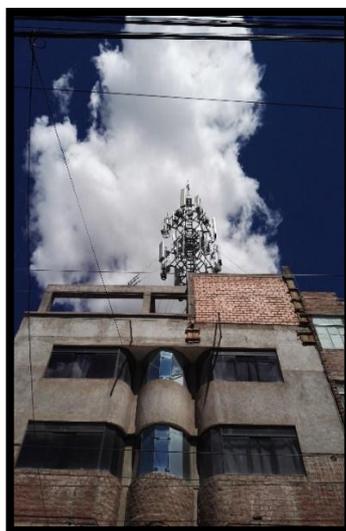
- $P_{TX} = 20 \text{ W} = 43 \text{ dBm}$
- $F = 829.5 \text{ MHz}$
- $G_{TX} = 12 \text{ dB}$.

3.8.4.2 Características del amplificador bidireccional utilizado

- $P_{TX} = 9 \text{ dBm}$
- $G_{TX} = 10 \text{ dB}$ (ganancia de antena Yagui outdoor)
- $G_{RX} = 5 \text{ dB}$ (ganancia de antena omnidireccional indoor)
- Alimentación 120/240 V CA.

3.8.5 Coordenadas de la Estación Base Camal y los puntos de ubicación de los amplificadores bidireccionales

Figura N° 3.17: Estación base (camal).



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: Se trabajó con este punto como estación base que se enlazará a los demás puntos, para hacer el Radioenlace y simulación con el programa RADIOMOBILE.

A continuación, las tablas correspondientes en donde se precisa las coordenadas, y la altura correspondiente, todo esto realizado mediante la aplicación para android MAPS.ME, que permite obtener precisamente estos datos.

Tabla N° 3.9: Coordenadas y altura (msnm) de la estación base camal.

ZONA	COORDENADAS
ESTACIÓN BASE DE CAMAL	LATITUD: -15°82'51.52"S LONGITUD: -70°01'51.46"O ALTURA: 3834 msnm

Elaboración propia.

3.8.5.1 Coordenadas y alturas (msnm) de los diferentes ambientes donde se ubican las antenas outdoor de los amplificadores bidireccionales

Tabla N° 3.10: Coordenadas y altura (msnm) de la EPIE.

ZONA	COORDENADAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA (AZOTEA)	LATITUD: -15°82'40.12"S LONGITUD: -70°01'49.96"O ALTURA: 3843 msnm

Elaboración propia.

Tabla N° 3.11: Coordenadas y altura (msnm) de la Biblioteca Central.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
BIBLIOTECA CENTRAL UNA PUNO (AZOTEA)	LATITUD: -15°82'37.33"S LONGITUD: -70°01'50.47"O ALTURA: 3875 msnm

Elaboración propia.

Tabla N° 3.12: Coordenadas y altura (msnm) de la Escuela Profesional de Ingeniería Económica.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECONÓMICA (CUARTO PISO)	LATITUD: -15°82'36.11"S LONGITUD: -70°01'47.05"O ALTURA: 3880 msnm

Elaboración propia.

Tabla N° 3.13: Coordenadas y altura del último piso de la E.P. de Odontología.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
E.P DE ODONTOLOGÍA (ÚLTIMO PISO)	LATITUD: -15°82'54.44"S LONGITUD: -70°01'52.87"O ALTURA: 3887 msnm

Elaboración propia.

Tabla N° 3.14: Coordenadas y altura del último piso de la E.P de Turismo.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
E.P DE TURISMO (ÚLTIMO PISO)	LATITUD: -15°82'25.87"S LONGITUD: -70°01'55.46"O ALTURA: 3929 msnm

Elaboración propia.

3.8.5.2 Coordenadas y alturas (msnm) de los diferentes ambientes donde se ubican las antenas indoor de los amplificadores bidireccionales

Tabla N° 3.15: Coordenadas y altura (msnm) de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA (AUDITORIO)	LATITUD: -15°82'39.67"S LONGITUD: -70°01'58.09"O ALTURA: 3831 msnm

Elaboración propia.

Tabla N° 3.16: Coordenadas y altura (msnm) de la Biblioteca Central.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
BIBLIOTECA DE LA UNA PUNO (SÓTANO)	LATITUD: -15°82'39.51"S LONGITUD: -70°01'58.36"O ALTURA: 3860 msnm

Elaboración propia.

Tabla N° 3.17: Coordenadas y la altura en la E.P de Ingeniería Económica.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
INGENIERÍA ECONÓMICA (PRIMER PISO)	LATITUD: -15°82'34.87"S LONGITUD: -70°01'44.88"O ALTURA: 3880 msnm

Elaboración propia.

Tabla N° 3.18: Coordenadas y altura de la E.P de Odontología.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
E.P DE ODONTOLOGÍA (SÓTANO)	LATITUD: -15°82'54.86"S LONGITUD:-70°01'52.33"O ALTURA: 3871 msnm

Elaboración propia.

Tabla N° 3.19: Coordenadas y altura de la E.P de Turismo.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
E.P DE TURISMO (PRIMER PISO)	LATITUD: -15°82'28.94"S LONGITUD: -70°01'55.62"O ALTURA: 3909 msnm

Elaboración propia.

3.8.6 Cálculo para el diseño de radioenlaces entre la estación base y los puntos de ubicación de las antenas outdoor de los amplificadores bidireccionales

a) ESTACIÓN BASE – E.P DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA (EPIE)

Tabla N° 3.20: Coordenadas de ubicación de la estación base camal.

ZONA	COORDENADAS
ESTACIÓN BASE CAMAL	LATITUD: -15°82'51.52" S LONGITUD: -70°01'51.46" O ALTURA: 3834 msnm

Elaboración propia.

Tabla N° 3.21: Coordenadas de ubicación del punto en la EPIE.

ZONA	COORDENADAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA (AZOTEA)	LATITUD: -15°82'40.12" S LONGITUD: -70°01'49.96" O ALTURA: 3843 msnm

Elaboración Propia.

Pérdida en el espacio libre del radioenlace desde la estación base hacia la E.P de Ingeniería Electrónica:

$$L_s = 32.44 + 20 \log (d/km) + 20 \log (f/MHz)$$

$$L_s = 32.44 + 20 \log (0.14) + 20 \log (829.5)$$

$$L_s = 32.44 - 17.08 + 58.38 \text{ dB}$$

$$L_s = -73.75 \text{ dB.}$$

En el Radioenlace la distancia (d) es de 0.14 expresada en Km, y la frecuencia es la frecuencia promedio, que oscila entre 824 MHz y 835 MHz, entonces la frecuencia promedio es de $f = 829.5$ MHz.

Se obtiene una pérdida en el espacio libre de 73.75 dB.

Cálculo de la potencia recibida (P_{RX}) en el punto seleccionado:

Se calculará a continuación la potencia de recepción, considerando:

Potencia del Transmisor: $20\text{ W} = 13\text{ dBW} = 43\text{ dBm}$

Ganancia de la antena de Tx: 12 dB [1]

Ganancia de la antena de Rx: 10 dB [2]

Se consideran otras pérdidas (pérdidas de línea, conectores, etc.): 12 dB

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_S + G_{RX} - \text{otras pérdidas}$$

$$P_{RX} = 43\text{ dBm} + 12\text{ dBi} - 73.75 + 10\text{ dBi} - 12\text{ dB}$$

$$P_{RX} = -20.75\text{ dBm.}$$

[1] Se eligió la antena de potencia 12 dB, porque se tomó en cuenta los valores con los que trabaja usualmente. Véase Anexo C.

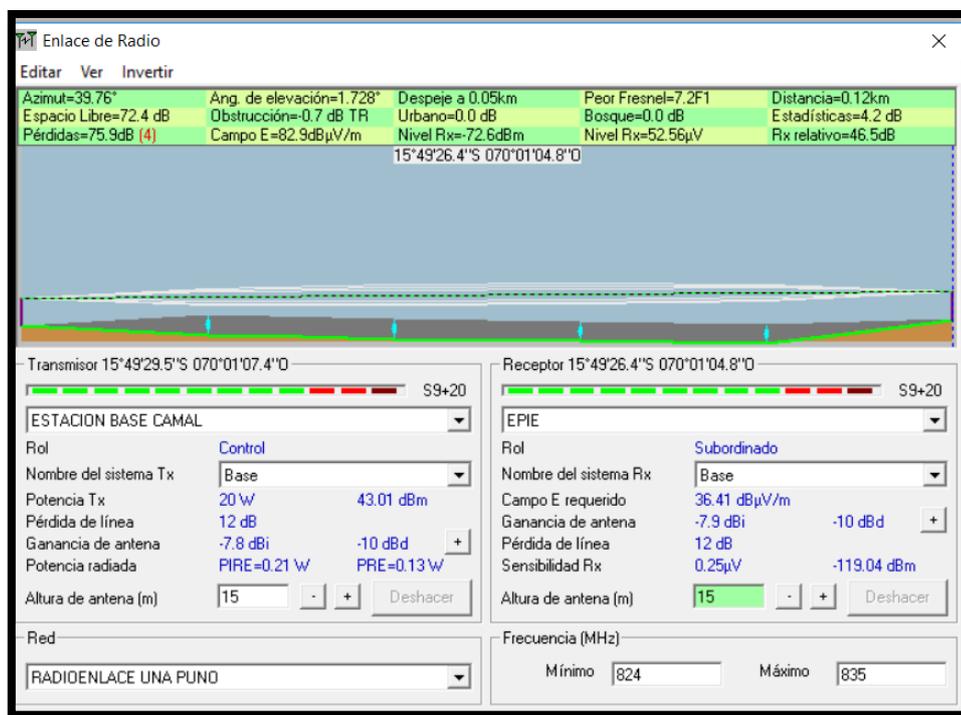
[2] Se ha considerado el valor de 10 dB por ser adecuada para el correcto Radioenlace y para ello, se tomó en cuenta diversos factores, como la altura de la antena que es de 15 metros y las frecuencias correspondientes que oscilan entre los 824 MHz y 835 MHz.

Este valor obtenido es mucho mayor a -85 dBm , que es el valor mínimo deseado, por consiguiente el punto seleccionado para la ubicación de la antena outdoor del amplificador bidireccional es adecuado para una óptima comunicación. Procediendo posteriormente a hacer el análisis desde el punto ubicado en la azotea de la EPIE hacia la

zona oscura o sin señal, considerando que en la azotea deberá estar ubicada la antena outdoor del amplificador bidireccional y en la zona oscura o sin señal se ubicará la antena indoor.

Simulación utilizando Radiomobile:

Figura N° 3.18: Captura de pantalla del gráfico del RADIOENLACE entre la Estación Base Camal y la EPIE.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En esta captura de pantalla, se puede apreciar los datos, características, cobertura, pérdidas, valores de la antena, entre otros valores numéricos y el gráfico correspondiente de la simulación. Para el sistema trabajaremos con una frecuencia (MHZ) mínima de 824 MHz y una frecuencia máxima de 835 MHz para la operadora móvil ubicada en la zona denominada Camal que es la operadora que menos cobertura tiene dentro del Campus Universitario.

Figura N° 3.19: Captura de pantalla de la simulación de RADIOENLACE entre la estación base y la E.P de Ingeniería Electrónica desde el Google Earth.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: Ya se ha extraído la simulación realizada con el RADIOMOBILE al GOOGLE EARTH de las unidades de trabajo con los puntos para hacer el RADIOENLACE

Figura N° 3.20: Captura de Pantalla con la información detallada del RADIOENLACE entre la estación base hasta la EPIE.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: Tal como se ve en la captura de pantalla, se tiene toda la información relacionada al RADIOENLACE, datos relevantes como frecuencia, distancia, etc.

Mediante la simulación se demuestra que entre la Estación Base Camal y el punto ubicado en la E.P. de Ingeniería Electrónica, cumple con los requerimientos necesarios, existiendo línea de vista entre ellos.

b) Estación Base – Biblioteca Central

Tabla N° 3.22: Coordenadas de ubicación de la Biblioteca Central.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
BIBLIOTECA CENTRAL	LATITUD: -15°82'3733"S
UNA PUNO	LONGITUD: -70°01'6047"O
(CUARTO PISO)	ALTURA: 3875 msnm

Elaboración propia.

