



“UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

“Diseño de una red inalámbrica de banda ancha para mejorar la transmisión de datos y voz de la organización Iglesia del Nazareno en el departamento de Lambayeque”

Tesis para optar al título de Ingeniero Electrónico

Elaborado por:

Fernández Castro Manuel Antonio

Asesor:

Segura Altamirano Francisco

Lambayeque, 2018

ÍNDICE TEMÁTICO

ÍNDICE TEMÁTICO	I
DEDICATORIA	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII

CAPITULO I:

INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN	1
<i>1.1 Descripción de la Institución</i>	2
<i>1.2 Ubicación de la Oficina Principal y sus sedes en el departamento Lambayeque</i> ...	4
<i>1.2.1 Iglesia del Nazareno Lambayeque (oficina principal)</i>	4
<i>1.2.2 Iglesia del Nazareno Lagartera</i>	5
<i>1.2.3 Iglesia del Nazareno Mórrope</i>	5
<i>1.2.4 Iglesia del Nazareno Pacora</i>	6
<i>1.2.5 Iglesia del Nazareno Jayanca</i>	6
<i>1.2.6 Iglesia del Nazareno Progreso</i>	7
<i>1.2.7 Iglesia del Nazareno Batangrande</i>	7
<i>1.3 Planificación estratégica de la Iglesia Nazareno</i>	8
<i>1.4 Diagnóstico General de la Red de la organización</i>	8

CAPITULO II:

ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO	9
<i>2.1 Título</i>	10
<i>2.2 Formulación del Problema</i>	10
<i>2.3 Objetivo del Proyecto</i>	10
<i>2.3.1 Objetivo General</i>	10
<i>2.3.2 Objetivos Específicos</i>	10
<i>2.4 Justificación e Importancia del Proyecto</i>	11
<i>2.5 Alcance del Proyecto</i>	11

CAPÍTULO III:

FUNDAMENTO TEÓRICO	12
3.1 <i>Introducción</i>	13
3.2 <i>Radioenlace</i>	14
3.2.1 <i>Clasificación de los Radioenlaces</i>	15
3.3 <i>Enlace Satelital</i>	17
3.4 <i>Propagación en el espacio libre</i>	19
3.4.1 <i>Pérdida de espacio libre</i>	20
3.4.2 <i>Antenas</i>	20
3.4.3 <i>Parámetros fundamentales de las antenas</i>	21
3.4.4 <i>Tipos de antenas</i>	22
3.4.5 <i>Zona de Fresnel</i>	24
3.4 <i>Medidas de seguridad en las redes inalámbricas</i>	25

CAPÍTULO IV:

ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE CONECTIVIDAD

4.1 <i>Análisis de Requerimientos</i>	27
4.2 <i>Alternativas de solución</i>	27
4.3 <i>Análisis de las alternativas de solución</i>	28
4.3.1 <i>Aspecto Técnico</i>	28
4.3.1 <i>Aspecto Económico</i>	29

CAPÍTULO V:

DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE BANDA ANCHA

5.1 <i>Determinación de los Puntos que forman parte de la red</i>	32
5.1.1 <i>Coordenadas Geográficas y alturas</i>	34
5.2 <i>Perfil y cálculo de los enlaces</i>	35
5.2.1 <i>Cálculo de ganancia y pérdidas de potencia en las redes inalámbricas</i>	36
5.3 <i>PROPUESTA TECNOLÓGICA</i>	38
5.3.1 <i>PROPUESTA N° 1</i>	38
5.3.1.1 <i>Enlace Principal (I. Lambayeque – I. Lagartera)</i>	42
5.3.1.2 <i>Enlace I. Lagartera – I. Mórrope</i>	46
5.3.1.3 <i>Enlace I. Lagartera – I. Las Delicias</i>	50

5.3.1.4 Enlace I. Lagartera – I. Pacora.....	54
5.3.1.5 Enlace I. Lagartera – I. Progreso	58
5.3.1.6 Enlace I. Pacora – I. Jayanca.....	62
5.3.1.7 Enlace I. Progreso – I. Batangrande	66
5.3.1.8 Enlace I. Pacora – I. Progreso (Enlace de Respaldo).....	70
5.3.1.9 Equipamiento e infraestructura necesaria	74
5.3.2 PROPUESTA N° 2	85
5.3.2.1 Enlace I. Lambayeque – I Pacora.....	88
5.3.2.2 Enlace I. Lagartera – I. Pacora (Enlace de Respaldo).....	92
5.3.2.3 Equipamiento e infraestructura necesaria	96
5.3.3 CONTRASTACIÓN DE PROPUESTAS.....	101