Pérdida en el espacio libre del radioenlace desde la estación base hacia la Biblioteca Central de la UNA PUNO:

$$L_s = 32.44 + 20 \log (d/\text{km}) + 20 \log (f/\text{MHz})$$

$$L_s = 32.44 + 20 \log (0.27) + 20 \log (829.5)$$

$$L_s = 32.44 - 11.37 + 58.38$$

$$L_s = 79.45 \text{ dB.}$$

En el Radioenlace la distancia (d) es de 0.27 expresada en Km, y la frecuencia es la frecuencia promedio, que oscila entre los 824 MHz y 835 MHz, entonces $f = 829.5 \text{ MHz}$.

Se obtiene una pérdida en el espacio libre de 79.45 dB.

Cálculo de la potencia recibida (P_{RX}) en el punto seleccionado:

Se calculará a continuación la potencia de recepción, considerando:

Potencia del Transmisor: $20 \text{ W} = 13 \text{ dBW} = 43 \text{ dBm}$

Ganancia de la antena de Tx: 12 dB

Ganancia de la antena de Rx: 10 dB

Otras pérdidas (pérdidas de línea, conectores, etc.): 12 dB

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_s + G_{RX} - \text{otras pérdidas}$$

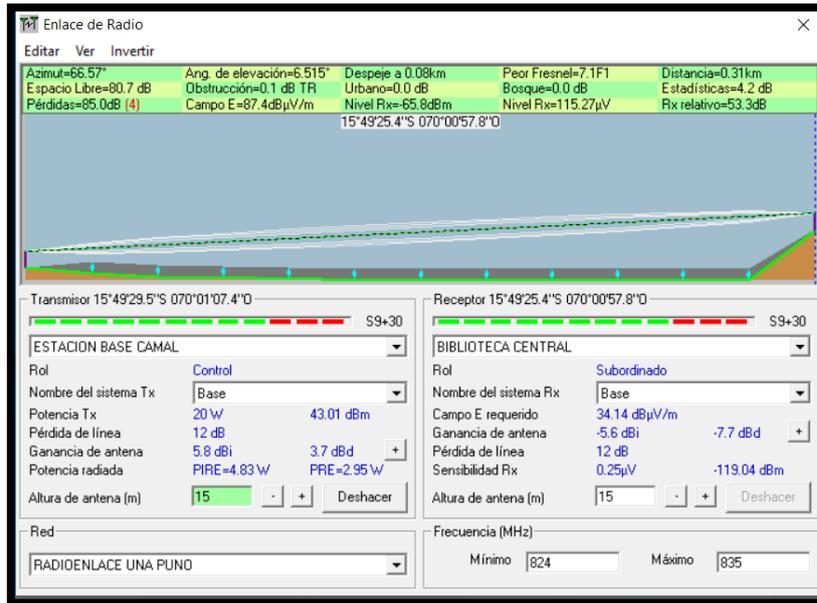
$$P_{RX} = 43 \text{ dBm} + 12 \text{ dB} - 79.45 + 10 \text{ dB} - 12 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -26.45 \text{ dBm.}$$

Este valor obtenido es mucho mayor a -85 dBm , que es el valor mínimo deseado, por consiguiente el punto seleccionado para la ubicación de la antena outdoor del amplificador bidireccional es adecuado para una óptima comunicación. Procediendo posteriormente a hacer el análisis desde el punto ubicado en el cuarto piso de la Biblioteca Central hacia la zona oscura o sin señal, considerando que en la azotea deberá estar ubicada la antena outdoor del amplificador bidireccional y en la zona oscura o sin señal se ubicará la antena indoor.

Simulación utilizando Radiomobile:

Figura N° 3.21: Captura de pantalla de la simulación del RADIOENLACE entre la estación base (Camal) y la Biblioteca Central con el RADIOMOBILE.



Elaboración propia.

Figura N° 3.22: Captura de pantalla del RADIOENLACE entre la estación base y la Biblioteca Central vista desde el Google Earth.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: Imagen de la simulación hecha con el programa RADIO MOBILE, exportada hacia el GOOGLE EARTH, en donde se ve el gráfico correspondiente

Figura N° 3.23: Captura de pantalla del RADIOENLACE entre la estación base y la Biblioteca Central desde el GOOGLE EARTH con datos numéricos.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En la captura de pantalla se puede apreciar claramente los datos numéricos producto de la simulación realizada en el RADIOMOBILE, exportada al GOOGLE EARTH.

c) ESTACIÓN BASE – ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECONÓMICA

Tabla N° 3.23: Coordenadas y altura (msnm) del punto ubicado en la Escuela Profesional de Ingeniería Económica.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECONÓMICA (AZOTEA)	LATITUD: -15°82'36.11" S LONGITUD: -70°01'47.05" O ALTURA: 3880 msnm

Elaboración propia.

Pérdida en el espacio libre:

$$L = 32.44 + 20 \log (d/\text{km}) + 20 \log (f/\text{MHz})$$

$$L = 32.44 + 20 \log (0.48) + 20 \log (829.5)$$

$$L = 32.44 - 6.37 + 58.38$$

$$L = 84.45 \text{ dB.}$$

En el presente Radioenlace, la distancia (d) es de 0.48 expresada en Km, y la frecuencia es la frecuencia promedio, que oscila entre los 824 MHz y 835 MHz, por lo tanto se concluye, $f = 829.5 \text{ MHz}$.

Se obtiene una pérdida en el espacio libre de 84.45 dB.

Cálculo de la potencia recibida (P_{RX}) en el punto seleccionado:

Se calculará a continuación la potencia de recepción, considerando:

Potencia del Transmisor: $20 \text{ W} = 13 \text{ dBW} = 43 \text{ dBm}$

Ganancia de la antena de Tx: 12 dB

Ganancia de la antena de Rx: 10 dB

Otras pérdidas (pérdidas de línea, conectores, etc.): 12 dB

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_s + G_{RX} - \text{otras pérdidas}$$

$$P_{RX} = 43 \text{ dBm} + 12 \text{ dB} - 84.45 + 10 \text{ dB} - 12 \text{ dB}$$

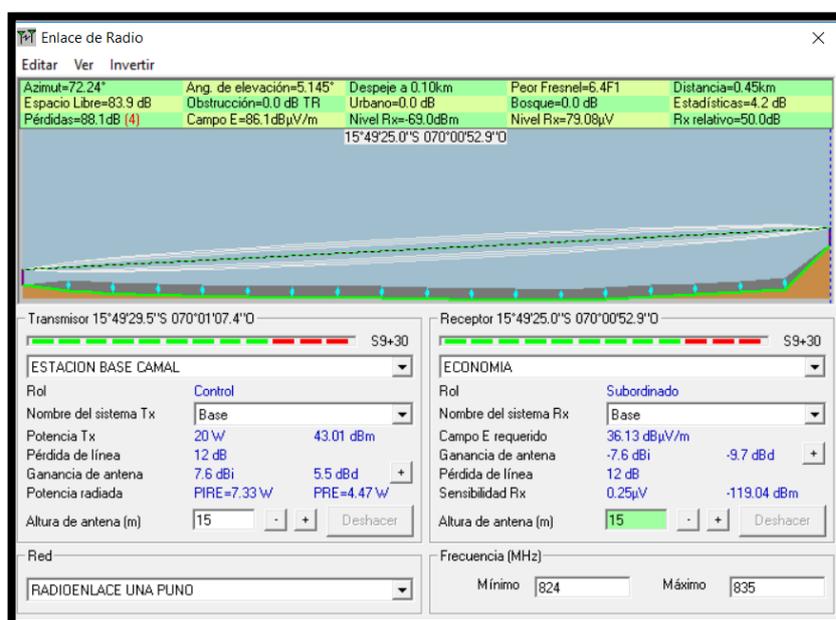
$$P_{RX} = - 31.45 \text{ dBm.}$$

Este valor obtenido es mucho mayor a $- 85 \text{ dBm}$, que es el valor mínimo deseado, por consiguiente el punto seleccionado para la ubicación de la antena outdoor del amplificador bidireccional es adecuado para una óptima comunicación. Procediendo

posteriormente a hacer el análisis desde el punto ubicado en la azotea del pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Económica hacia la zona oscura o sin señal, considerando que en la azotea deberá estar ubicada la antena outdoor del amplificador bidireccional y en la zona oscura o sin señal se ubicará la antena indoor.

Simulación utilizando Radiomobile:

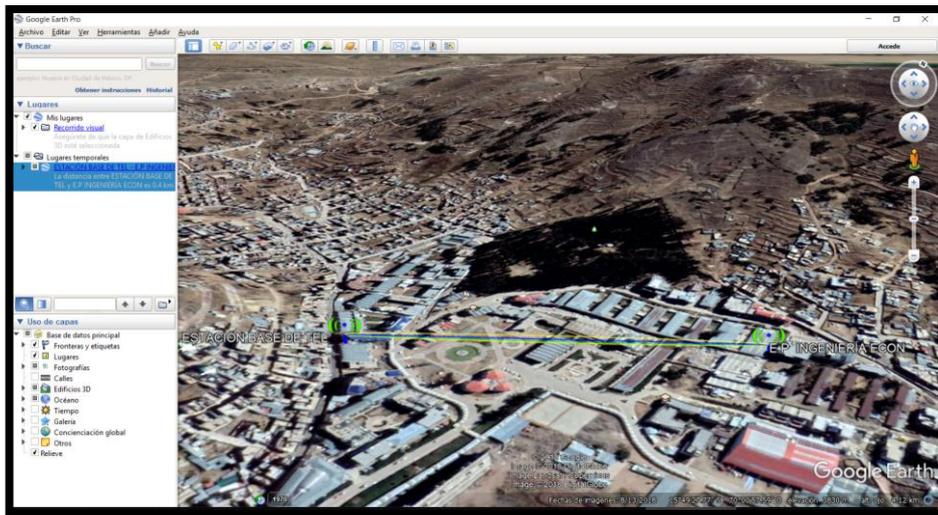
Figura N° 3.24: Captura de pantalla de los datos ingresados de la simulación de RADIOENLACE desde la estación base hacia la E.P. De Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: La simulación realizada con éxito entre la estación base hacia la Biblioteca Central de la primera casa superior de estudios, en la presente captura de pantalla también se puede ver los datos como: Potencia, distancia, frecuencia, entre otros.

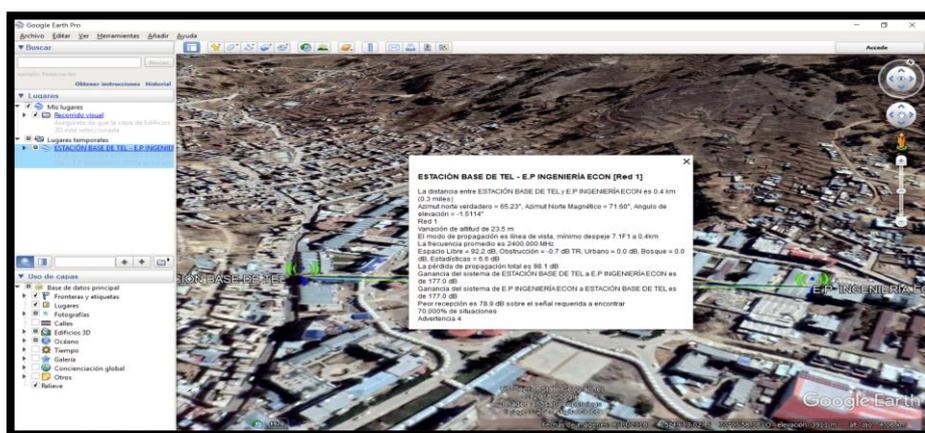
Figura N° 3.25: Captura de pantalla de la simulación hecha con el RADIOMOBILE exportada al GOOGLE EARTH.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En la captura de pantalla se ve claramente el RADIOENLACE (Exportada al GOOGLE EARTH) desde la estación base (Camal) hasta la E.P. de Ingeniería Económica de la primera casa superior de estudios.

Figura N° 3.26: Captura de pantalla con la información detallada respecto al RADIOENLACE hecho con el programa RADIOMOBILE, exportado al GOOGLE EARTH.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En esta última captura de pantalla, se puede apreciar claramente todos los datos respecto a la simulación, vista desde el GOOGLE EARTH.

d) ESTACIÓN BASE – ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA

Tabla N° 3.24: Coordenadas y altura (msnm) del punto ubicado en la Escuela Profesional de Odontología.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
E.P DE ODONTOLOGÍA (ÚLTIMO PISO)	LATITUD: -15°82'5444"S LONGITUD: -70°01'7287"O ALTURA: 3887 msnm

Elaboración propia.

Pérdida en el espacio libre

$$L = 32.44 + 20 \log (d/\text{km}) + 20 \log (f/\text{MHz})$$

$$L = 32.44 + 20 \log (0.15) + 20 \log (829.5)$$

$$L = 32.44 - 16.47 + 58.37$$

$$L = 74.34 \text{ dB.}$$

En el presente Radioenlace, la distancia (d) es de 0.15 expresada en Km, y la frecuencia es la frecuencia promedio, que oscila entre los 824 MHz y 835 MHz, por lo tanto se concluye, $f = 829.5 \text{ MHz}$.

Se obtiene una pérdida en el espacio libre de 74.34 dB.

Cálculo de la potencia recibida (P_{RX}) en el punto seleccionado:

Se calculará a continuación la potencia de recepción, considerando:

Potencia del Transmisor: 20 W = 13 dBW = 43 dBm

Ganancia de la antena de Tx: 12 dB

Ganancia de la antena de Rx: 10 dB

Otras pérdidas (pérdidas de línea, conectores, etc.): 12 dB

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_s + G_{RX} - \text{otras pérdidas}$$

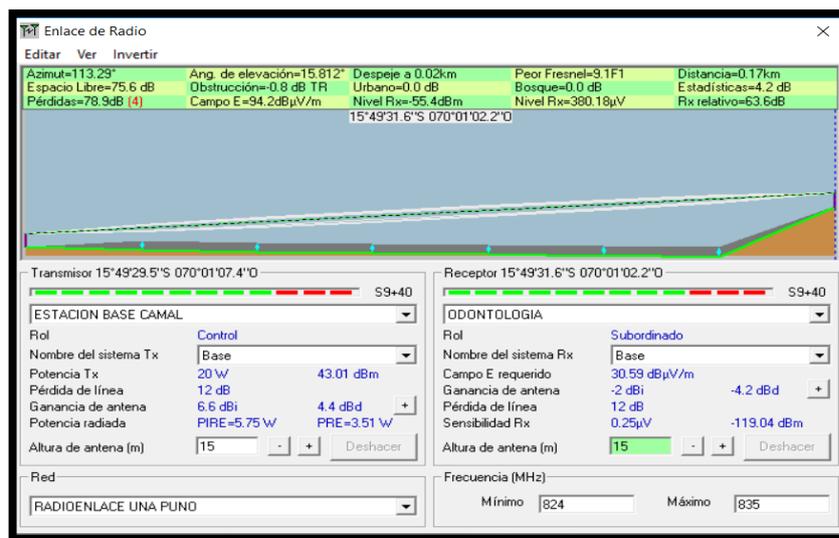
$$P_{RX} = 43 \text{ dBm} + 12 \text{ dB} - 74.34 + 10 \text{ dB} - 12 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -21.34.$$

Este valor obtenido es mucho mayor a -85 dBm , que es el valor mínimo deseado, por consiguiente el punto seleccionado para la ubicación de la antena outdoor del amplificador bidireccional es adecuado para una óptima comunicación. Procediendo posteriormente a hacer el análisis desde el punto ubicado en la azotea del pabellón de la Escuela Profesional de odontología hacia la zona oscura o sin señal móvil, considerando que en la azotea deberá estar ubicada la antena outdoor del amplificador bidireccional y en la zona oscura o sin señal se ubicará la antena indoor.

Simulación utilizando Radiomobile:

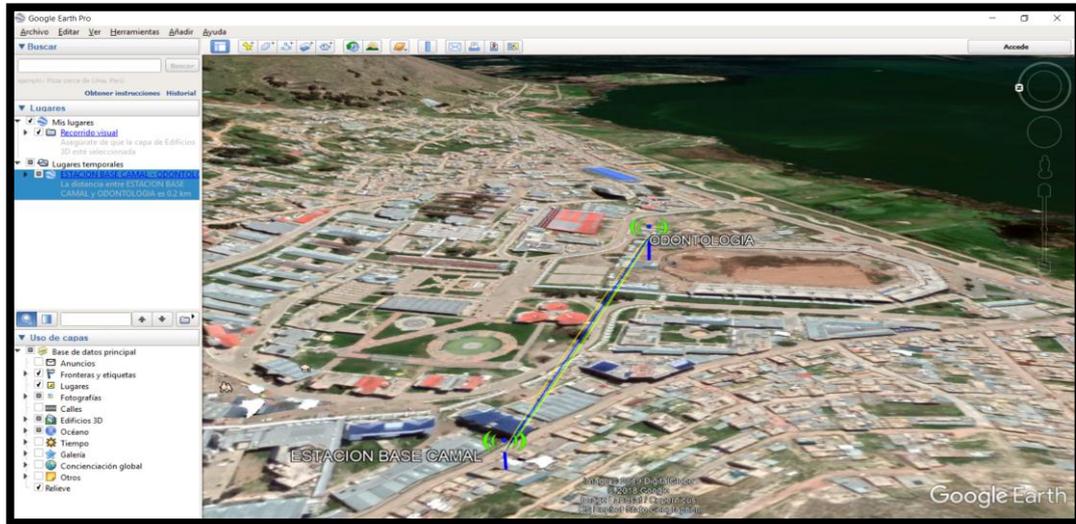
Figura N° 3.27: Captura de pantalla de los datos ingresados de la simulación de RADIOENLACE desde la estación base hacia la E.P. de Odontología.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En la imagen se ve claramente los datos respecto a la simulación, que fue realizada con éxito.

Figura N° 3.28: La respectiva simulación exportada al GOOGLE EARTH.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En la captura de pantalla se ve claramente el RADIOENLACE (Exportada al GOOGLE EARTH) desde la estación base (Camal) hasta la E.P. de Odontología de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en dónde se puede ver claramente la gráfica correspondiente.

e) **ESTACIÓN BASE – E.P DE TURISMO**

Tabla N° 3.25: Coordenadas y altura (msnm) del punto ubicado en la Escuela Profesional de Turismo.

ZONA	COORDENADAS Y ALTURA
E.P DE TURISMO (ÚLTIMO PISO)	LATITUD: -15.822587
	LONGITUD: -70.015546
	ALTURA: 3929 msnm

Elaboración propia.

Pérdida en el espacio libre

$$L = 32.44 + 20 \log (d/\text{km}) + 20 \log (f/\text{MHz})$$

$$L = 32.44 + 20 \log (0.35) + 20 \log (829.5)$$

$$L = 32.44 - 9.11 + 58.37$$

$$L = 81.7 \text{ dB.}$$

En el presente Radioenlace, la distancia (d) es de 0.35 expresada en Km, y la frecuencia es la frecuencia promedio, que oscila entre los 824 MHz y 835 MHz, por lo tanto se concluye, $f = 829.5 \text{ MHz}$.

Se obtiene una pérdida en el espacio libre de 81.7 dB.

Cálculo de la potencia recibida (P_{RX}) en el punto seleccionado:

Se calculará a continuación la potencia de recepción, considerando:

Potencia del Transmisor: $20 \text{ W} = 13 \text{ dBW} = 43 \text{ dBm}$

Ganancia de la antena de Tx: 12 dB

Ganancia de la antena de Rx: 10 dB

Otras pérdidas (pérdidas de línea, conectores, etc.): 12 dB

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_s + G_{RX} - \text{otras pérdidas}$$

$$P_{RX} = 43 \text{ dBm} + 12 \text{ dBi} - 81.7 \text{ dB} + 10 \text{ dBi} - 12 \text{ dB}$$

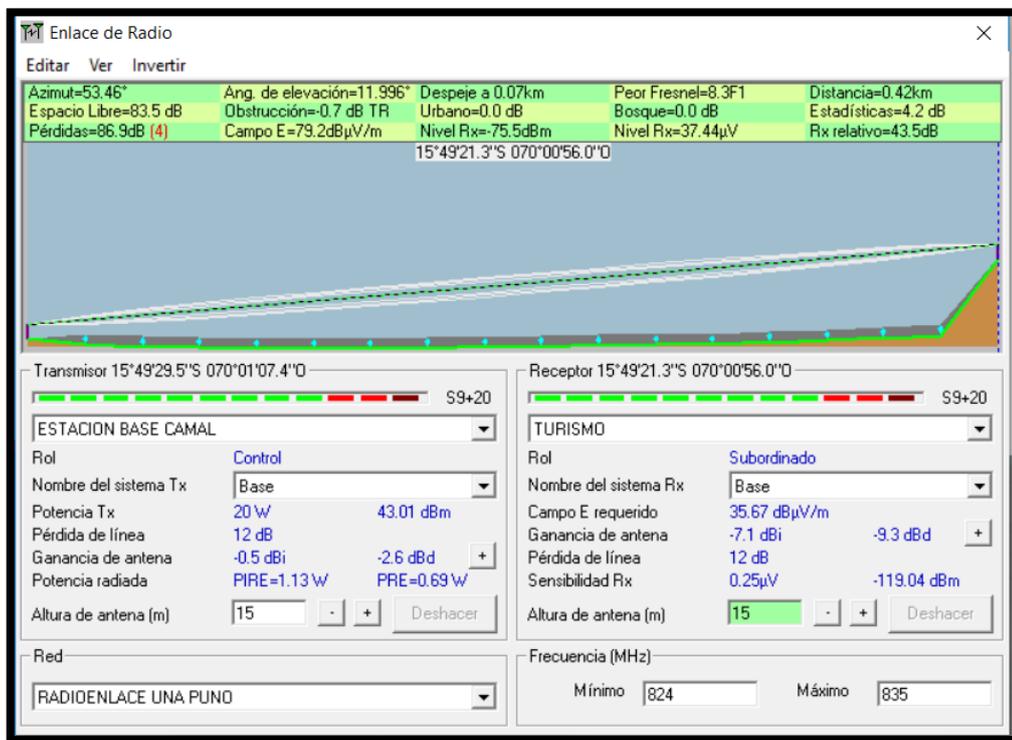
$$P_{RX} = -28.7 \text{ dBm.}$$

Este valor obtenido es mucho mayor a -85 dBm , que es el valor mínimo deseado, por consiguiente el punto seleccionado para la ubicación de la antena outdoor del amplificador bidireccional es adecuado para una óptima comunicación. Procediendo

posteriormente a hacer el análisis desde el punto ubicado en la azotea del pabellón de la Escuela Profesional de Turismo hacia la zona oscura o sin señal, considerando que en la azotea deberá estar ubicada la antena outdoor del amplificador bidireccional y en la zona oscura o sin señal se ubicará la antena indoor.

Simulación utilizando Radiomobile:

Figura N° 3.29: Captura de pantalla de los datos ingresados de la simulación de RADIOENLACE desde la estación base hacia la E.P. De Turismo de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En la imagen se puede apreciar claramente los datos respecto a la simulación, a parte de la misma, y tenemos una línea de vista con total normalidad.