CAPÍTULO VI:

COSTO DE LA RED DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA.....	103
6.1 Costos del proyecto.....	104

CAPÍTULO VII:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
7.1 Conclusiones.....	110
7.2 Recomendaciones.....	111
BIBLIOGRAFÍAS Y ANEXOS	112
Bibliografía	113
Anexos.....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Lambayeque.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Lagartera.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Mórrope.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 4 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Pacora</i>	<i>6</i>
<i>Figura 5 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Jayanca.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 6 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Progreso</i>	<i>7</i>
<i>Figura 7 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Batangrande.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 8 fuente: Elaboración propia - Radioenlace microondas terrestre</i>	<i>14</i>
<i>Figura 9 fuente: http://cursomicrondas208018.blogspot.com/ - Radioenlace satelital ..</i>	<i>18</i>
<i>Figura 10 fuente: Elaboración propia - Propagación en el espacio libre.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 11 fuente: https://www.netpointmexico.com/ - Antenas</i>	<i>20</i>
<i>Figura 12 fuente: https://www.electropolis.es/mikrotik/ - Antena direccional.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 13 fuente: https://www.mikrotik-mexico.com.mx/ - Antena omnidireccional.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 14 fuente: https://www.mikrotik-mexico.com.mx/ - Antena sectorial.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 15 fuente: http://www.coimbraweb.com/- Zonas de Fresnel</i>	<i>24</i>
<i>Figura 16 fuente: Google Earth - Puntos que formarán parte del proyecto</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17 fuente: Google Earth – Diseño de la Red Inalámbrica</i>	<i>35</i>
<i>Figura 18 fuente Google Earth, Perfil de elevación Lambayeque – Lagartera.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 19 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Lagartera... </i>	<i>35</i>
<i>Figura 20 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Lagartera.. </i>	<i>35</i>
<i>Figura 21 fuente Google Earth - Perfil de elevación Mórrope – Lagartera.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 22 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Mórrope.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 23 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Mórrope.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 24 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lagartera-Las Delicias</i>	<i>35</i>
<i>Figura 25 fuente Radio Mobile, Simulación del radioenlace Lagartera-Las Delicias ...</i>	<i>35</i>
<i>Figura 26 fuente Radio Mobile, Simulación del radioenlace Lagartera-Las Delicias ...</i>	<i>35</i>
<i>Figura 27 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lagartera-Pacora</i>	<i>35</i>
<i>Figura 28 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Pacora.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 29 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Pacora.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 30 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lagartera-Progreso</i>	<i>35</i>

<i>Figura 31 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Progreso</i>	<i>35</i>
<i>Figura 32 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Progreso</i>	<i>35</i>
<i>Figura 33 fuente Google Earth - Perfil de elevación Pacora-Jayanca</i>	<i>35</i>
<i>Figura 34 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Pacora-Jayanca.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 35 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Pacora-Jayanca.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 36 fuente Google Earth - Perfil de elevación Progreso-Batangrande.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 37 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Progreso-Batangrande... 35</i>	<i>35</i>
<i>Figura 38 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Progreso-Batangrande... 35</i>	<i>35</i>
<i>Figura 39: fuente Google Earth, Perfil de elevación Pacora-Progreso.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 40 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Pacora-Progreso</i>	<i>35</i>
<i>Figura 41 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Pacora-Progreso</i>	<i>35</i>
<i>Figura 42 fuente: Google Earth - Diseño de la Red Inalámbrica.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 43 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lambayeque-Pacora</i>	<i>35</i>
<i>Figura 44 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Pacora.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 45 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Pacora.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 46 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lagartera-Pacora</i>	<i>35</i>
<i>Figura 47 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Pacora.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 48 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Pacora.....</i>	<i>35</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Fuente: Datos Iglesia del Nazareno, Elaboración Propia... ¡Error! Marcador no definido.</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2 Fuente: Elaboración Propia..... ¡Error! Marcador no definido.</i>	
<i>Tabla 3 Fuente: Elaboración Propia.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 4 Fuente: Elaboración Propia.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 5 Fuente: Datos Google Earth, Elaboración Propia.....</i>	<i>346</i>
<i>Tabla 6 Fuente: Elaboración Propia..... ¡Error! Marcador no definido.</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 7 Fuente: Google Earth, Elaboración Propia.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 8 Fuente: Google Earth, Elaboración Propia.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 9 Fuente: Google Earth, Elaboración Propia.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 10 Fuente: Elaboración Propia.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 11 Fuente: Elaboración Propia.....</i>	<i>120</i>

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre *Norma Castro Casusol* y a mi hermano *Angel Fernández Castro*, que son las personas que más amo en mi vida. Ellos son la mayor razón que tengo para lograr el éxito; y quienes con su amor, paciencia, apoyo incondicional, y ejemplo me motivan a seguir adelante a pesar de los obstáculos, inculcándome a luchar por un futuro mejor y lograr siempre mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

A Dios con todo mi corazón por su infinita gracia, por concederme la vida y el tiempo para alcanzar mi meta y darme aliento para continuar por este camino.

A la mujer más maravillosa del mundo, mi madre *Norma Castro*, que con mucho esfuerzo logró darnos educación y convertirnos en hombres de bien para la sociedad.

A mi hermano, *Angel Fernández*, que me inspira cada día y me enseña que con dedicación y esfuerzo se pueden lograr las metas deseadas.

RESUMEN

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo lograr la conectividad de las sedes de la organización Iglesia del Nazareno en las zonas rurales del departamento de Lambayeque para superar las limitaciones y deficiencias que existen actualmente en la transmisión de información en dicha organización, y con ello lograr una mejor atención de la población rural, especialmente niños y adolescentes de dichas zonas.

Se realiza un estudio de factibilidad de las diferentes alternativas de comunicación de datos y voz, las cuales en el futuro permitirían implementar servicios alternativos como sistemas de video conferencia.

En base a este estudio, se determina que la opción más adecuada es el despliegue de una red inalámbrica de banda ancha, por lo cual se propone un diseño de red con radioenlaces en la banda de frecuencias no licenciadas UNII (5725 MHz - 5850 MHz) debido a la gran disponibilidad de equipos en el mercado y la relativa facilidad con que se podría desplegar.

Mediante las simulaciones con software y especificaciones de los fabricantes de los equipos a utilizar, se concluye que es posible realizar los radioenlaces, con un aceptable ancho de banda, permitiendo así lograr la conectividad de las sedes de la organización.

ABSTRACT

The present thesis project aims to achieve connectivity of the headquarters of the Church of the Nazarene in rural areas of the department of Lambayeque to overcome the limitations and deficiencies that currently exist in the transmission of information in the organization, and thereby achieve better attention to the rural population, especially children and adolescents from these areas.

A feasibility study of the different data and voice communication alternatives is carried out, which in the future would allow the implementation of alternative services such as video conferencing systems.

Based on this study, it is determined that the most appropriate option is the deployment of a wireless broadband network, for which a network design with radio links in the unlicensed frequency band UNII (5725 MHz - 5850 MHz) is proposed due to the high availability of equipment in the market and the relative ease with which it could be deployed.

Through simulations with software and specifications of the manufacturers of the equipment to be used, it is concluded that it is possible to carry out the radio links, with an acceptable bandwidth, thus allowing to achieve the connectivity of the headquarters of the organization.

INTRODUCCIÓN

Las redes de comunicación de banda ancha no suelen llegar a las zonas rurales con la facilidad con que lo hacen en las zonas urbanas, debido especialmente a que en estas zonas la población está repartida de forma dispersa y su nivel de ingresos per cápita es reducido; es por ello que las organizaciones privadas y aún las estatales tienen problemas de comunicación en dichas zonas.

Las redes inalámbricas de área local (WLAN) y de área metropolitana (WMAN) juegan en la actualidad un papel muy importante en el desarrollo de empresas, universidades e industrias, este tipo de redes facilita la comunicación proporcionando un acceso móvil a los servicios y aplicaciones de la red desde cualquier parte.

Existe actualmente una alta necesidad de comunicarse y mantenerse informado, en estos días toda organización maneja grandes volúmenes de información la cual requiere de un tratamiento organizado y controlado, debido a su vital importancia para la toma de decisiones; por ello la necesidad de obtenerla en el tiempo justo, en el lugar indicado y el contenido exacto.

Es indispensable entonces el empleo de alternativas tecnológicas económicas y eficientes a fin de asegurar que las organizaciones que tengan distintas sedes puedan intercambiar información oportunamente. Con el uso de las tecnologías inalámbricas se permite incrementar la productividad y eficiencia de los trabajadores en las empresas donde estas redes son instaladas. Cualquier usuario legítimo conectado a una red inalámbrica puede fácilmente transmitir y recibir datos en tiempo real. Los protocolos de transmisión para estas redes lo constituye el Estándar IEEE 802.11g/n y otros protocolos propietarios, que han permitido el desarrollo de muchos proyectos basados en tecnologías inalámbricas, disponiéndose de gran variedad de estos productos actualmente en el mercado.