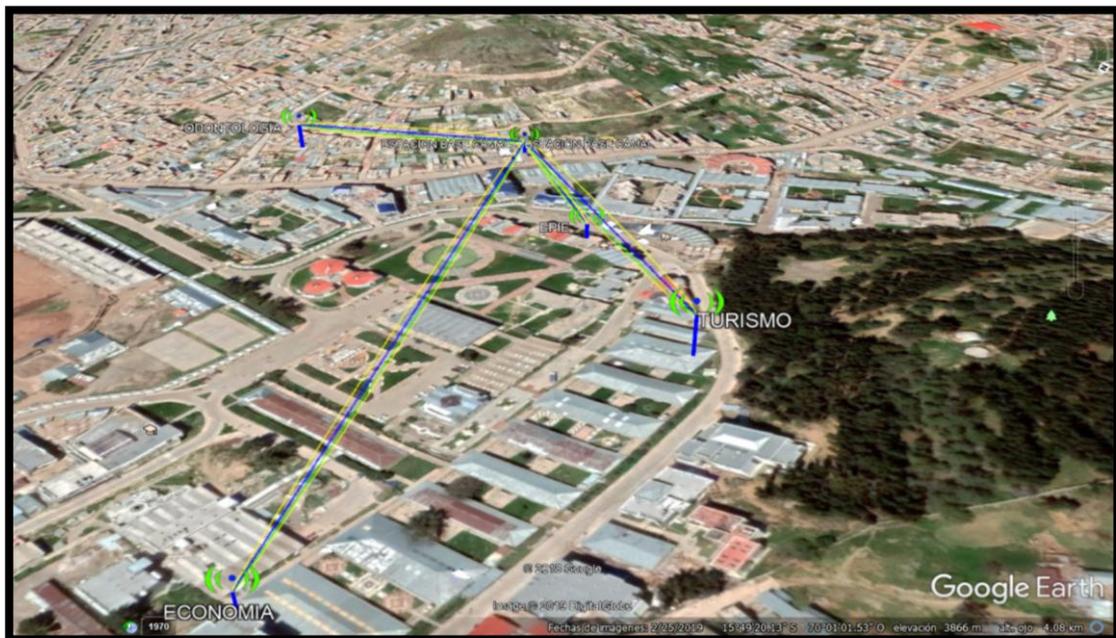
Figura N° 3.30: Simulación exportada al GOOGLE EARTH.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En la captura de pantalla se ve claramente el RADIOENLACE (Exportada al GOOGLE EARTH) desde la estación base (Camal) hasta la E.P. de Turismo de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en dónde se puede ver claramente la gráfica correspondiente.

Figura N° 3.31: Mapa del RADIOENLACE en el GOOGLE EARTH.



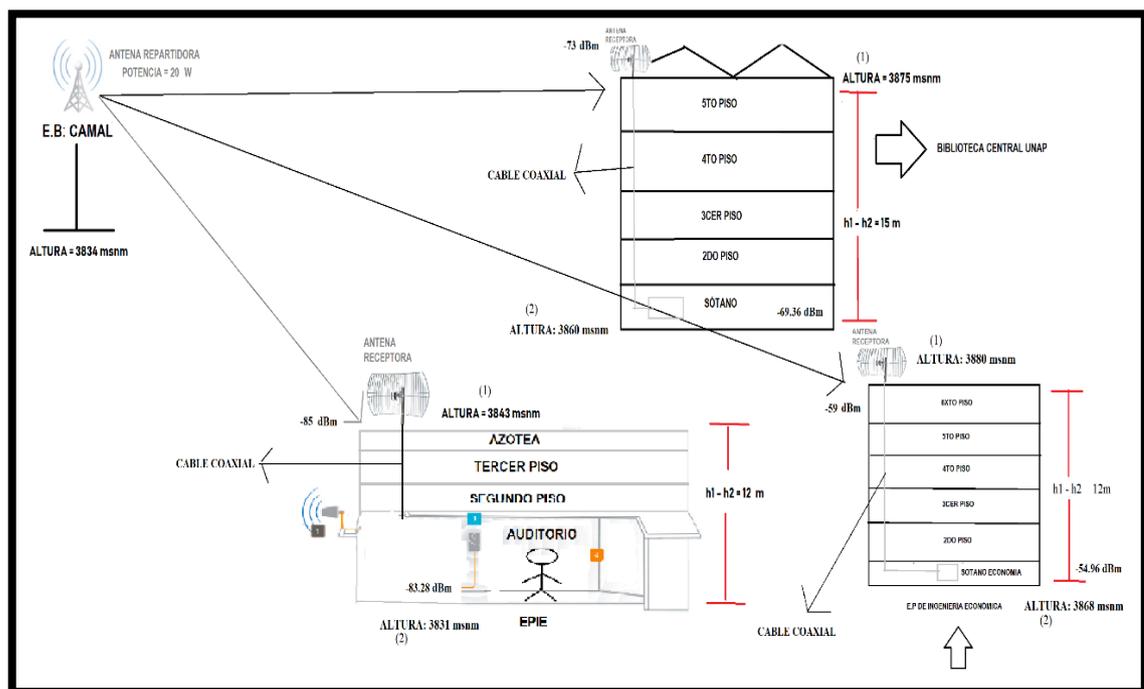
Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: En la presente figura se puede apreciar el mapa completo respecto al RADIOENLACE realizado con el programa RADIOMOBILE, vista desde GOOGLE EARTH, con todos los puntos correspondientes.

3.8.5 Cálculo de diseño de radioenlace entre la Estación Base Camal y los puntos donde se ubican las zonas oscuras

Para culminar con el diseño del sistema, es importante realizar el cálculo de diseño de radioenlace entre la Estación base Camal y los puntos donde se ubican las zonas oscuras, en estas zonas se ubicarán las antenas indoor de los amplificadores bidireccionales en el sistema de Radio Enlace. Se considera cada una de las partes que hacen posible llevar a cabo ello, asimismo tomar muy en cuenta los diferentes fenómenos existentes, para realizar un correcto diseño del Radioenlace. Se tomó en cuenta la señal de recepción donde está ubicada la antena outdoor del amplificador bidireccional.

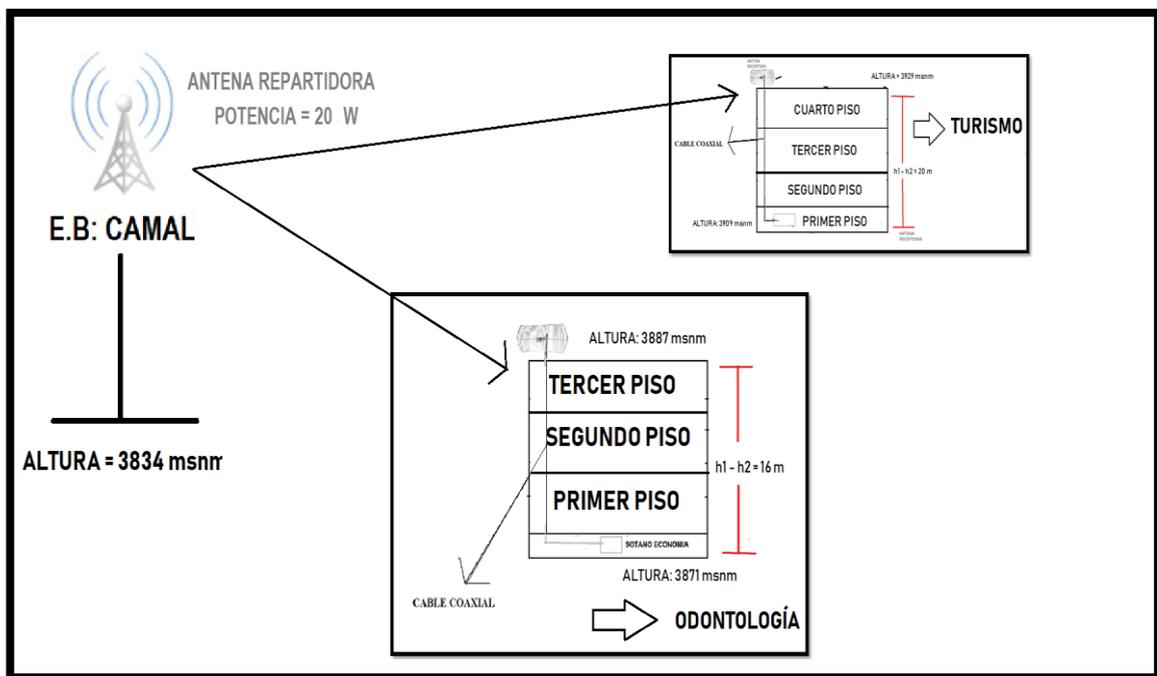
Figura N° 3.32: Puntos para el diseño del Radioenlace entre la Estación Base Camal hacia los 3 puntos (E.P DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, BIBLIOTECA CENTRAL Y LA E.P DE INGENIERÍA ECONÓMICA).



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: Se puede apreciar claramente todo el diagrama correspondiente para realizar el diseño del Radioenlace entre la Estación Base Camal y los 3 puntos donde se ubican las zonas oscuras o sin señal de telefonía móvil, señalizados correctamente. También en la figura están los datos respecto a las alturas, mínimas como máximas y las diferencias de estas, asimismo la ubicación de las repetidoras en cada uno de los ambientes, cuyos datos nos servirán para los cálculos matemáticos posteriores.

Figura N° 3.33: Puntos para el diseño del Radioenlace entre la Estación Base Camal hacia los 2 puntos faltantes (E.P DE ODONTOLOGÍA Y LA E.P DE TURISMO).



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: Se puede apreciar claramente todo el diagrama correspondiente para realizar el diseño del Radioenlace entre la Estación Base Camal y los otros 2 puntos, como son la E.P de Odontología y Turismo de la primera casa superior de estudios, como se ve claramente en la imagen del diseño.

3.8.5.1 Datos utilizados para los cálculos correspondientes

El cable coaxial será de tipo RG - 58 au, para el sistema se usará el valor de 0.08 dB/m, para una frecuencia aproximada de 1GHz = 1000 MHz (valor aproximado a la frecuencia del sistema, frecuencia mínima = 824 MHz y frecuencia máxima = 835 MHz).

Para la potencia de transmisión en el punto donde se ubica la antena outdoor se considera el nivel de recepción obtenido con el celular.

El nivel de campo mínimo deseable deberá ser superior a: -85 dBm en 829.5 MHz, para obtener una óptima comunicación. Para los cálculos se trabajará con el valor mínimo de -85 dBm para:

Ganancia de la antena outdoor: 12 dBi

Ganancia de la antena indoor: 5 dBi

Ganancia de la antena Rx: 10 dB

Ganancia del amplificador: 5 dB

Perdida por conectores: 1 dB

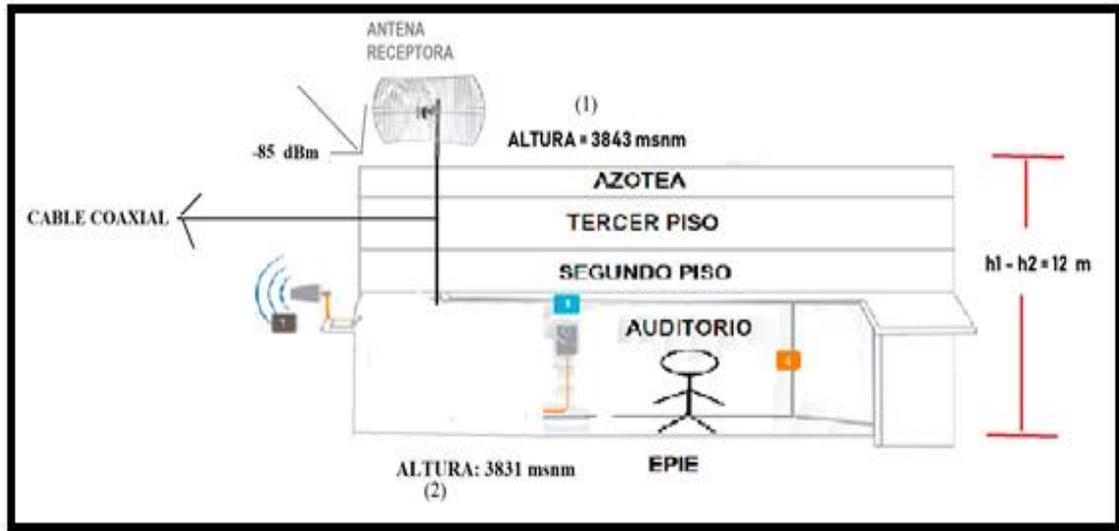
Otras pérdidas: 3 dB.

3.8.5.2 Cálculo de diseño de enlace entre la antena outdoor y los puntos donde se ubican las zonas oscuras (antena indoor)

Se va a considerar un valor de -85 dBm en las zonas más altas para todos los lugares que se va a amplificar, debido a que es un valor etiquetado como NORMAL en lo que se refiere a calidad de señal, según los niveles de potencia celular (Lazo, 2014).

a) E.P DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Figura. N° 3.34: Gráfica respecto al diseño, específicamente a la EPIE.



Elaboración propia.