CAPÍTULO I:
INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN:

La organización Iglesia del Nazareno, es una denominación cristiana evangélica internacional, que surgió del Movimiento de Santidad del siglo XIX en Estados Unidos. Sus miembros son conocidos como nazarenos.

REFERENCIA HISTORICA

La Iglesia del Nazareno es producto de una serie de fusiones ocurridas entre varias iglesias de santidad, asociaciones y denominaciones a través del siglo XX. La más importante de estas fusiones tomó lugar en la Primera y Segunda Asamblea General, celebradas en Chicago (Illinois) en 1907 y en Pilot Point (Texas) en 1908. Las primeras fusiones fueron organizadas por C. W. Ruth.²

Primera Asamblea General

La Primera Asamblea General fue celebrada en Chicago del 10 al 17 de octubre en 1907 con los grupos del Este y Oeste. El grupo del Oeste era la Iglesia del Nazareno, fundada en octubre de 1895 en Los Ángeles por el Dr. Phineas Bresee, un ministro de la Iglesia Episcopal Metodista y el Dr. Joseph Pomeroy Widney. El grupo del Este era la Asociación de Iglesias Pentecostales de América, una denominación formada el 13 de abril de 1897.

El nombre que adoptó este nuevo cuerpo fue Iglesia Pentecostal del Nazareno. Siendo electos Phineas F. Bresee y Hiram F. Reynolds como superintendentes generales.

Segunda Asamblea General

Durante la Segunda Asamblea General, celebrada en Pilot Point (Texas) la Iglesia de Cristo de Santidad localizada en el sur de Estados Unidos se unió a los pentecostales nazarenos.

La unión de la Iglesia de Cristo de Santidad y la Iglesia del Nazareno Pentecostal se realizó un martes a las 10:40 am, 13 de octubre de 1908, esta es la fecha oficial de fundación. La recién formada Iglesia del Nazareno, comenzó con 10 034 miembros, 228 congregaciones, 11 distritos y 19 misioneros. Phineas Bresee, Hiram Reynolds y Edgar Ellyson fueron electos superintendentes generales.

Posteriormente tras corporaciones independientes se unieron, tales como la Iglesia Pentecostal de Escocia y la Misión Pentecostal, ambas en 1915. Además, la Asociación de Santidad de Laicos (Dakotas) en 1922, la Asociación Misionera de Fe en 1950 (Tabor, Iowa), entre otras.

La Iglesia del Nazareno en el Perú tuvo sus inicios en el norte, frontera con Ecuador. Durante casi 100 años el trabajo de evangelización y plantación de iglesias se realizó en la costa, los andes y la selva del norte del Perú, el trabajo de plantación de nuevas iglesias se hizo de manera natural, por migración de la población de una ciudad a otra.

DISTRIBUCIÓN DE LAS IGLESIAS DE LA ORGANIZACIÓN IGLESIA DEL NAZARENO EN LAMBAYEQUE

Las iglesias y avanzadas de la organización Iglesia del Nazareno, en el departamento de Lambayeque, están organizadas por sectores. A estos sectores se les denomina ZONAS, las cuales se mencionan en el siguiente cuadro:

ZONA	REPRESENTANTE	N° IGLESIAS O AVANZADAS
1. Zona Hierba Buena	M. Lic Guillermo Leonardo Ventura	4
2. Zona Lambayeque	Rev. Diógenes Jiménez López	10
3. Zona Justiniano Muñoz	Rev. Teófilo Guerrero Guevara	8
4. Zona Roger Winans	Rev. Wuilmer Reyes Salazar	8
5. Zona Esperidión Julca	Rev. Valentín Sandoval Segura	7
6. Zona Modesto Rivera	Rev. Camilo Delgado Lescano	7
7. Zona Baltazar Rubio	M. Lic Yohana Maza Olazabal	3
8. Zona José Leonardo O	Rev. Robert Orrillo Tapia	9
9. Zona Este	M. Lic Fernando Martínez Ochoa	15
10. Zona Manayay Tello	Rev. Manuel Panta Huancas	14
11. Zona Juan Aguilar	Rev. David Ventura Zurita	10

Tabla 1 Fuente: Datos Iglesia del Nazareno. Elaboración propia

1.2. UBICACIÓN DE LA OFICINA PRINCIPAL Y SUS SEDES EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE:

La organización Iglesia del Nazareno, tiene iglesias y/o avanzadas en todos los distritos del departamento de Lambayeque. A continuación se detalla la ubicación de las iglesias y avanzadas que formarán parte del proyecto.