CALCULO DE POTENCIA DE SEÑAL CON LA QUE LLEGARÁ A LA ZONA SIN COBERTURA DE LA EPIE:

Potencia de transmisión en el punto donde se ubica la antena outdoor: $P_{TX} = -85 \text{ dBm}$

$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - \text{Perd. } L_{TX} - \text{Perd. Conec.} + G_{amp. \text{ bid.}} + G_{TX \text{ indoor}} - \text{otras pérdidas}$

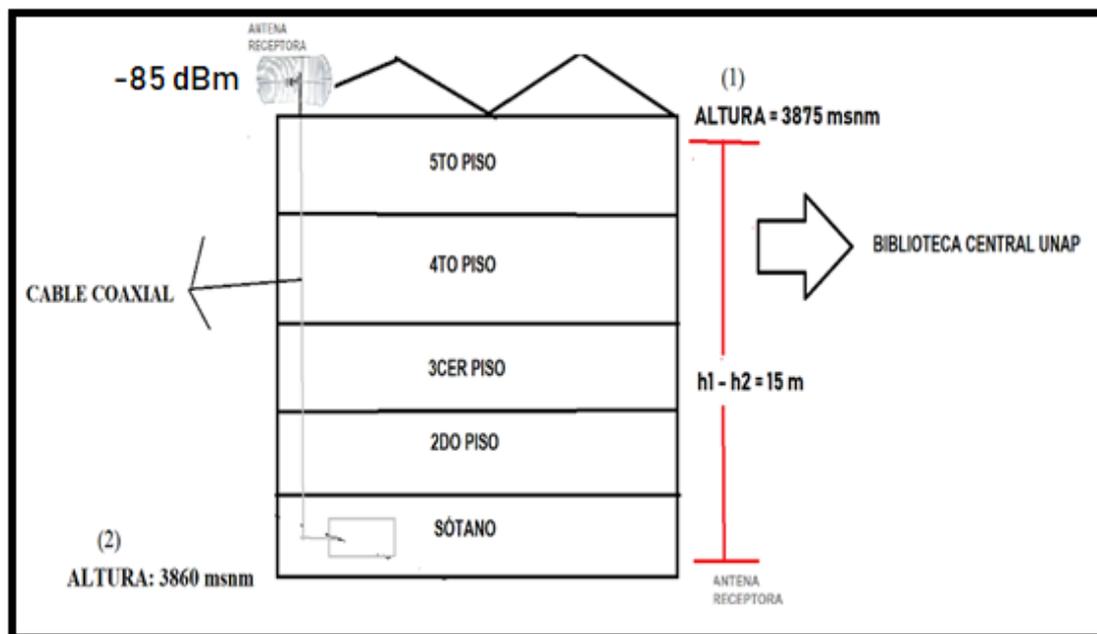
$$P_{RX} = -85 \text{ dBm} + 10 \text{ dBi} - 12\text{m} \times 0.08 \text{ dB/m} - 1 \text{ dB} + 5 \text{ dB} + 5\text{dBi} - 3\text{dB}$$

$$P_{RX} = - 69.96 \text{ dBm.}$$

Que es un valor adecuado para una señal de muy buena calidad según tabla N° 1.

b) BIBLIOTECA CENTRAL UNAP

Figura N° 3.35: Gráfica respecto al diseño en la BIBLIOTECA CENTRAL UNAP.



Elaboración propia.

CALCULO DE POTENCIA DE SEÑAL CON LA QUE LLEGARÁ A LA ZONA SIN COBERTURA DE LA BIBLIOTECA CENTRAL:

Potencia de transmisión en el punto donde se ubica la antena outdoor: $P_{TX} = -73 \text{ dBm}$

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - \text{Perd. } L_{TX} - \text{Perd. Conec.} + G_{amp. \text{ bid.}} + G_{TX} \text{ indoor} - \text{otras pérdidas}$$

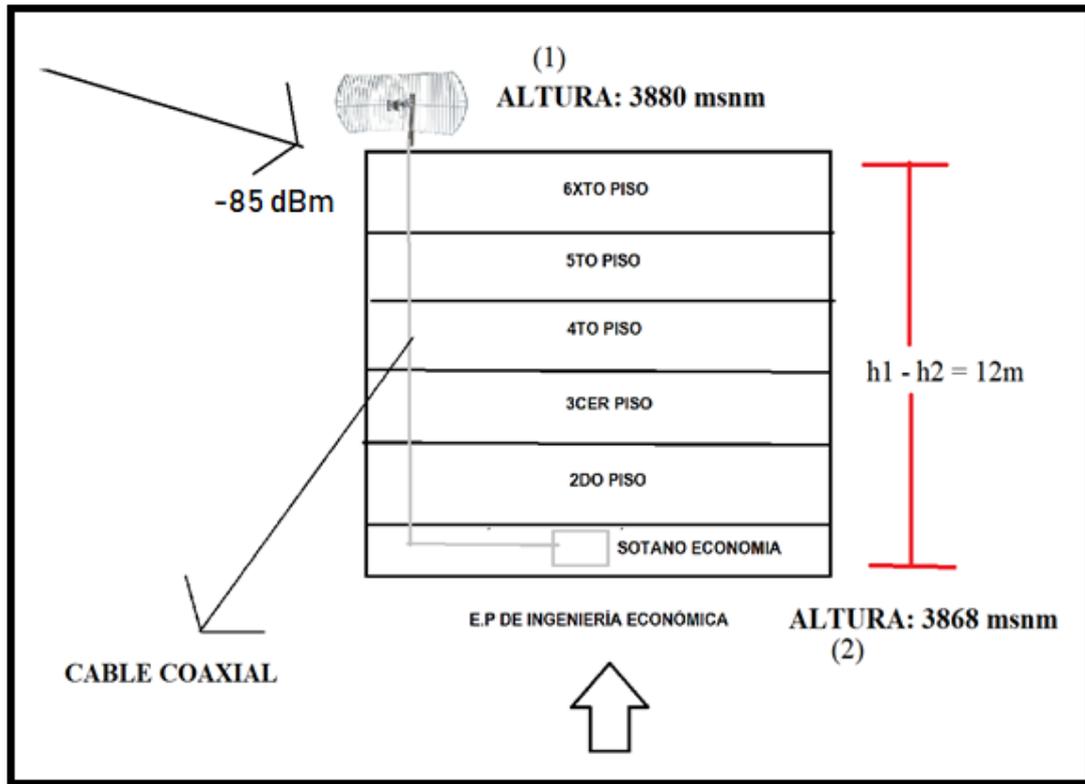
$$P_{RX} = -85 \text{ dBm} + 10 \text{ dBi} - 15\text{m} \times 0.08 \text{ dB/m} - 1 \text{ dB} + 5 \text{ dB} + 5\text{dBi} - 3\text{dB}$$

$$P_{RX} = -69.2 \text{ dBm.}$$

Que es un valor adecuado para una señal de muy buena calidad según tabla N° 1.

c) E.P DE INGENIERÍA ECONÓMICA

Figura N° 3.36: Gráfica respecto al diseño en la E.P de Ingeniería Económica.



Elaboración propia.

CALCULO DE POTENCIA DE SEÑAL CON LA QUE LLEGARÁ A LA ZONA SIN COBERTURA DE LA E.P DE INGENIERÍA ECONÓMICA:

Potencia de transmisión en el punto donde se ubica la antena outdoor: $P_{TX} = -73 \text{ dBm}$

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - \text{Perd. } L_{TX} - \text{Perd. Conec.} + G_{amp. \text{ bid.}} + G_{TX} \text{ indoor} - \text{otras pérdidas}$$

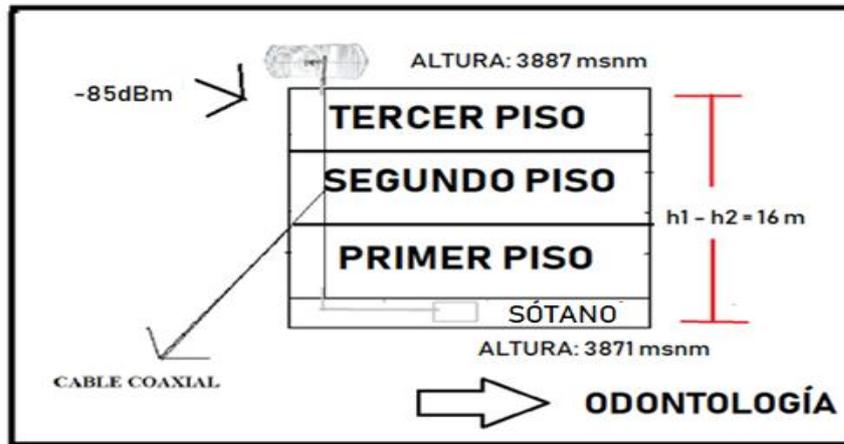
$$P_{RX} = -85 \text{ dBm} + 10 \text{ dBi} - 12\text{m} \times 0.08 \text{ dB/m} - 1 \text{ dB} + 5 \text{ dB} + 5\text{dBi} - 3\text{dB}$$

$$P_{RX} = -69.96 \text{ dBm.}$$

Que es un valor adecuado para una señal de muy buena calidad según tabla N° 1.

d) E.P DE ODONTOLOGÍA

Figura N° 3.37: Gráfica respecto al diseño en la E.P de Odontología.



Elaboración propia.

CALCULO DE POTENCIA DE SEÑAL CON LA QUE LLEGARÁ A LA ZONA SIN COBERTURA DE LA E.P DE ODONTOLOGÍA:

Potencia de transmisión en el punto donde se ubica la antena outdoor: $P_{TX} = -73 \text{ dBm}$

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - \text{Perd. } L_{TX} - \text{Perd. Conec.} + G_{amp. \text{ bid.}} + G_{TX} \text{ indoor} - \text{otras pérdidas}$$

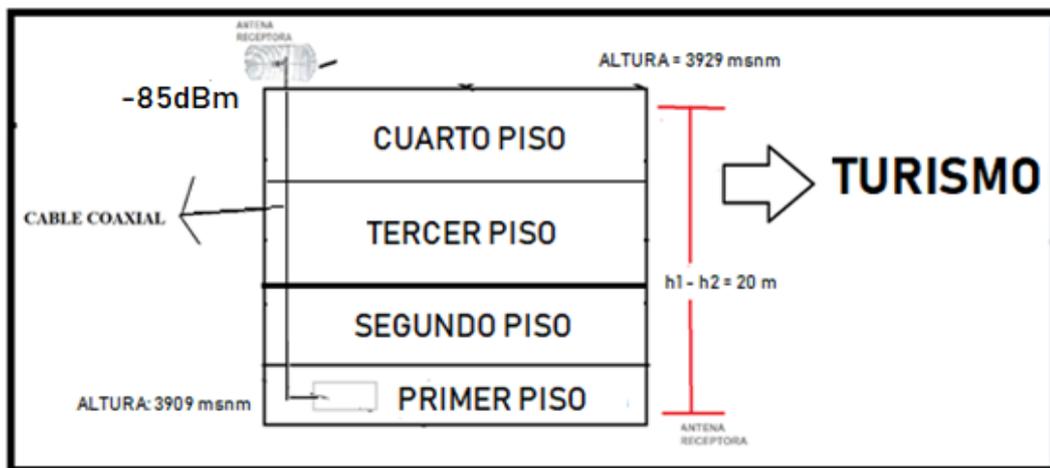
$$P_{RX} = -85 \text{ dBm} + 10 \text{ dBi} - 16\text{m} \times 0.08 \text{ dB/m} - 1 \text{ dB} + 5 \text{ dB} + 5\text{dBi} - 3\text{dB}$$

$$P_{RX} = -70.28 \text{ dBm.}$$

Que es un valor adecuado para una señal de muy buena calidad según tabla N° 1.

e) E.P DE TURISMO

Figura N° 3.38: Gráfica respecto al diseño en la E.P de Turismo.



Elaboración propia.

CALCULO DE POTENCIA DE SEÑAL CON LA QUE LLEGARÁ A LA ZONA SIN COBERTURA DE LA E.P DE TURISMO:

Potencia de transmisión en el punto donde se ubica la antena outdoor: $P_{TX} = -73 \text{ dBm}$.

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - \text{Perd. } L_{TX} - \text{Perd. Conec.} + G_{amp. \text{ bid.}} + G_{TX \text{ indoor}} - \text{otras pérdidas}$$

$$P_{RX} = -85 \text{ dBm} + 10 \text{ dBi} - 20\text{m} \times 0.08 \text{ dB/m} - 1 \text{ dB} + 5 \text{ dB} + 5\text{dBi} - 3\text{dB}$$

$$P_{RX} = -70.6 \text{ dBm.}$$

Que es un valor adecuado para una señal de muy buena calidad según tabla N° 1.

Tabla N° 3.26: Datos numéricos respecto a la intensidad de señal YA AMPLIFICADA para los ambientes sin cobertura.

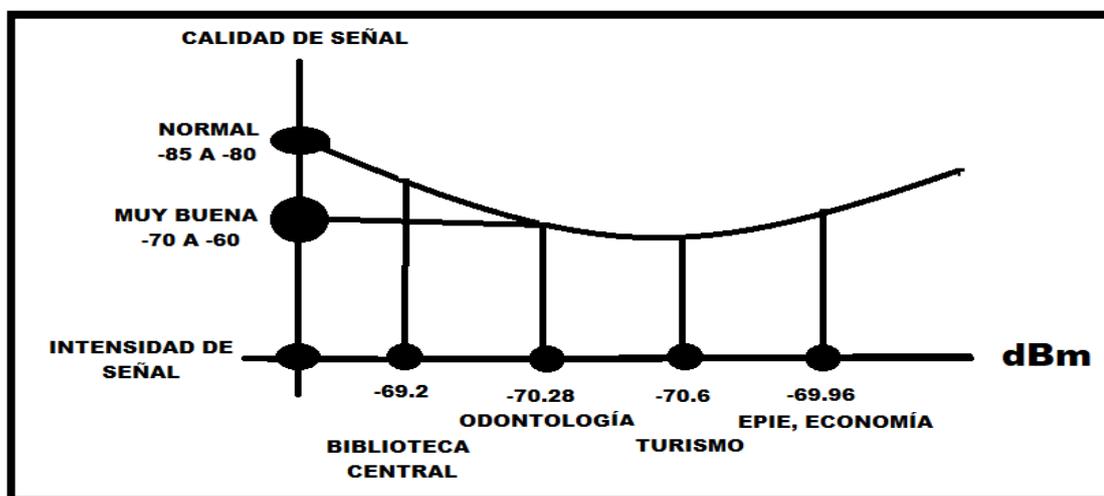
E.P / LUGAR	AMBIENTE	VALORES MEDIDOS (dBm)
TURISMO	PRIMER PISO	-70.6
BIBLIOTECA CENTRAL	SÓTANO	-69.2
ODONTOLOGÍA	SÓTANO	-70.28
ECONOMÍA	SÓTANO	-69.96
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	AUDITORIO	-69.96

Elaboración propia.

NOTA: Se logró dar cobertura para todas las zonas oscuras a un valor aproximado de -70 dBm, que está clasificada como MUY BUENA, según los niveles de potencia celular.

Gráfica obtenida respecto a la intensidad de señal para las zonas ya coberturadas

Figura N° 3.39: Diagrama intensidad de señal – calidad de señal.

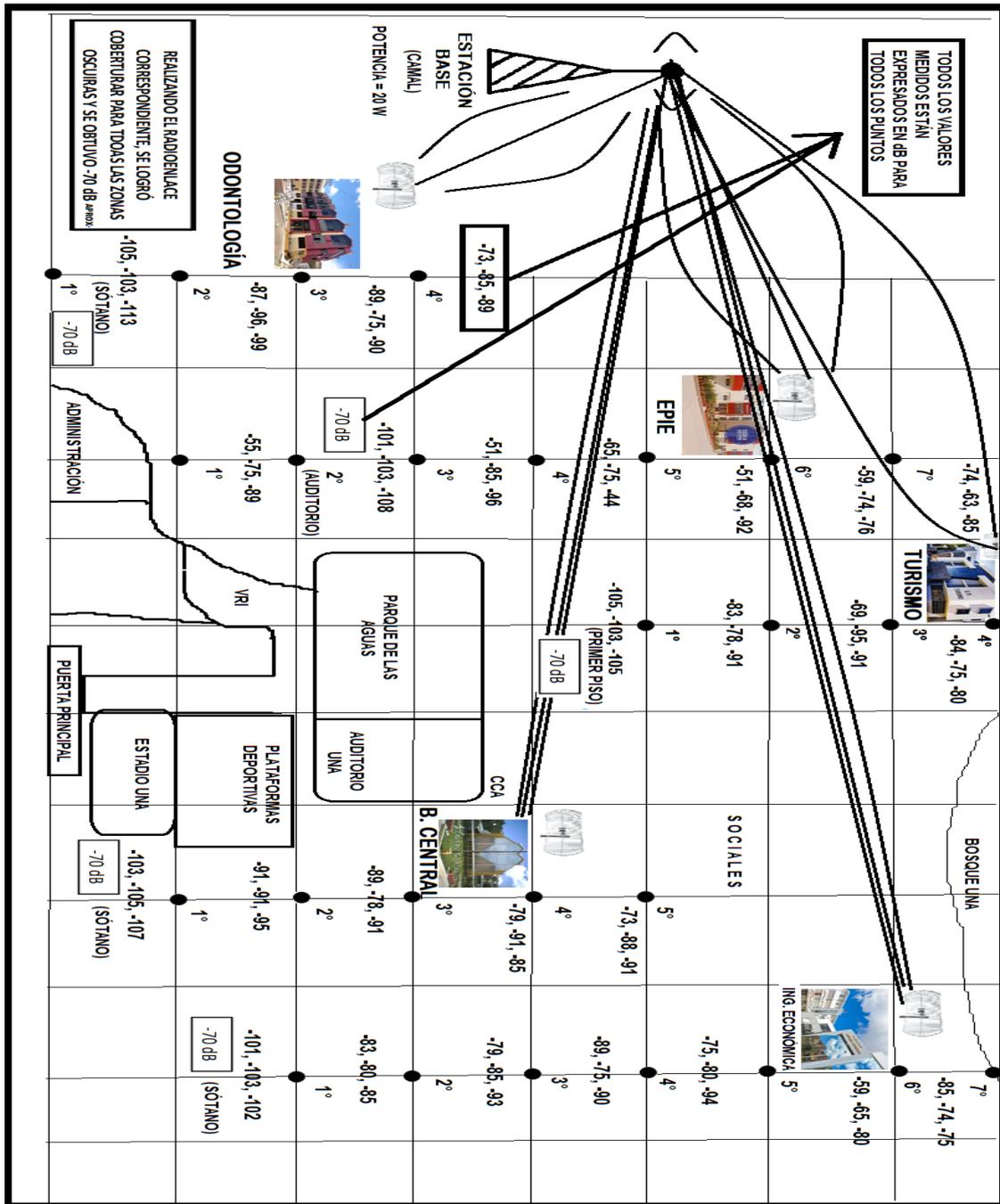


Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura N° 4.1: Caracterización del Radioenlace y los puntos correspondientes en donde se puede apreciar todo el resultado, correspondiente al presente trabajo de investigación.



Elaboración propia.

Tabla N° 4.1: Valores de intensidad de señal calculados para la ubicación de las antenas outdoor de los amplificadores bidireccionales de señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

E. P/AMBIENTE	LUGAR	VALOR CALCULADO (dBm)
TURISMO	TECHO (CUARTO PISO)	-28.7
BIBLIOTECA CENTRAL	CUARTO PISO	-26.45
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	AZOTEA	- 20.75
ODONTOLOGÍA	TECHO (TERCER PISO)	-21.34
ECONOMÍA	SEXTO PISO	-31.45

Elaboración propia.

Tabla N° 4.2: Valores de intensidad de señal calculados para las zonas oscuras de señal de telefonía móvil en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano.

E. P/AMBIENTE	LUGAR	VALOR CALCULADO (dBm)
TURISMO	PRIMER PISO	-70.6
BIBLIOTECA CENTRAL	SÓTANO	-69.2
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	AUDITORIO	- 69.96
ODONTOLOGÍA	SÓTANO	-70.28
ECONOMÍA	SÓTANO	-69.96

Elaboración propia.

DISCUSIÓN

CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS:

- A) De acuerdo a la revisión de la literatura, se puede comparar de que por ejemplo en la en el caso de la tesis llamada “Diseño de un amplificador RF para comunicaciones celulares con parámetros “s”, (Mandujano, 2014), el método aplicado es parecido al de la presente tesis de investigación, debido a que se hace uso de repetidores celulares porque el problema es muy similar, que es la falta de cobertura celular, sin embargo no resaltan mucho la importancia de software libres, y/o otras aplicaciones libres.
- B) Por otro lado en el artículo denominado “Cómo aumentar la señal 3G en casa o la oficina” (Concepción, 2014), comenta sobre cómo mejorar la señal celular, pero

en lugares más pequeños, para ello emplea un repetidor celular, sin embargo como en la tesis de (Mandujano, 2014) , tampoco hacen uso de software libres como el RADIOMOBILE, que es el que se ha empleado en la presente tesis de investigación, pero también emplea métodos similares, la gran diferencia está en que la presente tesis de investigación, engloba a toda la UNA PUNO, en cambio en la encontrada en la revisión bibliográfica trabaja en pequeños espacios, y por ende emplea un amplificador o repetidor celular con menor rango y potencia.

En ambos casos, haciendo la respectiva contrastación de los resultados obtenidos con la presente tesis de investigación con las encontradas previamente en la revisión de literatura, la diferencia está en la METODOLOGÍA empleada para la solución del problema principal planteado, en la presente tesis de investigación se valoró mucho por ejemplo el uso de aplicaciones libres, para poder obtener las coordenadas (GPS) , entre otros datos, esto debido a que el programa RADIO MOBILE lo requiere indispensablemente, para poder hacer el RADIOENLACE de un punto a otro y los demás cálculos correspondientes.

CONCLUSIONES

PRIMERO: Se logró obtener la mejor ubicación, dicha información se corrobora con el programa RADIOMOBILE, GOOGLE EARTH para las antenas outdoor de los amplificadores bidireccionales mediante el estudio de campo y cálculos teóricos; así como la infraestructura requerida fue la más óptima para poder ubicar dichas antenas, con línea de vista hacia la estación base Camal.

SEGUNDO: Se logró el diseño de un sistema basado en amplificadores bidireccionales y dando así la solución frente al problema planteado anteriormente, ubicando las antenas outdoor, antenas indoor y obteniéndose resultados óptimos en las zonas oscuras de señal de telefonía móvil, con un nivel aceptable, y considerando todas las pérdidas correspondientes.

TERCERO: Se obtuvo los siguientes datos numéricos, en la E.P de Ingeniería Electrónica -69.96 dBm, en la Biblioteca Central UNAP -69.2 dBm, en la E.P de Ingeniería Económica -69.96 dBm, en la E.P de Odontología -70.28 dBm, y finalmente en la E.P de Turismo -70.6 dBm, todos estos valores están en un rango aceptable de cobertura, dado que una señal perfecta oscila entre los -50 dBm hasta los -85 dBm.

CUARTO: El MAPS.ME, fue una aplicación muy útil para la ubicación de las coordenadas, así como también la altura correspondiente de los 5 ambientes con los que se trabajó, tales como la E.P de Ingeniería Electrónica, E.P de Turismo, E.P de Ingeniería Económica, E.P de Odontología y finalmente la Biblioteca Central de la primera casa superior de estudios.

RECOMENDACIONES

PRIMERO: Para este tipo de investigaciones en dónde está involucrado las redes de telefonía celular, y en donde se quiere hacer un análisis y diseño , se debe tener en cuenta el uso de diferentes plataformas tecnológicas y/o software libres que nos pueden ser de muchísima ayuda, entre ellos el GPS (para obtener coordenadas exactas de un lugar en específico), en este caso se usó una aplicación llamada “MAPS.ME” que tiene mapas ya descargados de todo el Mundo, y que también brinda la latitud y longitud del lugar que deseemos tener información. El uso de programas y/o aplicaciones que nos permitan hacer simulaciones de RADIOENLACE, como el Radio Mobile, que es un programa de simulación de radio enlaces y es gratuito que nos sirve para operar dentro del rango de 20 MHz a 20 GHz, basado en el modelo de propagación ITS (Irregular Terrain Model), fue muy importante para poder realizar un correcto trabajo de investigación del proyecto de tesis.