1.2.1. Iglesia del Nazareno Lambayeque (Oficina Principal)

La Iglesia ubicada en Lambayeque, que hará de Oficina principal en este proyecto, está dirigida por el Rev. Diógenes Jiménez López, y se encuentra ubicada en la calle Monsalve Baca # 178 de la Urbanización Santa Rosa de la ciudad de Lambayeque, Perú.



Figura 1 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Lambayeque

1.2.2. Iglesia del Nazareno Lagartera

La Iglesia ubicada en Lagartera, que se conectará con la oficina principal en este proyecto, está dirigida por el Rev. Ronald Villoslada Flores, y se encuentra ubicada en el caserío Lagartera, distrito de Mórrope.



Figura 2 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Lagartera

1.2.3. Iglesia del Nazareno Mórrope

La Iglesia ubicada en Mórrope, está dirigida por el Ps. Arnulfo Gonzales Gaona, y se encuentra ubicada en la Av. Tahuantinsuyo S/N del distrito de Mórrope, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.



Figura 3 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Mórrope

1.2.4. Iglesia del Nazareno Pacora

La Iglesia ubicada en Pacora, está dirigida por el Ps. David Vásquez Galvez, y se encuentra ubicada en la calle Santa Rosa #230 - 240 del distrito de Pacora, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.



Figura 4 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Pacora

1.2.5. Iglesia del Nazareno Jayanca

La Iglesia ubicada en Jayanca, está dirigida por el Ps. Benjamín Vásquez Huamán, y se encuentra ubicada en la Prolongación Huamachuco 200 del distrito de Jayanca, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.



Figura 5 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Jayanca

1.2.6. Iglesia del Nazareno Progreso

La Iglesia ubicada en Progreso, está dirigida por el Ps. Benjamín Vásquez Huamán, y se encuentra ubicada en el caserío el Progreso km 7.5 Pacora, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.



Figura 6 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Progreso

1.2.7. Iglesia Nazareno Batangrande

La Iglesia ubicada en Batangrande, está dirigida por el Ps. Amós López Ventura, y se encuentra ubicada en la calle La Paz S/N CPM Batangrande, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque.

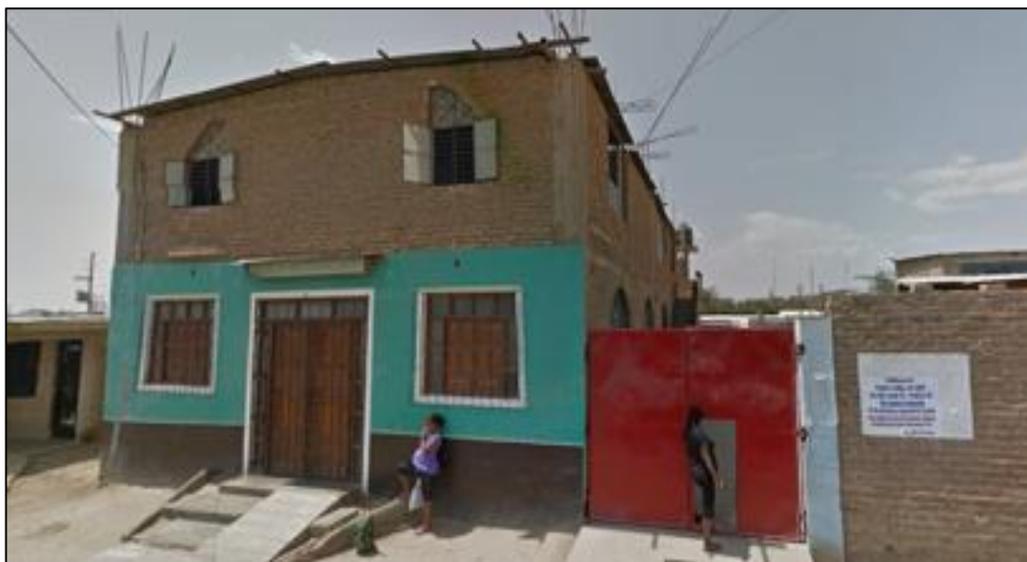


Figura 7 fuente: Google Earth - Iglesia del Nazareno de Batangrande

1.3. PLANEACIÓN ESTRATEGICA DE LA IGLESIA DEL NAZARENO:

1.3.1. MISIÓN:

La Iglesia del Nazareno en el Perú vive y proclama a la comunidad la salvación, la entera santificación por medio de Jesucristo, formando discípulos semejantes a Cristo, fortaleciendo las iglesias locales, promoviendo los ministerios, preparando y enviando pastores y misioneros para cumplir la voluntad de Dios y la extensión de su Reino.