SEGUNDO: Se debe tener en cuenta de que para hacer una correcta simulación de un Radio Enlace de una estación base hacia un determinado ambiente, lo primordial es obtener coordenadas exactas de las estaciones base cercanas que podamos identificar haciendo uso del GPS y saber cuántas antenas de telefonía celular están ubicadas en alrededores del ambiente que queremos amplificar señal móvil e informarse sobre los valores de la ganancia que presenta esta estación base y sus respectivas características, todo esto para que hagamos un correcto cálculo matemático con el programa RADIO MOBILE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antenas y líneas de transmisión. (2010). Recuperado de: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/45081/131544.pdf?sequence=1>
- Asstic Perú, (2013). Repetidores Celulares. Recuperado de:
<http://assticperu.com/como-se-cual-repetidor-para-celulares-sera-mejor-para-mi-casa.html>
- Azumi 12z. (2016). Azumi Mobile. Recuperado de:
<http://www.azumi-mobile.com/es/equipos/>
- Buettrich, Sebastian, S. B. (2007). Cálculo de radioenlace.. Recuperado de:
http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf
- Cabello, Carlos, C. C. (2014). Repetidores WiFi, cómo tener la cobertura perfecta en nuestro hogar. Recuperado de: <https://www.nobbot.com/tecnologia/mi-conexion/repetidores-wifi-como-tener-la-cobertura-perfecta-en-nuestro-hogar/>
- Carrod (2014). Cable coaxial. Recuperado de: <https://www.carrod.mx/products/cable-coaxial-rg59-economico>
- Concepción Salza, César, C. C. S. (2014). Como aumentar la señal 3G en casa o la oficina. Recuperado de: <https://www.zonamovilidad.es/como-aumentar-la-senal-3g-en-casa-o-la-oficina.html>
- Csmobiles (2015). Huawei P8. Recuperado de: <https://csmobiles.com/es/Moviles/8989-huawei-p8-lite-16gb-negro-6901443059157.html>

D'almeida, Fabricio, F. D., & Margot, Diego, D. M. (2018). Redes de acceso de muy alta velocidad e Internet Móvil de Banda Ancha -Tecnologías, regulación y aspectos comerciales. Recuperado de: <http://ribuni.uni.edu.ni/2447/1/93060.pdf>

Empretel (2015). Amplificador Bidireccional de 2.4 GHZ potencia 1000 miliwatts.

Recuperado de: <http://empretel.com.mx/amplificadores/799-amplificador-bidireccional-exterior-24-ghz-potencia-1000-miliwatts-.html>

El tiempo, (1994). Qué es la telefonía celular. Recuperado de:

<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-135410>

ETSIT-UPM, (2017). Software Radio Mobile

Fernández Salmerón, Víctor, V. F. S. (2010). Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS. Recuperado de:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>

Flores, José, J. F. (2018). Qué es la zona Fresnel. Recuperado de:

https://www.academia.edu/6441199/Que_es_Zona_De_Fresnel

HandCell Comunicaciones (2015). Antena Externa Omnidireccional. Recuperado de:

<https://www.handcell.com.ar/Productos-Amplificador-Combinador-Antena>

Huawei, (2015). Huawei P8. Recuperado de:

<https://consumer.huawei.com/es/search/?keyword=Huawei%20P8%202015>

Lazo Llancachagua, Luis Antonio, L.A.L.L. (2014). Diseño y simulación de un repetidor

de telefonía celular en la banda de 850 MHz para zona rural. Recuperado de:

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5959/LAZO_LUIS_DISE%c3%91O_SIMULACION_REPETIDOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mandujano Tolentino, Anita Angela, A.A.M.T. (2014). Diseño de un amplificador RF para comunicaciones celulares con parámetros S. Recuperado de:

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5410>

Martínez Imaz, Ana, A. M. I. (2013). ¿Por qué se queda mi móvil sin cobertura?

Recuperado de: <https://blogthinkbig.com/telefonía-móvil-como-funciona>

Radiocomunicaciones, (2016). Recuperado de:

http://www.radiocomunicaciones.net/antenas-direccionales/55-antena-direccional-rby500-12g.html#/109-frecuencia-660_800_mhz

Ríos Solar, Jorge Juan Eduardo, J. J. E. R. S. (2013). ESTUDIO DE RADIACIONES NO IONIZANTES PARA UNA ESTACIÓN BASE GSM 850 MHZ UBICADA EN LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO DE TRUJILLO. Recuperado de:

<http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/781>

Rivero Jara, Carlos Eduardo, C. E. R. J. (2012). Impacto de la Telefonía Móvil en los centros poblados de Huaracalla, Huaylla y Huandobamba del distrito de Ambo, Provincia de Ambo, Región Huánuco.. Recuperado de:

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/1323>

Sametband, Ricardo, R. S. (2012). Un mapa que muestra donde hay mejor señal celular.

Recuperado de: <https://www.lanacion.com.ar/tecnologia/crean-un-mapa-que-muestra-donde-hay-mejor-senal-de-celular-nid1474138>

Samsung, (2011). Samsung Galaxy Y. Recuperado de:

- <https://www.samsung.com/es/consumer/mobile-phone/smartphones/galaxy/GT-S5360MAAPHE/>
- Sanchez Henckell, H. S., & Grey Franck, F. G. (2012). Amplificador clase F para telefonía móvil celular. Recuperado de:
- <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/16359>
- Smart-Gsm (2011). Samsung Galaxy. Recuperado de: <https://www.smart-gsm.com/moviles/samsung-galaxy-y-s5360>
- Torres, Ariel, A. T. (2015). Mapas cooperativos de cobertura celular. Recuperado de: <https://www.lanacion.com.ar/tecnologia/mapas-cooperativos-de-cobertura-celular-nid1803295>
- Vela Remache, Pablo Andrés, P. A. V. R. (2015). Estudio y diseño de un Radioenlace para transmisión de datos e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena “alfa” y “omega” utilizando equipos Airmax de Ubiquiti.. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10776>
- Vidaurre Gonzales, Eder Paúl, E. P. V. G. (2015). Propuesta de instalación de una estación repetidora celular para mejorar la comunicación en el campamento Puente JME. Recuperado de:
- http://repositorio.umb.edu.pe/bitstream/UMB/55/1/Eder_Vidaurre.pdf
- Vila Descamps, Laia, L. D. V., Pérez Navarro, Antoni, A. P. N., & Conesa Caralt, Jordi, J. C. C. (2013). Integración de un sistema de posicionamiento indoor en aplicaciones SIG para dispositivo móvil.. Recuperado de http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre2013/uploads/articulos_13/a29.pdf

Villota Coral, Jhonny Alexander, J. A. V. C. (2016). Diseño de un sistema de antenas distribuidas multi-operadora para mejorar la cobertura celular 3G en el edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16086>

WikiHow, (2017). Cable Coaxial. Recuperado de:

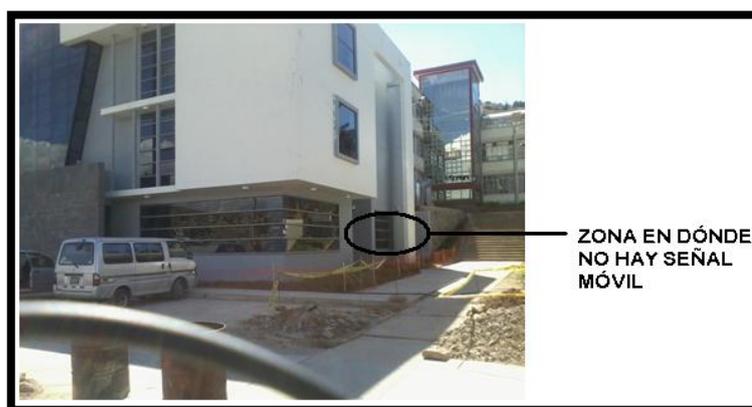
<https://www.wikihow.com/Strip-Coax-Cable>

ANEXOS

ANEXO 1:

- Fotos de algunos ambientes de la Universidad Nacional del Altiplano en dónde se comprobó la cobertura móvil.

Figura N° 1: Escuela Profesional de Turismo.



Elaboración propia.

Figura N° 2: Primer piso de la escuela Profesional de Turismo.



Elaboración propia.

ANEXO 2: Capturas de pantalla respecto a la intensidad de señal de las diferentes zonas en la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Figura N° 3: Intensidad de señal (auditorio de Turismo).

Estado	Estado	Estado
Estado de la batería Descargando	Estado de la batería Descargando	Estado de la batería Descargando
Número de teléfono Desconocido	Número de teléfono Desconocido	Número de teléfono Desconocido
Red Claro	Red Movistar	Red entel
Intensidad de la señal -105 dBm 4 asu	Intensidad de la señal -103 dBm 5 asu	Intensidad de la señal -105 dBm 4 asu
Tipo de red móvil EDGE	Tipo de red móvil GPRS	Tipo de red móvil EDGE
Estado de servicio	Estado de servicio	Estado de servicio

Elaboración propia.

Figura N° 4: Segundo piso de la escuela profesional de Turismo



Elaboración propia.

Figura N° 5: Tercer piso de la escuela profesional de Turismo.



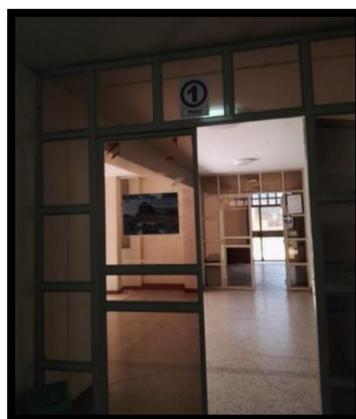
Elaboración propia.

Figura N° 6: Escuela Profesional de Ingeniería Económica.



Elaboración propia.

Figura N° 7: Primer piso de la Escuela Profesional De Ingeniería Electrónica.



Elaboración propia.

Figura N° 8: Capturas de pantalla de las intensidades de señal.



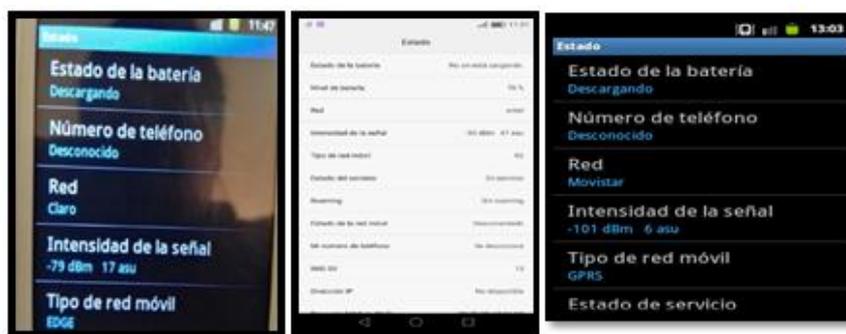
Elaboración propia.

Figura N° 9: Segundo piso.



Elaboración propia.

Figura N° 10: Capturas de pantalla de la intensidad de señal.



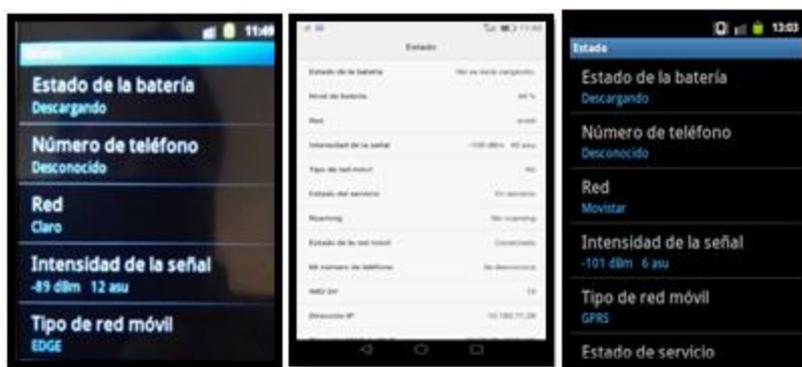
Elaboración propia.

Figura N° 11: Tercer piso de Economía.