1.3.2. VISIÓN:

Ser una Iglesia restaurada por Cristo, unida, temerosa de Dios, comprometida, que vive en amor, que practica la justicia y se mantiene en constante multiplicación según el modelo bíblico, facilitando el desarrollo personal y mejorando la calidad de vida de las personas priorizando la unidad familiar.

1.4. DIAGNOSTICO GENERAL DE LA RED:

Por el momento la organización cuenta con tres tipos de servicio de internet para lograr la comunicación entre las sedes y la oficina central:

Solo en la sede localizada en el distrito de Jayanca se cuenta con servicio de internet por cable proveído por Telefónica, la cual brinda 1024 Kbps (línea no dedicada) de ancho de banda.

En las sedes de Mórrope, Las Delicias, Lagartera y Progreso se ha contratado el servicio de internet a proveedores de internet inalámbrico (WISP) pero hay que compartir el ancho de banda con otros clientes que tiene el WISP.

En otras sedes como es el caso de Pacora y Batangrande se ha optado por contratar el servicio de internet por modem USB.

Todos estos intentos por mantener una comunicación fluida en la organización han sido deficientes, debido principalmente a las características geográficas de las zonas en las que están situadas las sedes.

Por tal motivo, y considerando la importancia del intercambio de información en la organización Iglesia del Nazareno, se requiere analizar el diseño más adecuado con tecnologías de redes que permita intercambiar datos a tiempo.

CAPITULO II:
ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

2.1. TÍTULO:

“DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA DE BANDA ANCHA PARA MEJORAR LA TRANSMISIÓN DE DATOS Y VOZ DE LA ORGANIZACIÓN IGLESIA DEL NAZARENO EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE”.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿Cómo mejorar la transmisión de datos y voz en la organización Iglesia del Nazareno en el departamento de Lambayeque para superar las deficiencias que existen actualmente en la comunicación y el envío de información en dicha institución?

2.3. OBJETIVOS:

2.3.1. Objetivo General:

Diseñar una red de banda ancha inalámbrica para mejorar la transmisión de información de la organización Iglesia del Nazareno en el departamento de Lambayeque.

2.3.2. Objetivos Específicos:

- Analizar la situación actual del flujo de información entre la oficina central y las sedes de la organización Iglesia del Nazareno en el departamento de Lambayeque.
- Analizar las características geográficas del terreno entre los puntos a enlazar, para determinar las características del sistema.
- Comparar los costos y calidad de un sistema de comunicación a través de un radioenlace y un sistema de comunicación satelital.
- Realizar el estudio de factibilidad económica y técnica del diseño de Interconexión Inalámbrica elegida.
- Elaborar el diseño de la red de área metropolitana (WMAN).

2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO:

Se sugiere realizar el presente proyecto porque su implementación dará solución a los problemas que se vienen presentando en el intercambio de información entre la oficina principal de la organización Iglesia del Nazareno y sus sedes, las cuales quedarían interconectadas no solo en el departamento de Lambayeque sino a nivel nacional, permitiéndoles además interactuar con otras instituciones públicas y privadas para así poder sacar el máximo provecho de acuerdo a sus necesidades.

Asimismo al implantar la propuesta de diseño del proyecto mejorará la seguridad en el intercambio de información que se realiza sobre el sistema de la organización, ya que el envío de la información, ya no será por medio de Internet, sino más bien por una conexión privada montada sobre dicha red, implementando políticas de seguridad adecuadas.

Además se logrará un impacto social positivo con el proyecto, pues en el futuro la organización podrá implementar laboratorios de computación, en beneficio de niños y adolescentes, los cuales podrían tener acceso a internet, colaborando de esta manera con acortar la brecha digital que existe entre la población estudiantil con acceso a internet y la que no cuenta con dicho servicio.

La importancia del proyecto radica en exponer que es posible satisfacer la necesidad de comunicación fluida que tiene la organización Iglesia del Nazareno mediante tecnologías inalámbricas, como alternativa a los enlaces convencionales (redes cableadas), las cuales permiten una comunicación y transmisión de información de modo eficiente, práctico y principalmente con un costo mucho más reducido.

2.5. ALCANCE DEL PROYECTO:

El presente proyecto se orientará al estudio respectivo de los radioenlaces entre las distintas sedes de la organización Iglesia del Nazareno en el departamento de Lambayeque, además se limitará hasta el diseño de la interconexión, más no su implementación.

**CAPÍTULO III:
FUNDAMENTO TEÓRICO**

3.1. INTRODUCCIÓN:

Los servicios de banda ancha se prestan utilizando distintas combinaciones de tecnologías de redes de comunicaciones. Las tecnologías se apoyan en infraestructuras de transmisión fija o radioeléctrica y pueden sustituirse o complementarse mutuamente en función del caso. Cada tecnología cuenta con características distintivas e incide de distinta manera en la capacidad y las posibilidades generales de la red.