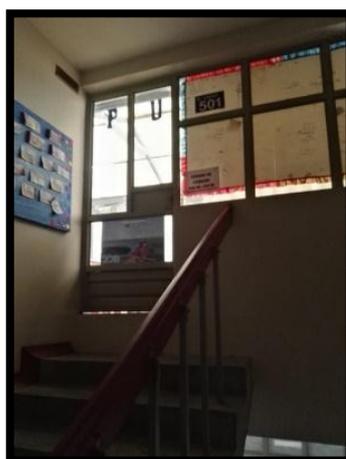
Elaboración propia.

Figura N° 12: Capturas de pantalla de las intensidades de señal obtenidas en este ambiente.



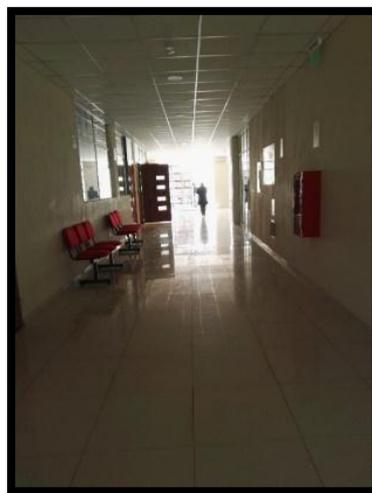
Elaboración Propia.

Figura N° 13: Cuarto piso de la Escuela Profesional de Economía.



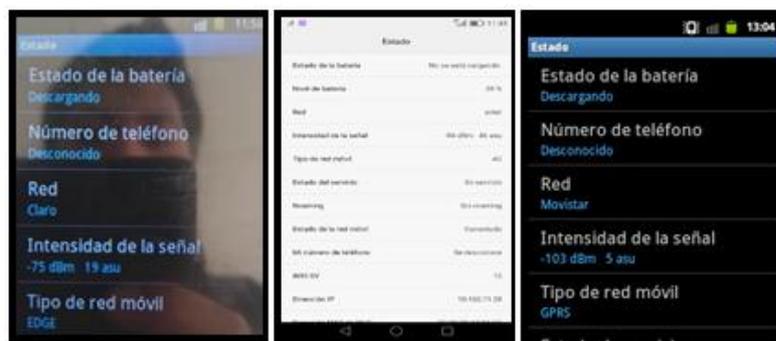
Elaboración propia.

Figura N° 14: Quinto piso.



Elaboración propia.

Figura N° 15: Capturas de pantalla.



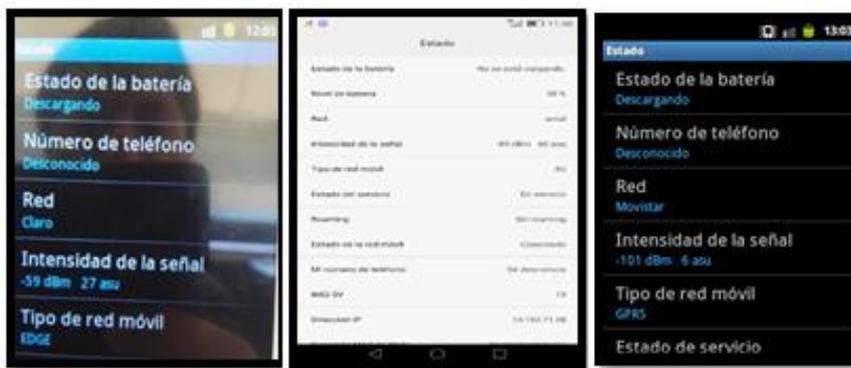
Elaboración propia.

Figura N° 16: Último piso de la Facultad de Economía.



Elaboración propia.

Figura N° 17: Capturas de pantalla de las intensidades de señal.



Elaboración propia.

Figura N° 18: Sótano de la Facultad de Economía.



Elaboración propia.

Figura N° 19: Capturas de pantalla de la intensidad de señal.



Elaboración propia.

Figura N° 20: Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: Comprobaremos la intensidad y cobertura de señal móvil de las diversas operadoras de telefonía celular, también en la prestigiosa Escuela Profesional.

Figura N° 21: Sala de centros de estudiantes.



Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN: Verificaremos la situación de la cobertura celular de las diferentes operadoras primeramente, en este ambiente.

Figura N° 22: Capturas de pantalla.



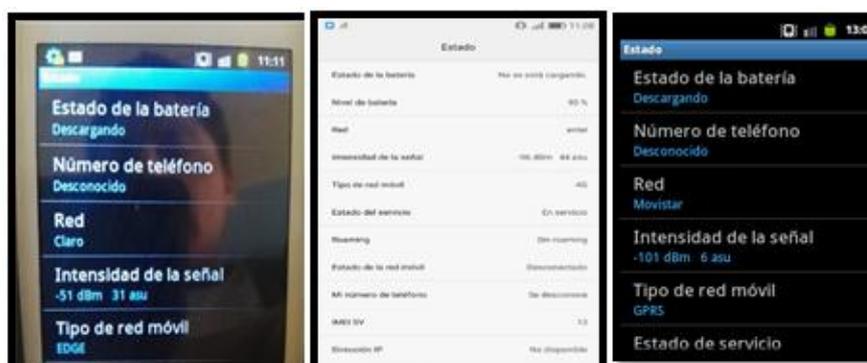
Elaboración propia.

Figura N° 23: Biblioteca especializada.



Elaboración propia.

Figura N° 24: Capturas de pantalla.



Elaboración propia.

Figura N° 25: Primer piso de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.



Elaboración propia.

Figura N° 26: Captura de pantalla.



Elaboración propia.

Figura N° 27: Segundo piso de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.



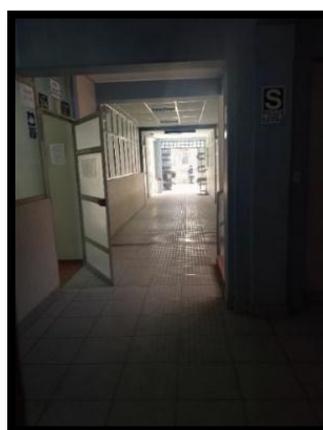
Elaboración propia.

Figura N° 28: Capturas de pantalla.



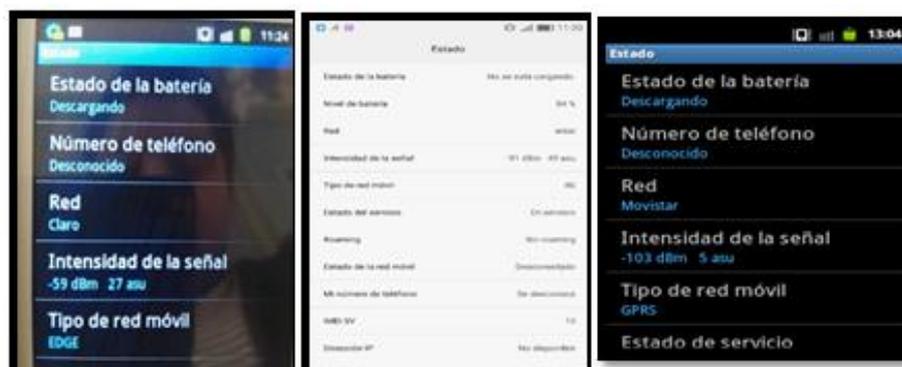
Elaboración propia.

Figura N° 29: Tercer piso.



Elaboración propia.

Figura N° 30: Capturas de pantalla.



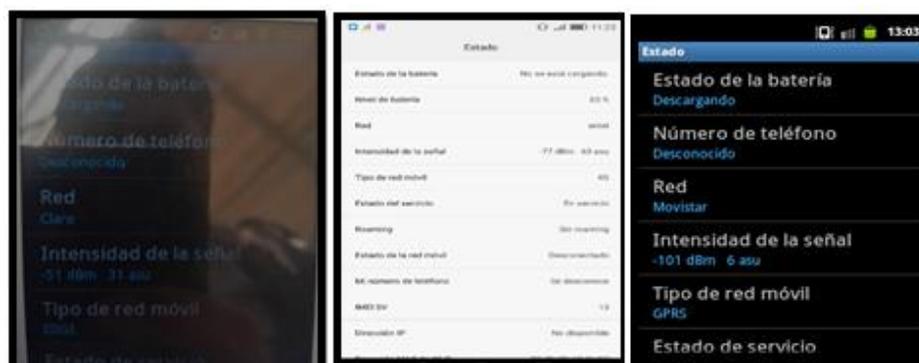
Elaboración propia.

Figura N° 31: Techo de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.



Elaboración propia.

Figura N° 32: Capturas de pantalla.



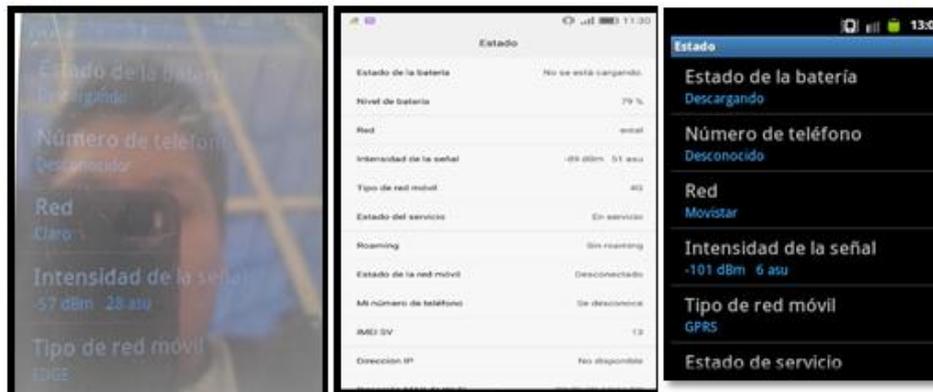
Elaboración propia.

Figura N° 33: Techo principal.



Elaboración propia.

Figura N° 34: Captura de pantalla.



Elaboración propia.

ANEXO 3: Datasheet de la antena direccional

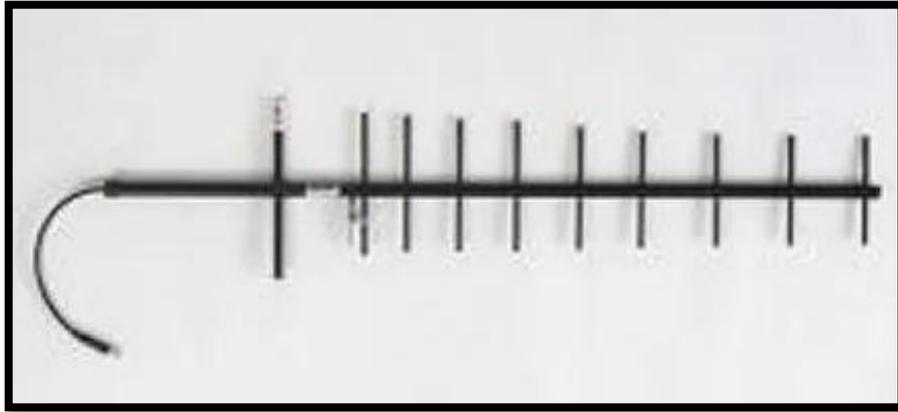
Antena Direccional RBY500-12G de gran robustez y durabilidad, con óptimo rendimiento en gran ancho de banda.

Las características más importantes de la Antena Direccional RBY500-12G son:

- Frecuencia: 470-800 MHz (Según modelo)
- Ganancia: 12 dBd / 14.15 dBi
- Potencia máx: 150 W
- Elementos: 10
- Polarización Vertical u Horizontal
- Relación frente / espalda: > 20 dB
- R.O.E. $\leq 1,5$
- Impedancia: 50 Ω
- Conector N hembra
- Ancho de haz a -3 dB: Vertical 46° / Horizontal 54°
- Protección Aterrizada
- Temperatura: -40 / 85 °C
- Humedad: 0-90%
- Viento >160 Km/h
- Longitud: 1.6 mts
- Peso: 4 Kg
- Montaje A mástil \varnothing 35-60 mm incluido

- Materiales: Aluminio pintado en epoxi negro.

Figura N° 35: Antena direccional.



Fuente: Radiocomunicaciones, 2016.