La elección de la tecnología dependerá del entorno en el que se pretenda habilitar la red, del tipo de uso que se le quiera dar y sobre todo del costo. Las redes cableadas proporcionan una mayor fiabilidad y flexibilidad de adaptación de las instalaciones a la evolución de la tecnología, en el sentido de que proporcionan un ancho de banda y unos retardos capaces de soportar nuevos tipos de servicios, pero su instalación es costosa y lenta. Por el contrario, las redes inalámbricas permiten hacer despliegues rápidos y una mayor facilidad de ajuste económico de la instalación. Además tienen un entorno ideal de aplicación en orografías complicadas, como las que se pueden dar en los entornos rurales.

Las desventajas respecto a las redes cableadas son el menor ancho de banda proporcionado, el uso de un medio físico inestable, el problema de la seguridad de las comunicaciones y el hecho de que hay que gestionar el espectro radioeléctrico.

En países desarrollados se han instalado cables de fibra óptica que soportan grandes anchos de banda y que satisfacen las necesidades de comunicación de la mayor parte de las ciudades. La penetración de la fibra óptica en el mundo en desarrollo no alcanza a suplir las necesidades y el costo de expandirla está a menudo fuera del alcance de las empresas de telecomunicaciones que no perciben la viabilidad de recuperar su inversión en un plazo razonable.

Dentro de las tecnologías inalámbricas, hay muchas variantes que se han utilizado con mayor o menor éxito dependiendo de las aplicaciones.

Las empresas de telecomunicaciones han instalado radioenlaces de microondas en la mayoría de los países. Esta es una tecnología madura, que ofrece altos grados de confiabilidad y disponibilidad de servicio que puede llegar al 99,999%. Sin embargo, se necesita una gran inversión para estos enlaces y se requiere de personal altamente entrenado para su instalación. También se han instalado con mucho éxito sistemas satelitales que son muy adecuados para regiones de baja densidad de

población. Sin embargo, la solución satelital sigue siendo costosa para tráfico bidireccional sobre todo donde no existen otras alternativas asequibles.

3.2. RADIOENLACE:

“Se denomina, en general, radioenlace a cualquier interconexión entre terminales de telecomunicación efectuada por ondas radioeléctricas” (Rábanos, 2003, p. 289).

Se pueden definir los Radioenlaces como sistemas que permiten el intercambio de información entre dos puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas, que proporcionan una capacidad de información con unas características de disponibilidad y calidad determinadas.

Generalmente los radioenlaces utilizan frecuencias superiores a 1GHz, en la región de las microondas y por ello se les llama también radioenlaces de microondas.

“Los radioenlaces son, en ciertas aplicaciones, una forma eficiente de transmitir información punto a punto vía espacio libre” (García & Llamo, 2006). Esto se debe a que no requieren instalaciones complejas, ya que basta con la instalación de radios y antenas, que pueden estar ubicadas a decenas de kilómetros de distancia.

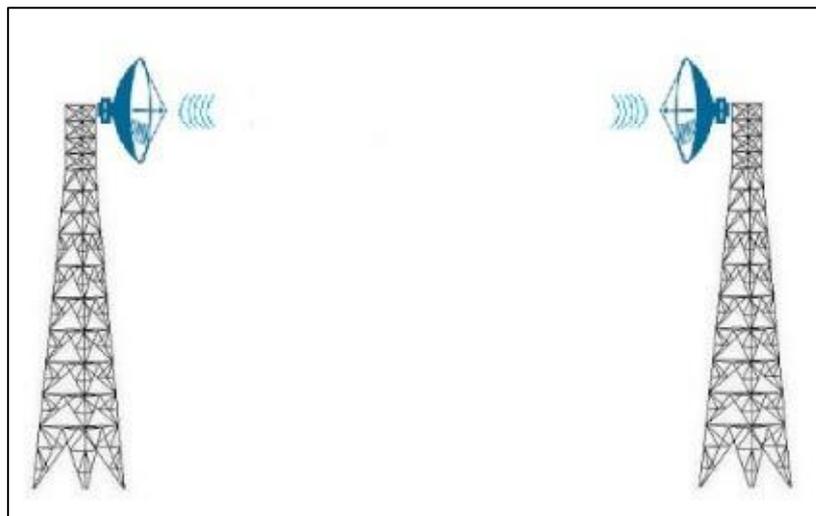


Figura 8 fuente: *Elaboración propia - Radioenlace microondas terrestre*

3.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS RADIOENLACES:

Según el tipo de modulación, pueden clasificarse los radioenlaces en dos amplias categorías, cada una de las cuales utiliza una tecnología específica:

a) Radioenlaces Analógicos:

En estos radioenlaces la portadora se modula en frecuencia (FM).

La señal moduladora puede ser:

- Un multiplex telefónico MDF de capacidad variable entre 12 y 2700 canales, con sus pilotos de continuidad y circuitos de servicio (CTS), telecontrol (TC) y telemando.
- Una señal de video en banda Base, de 0 a 5 MHz.
- Un multiplex constituido por una señal video en banda de base y de 1 a 4 subportadoras de audio, moduladas en frecuencia.
- Una señal radiofónica formada por subportadoras de audio moduladas en frecuencia.

b) Radioenlaces Digitales:

La modulación de la portadora es digital, de tipo binario o multinivel. Se utilizan mucho variantes de la modulación de fase coherente: PSK binaria, PSK cuaternaria, PSK diferencial, PSK desplazada (offset-PSK), así como modulaciones multinivel mixtas de amplitud y fase del tipo NQAM (N=16, 64, 128).

La señal moduladora es un multiplex digital de alguna de las jerarquías normalizadas.

Asociada a la clasificación anterior, existe otra en función a la capacidad del radioenlace que se mide por el número de canales telefónicos para los radioenlaces analógicos o por la velocidad de bits para los radioenlaces digitales.

Con arreglo a la capacidad, pueden establecerse tres tipos de radioenlaces:

- Baja capacidad, hasta unos 30 canales ó 2 Mbit/s.
- Capacidad media, hasta unos 240 canales u 8 Mbit/s.
- Alta capacidad de 300 a 2700 canales y por encima de 34 Mbit/s.

Los radioenlaces terrenales hacen uso de la propagación troposférica en condiciones de visibilidad directa. En consecuencia, para salvar las limitaciones de alcance impuestas por la redondez de la tierra y los obstáculos geográficos del terreno, se requiere la utilización de estaciones repetidoras, de manera que un radioenlace puede estar constituido sólo por dos estaciones terminales o, por dos estaciones terminales y un conjunto de estaciones repetidoras intermedias (repetidores), a través de los cuales la señal transmitida efectúa un tránsito.

Como el trayecto del rayo debe estar despejado al menos el 60 % de la primera zona de Fresnel para el obstáculo peor y en condiciones normales de refractividad atmosférica, la longitud de los vanos tiene un límite superior, que es del orden de los 80 km para frecuencias inferiores a unos 10 GHz. Por encima de esta frecuencia, la atenuación por lluvia puede limitar la longitud de los vanos a unos 30 km. Por razones económicas, es conveniente que el número de vanos de un radioenlace sea mínimo, lo que implica que éstos tengan la mayor longitud posible, sin embargo, además de la limitación anterior, para los vanos de gran longitud es mayor la probabilidad de desvanecimiento.

Uno de los aspectos más importantes de la ingeniería de radioenlaces es la determinación de la longitud óptima de los vanos.

En general, en los radioenlaces se emplean antenas muy directivas con buena relación delante-atrás lo que permite establecer cada radiocanal empleando únicamente dos frecuencias f_1 y f_2 , una para cada sentido de transmisión, las cuales se reutilizan en vanos sucesivos.

c) Ventajas e inconvenientes de los radioenlaces:

En cuanto a las ventajas generales de los radioenlaces en comparación a los sistemas cableados podemos mencionar:

- Volumen de inversión generalmente más reducido.
- Instalación más rápida y sencilla.
- Conservación generalmente más económica y de actuación rápida.
- Pueden superarse las irregularidades del terreno.

- La regulación sólo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en la anchura de banda de trabajo.

En cuanto a los inconvenientes, podemos citar los siguientes:

- Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces convencionales.
- Las condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimientos y desviaciones del haz por lo que se hace necesario utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar de conmutación.
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer de energía y acondicionamiento para los equipos y establecer algún tipo de mantenimiento.

3.3. Enlace Satelital:

Las radiocomunicaciones por satélite tienen por objeto el establecimiento de radioenlaces entre estaciones terrenas a través de repetidores activos o pasivos situados en una órbita alrededor de la tierra (Rábanos, 2003, p. 431).

A lo largo de estos años ha sido posible comprobar las ventajas operacionales de los satélites de comunicaciones y establecer sus posibilidades para competir con otros sistemas existentes como los radioeléctricos en HF (a los que han desplazado en el ámbito internacional) y los cables submarinos, así como para facilitar nuevos servicios: marítimo, aeronáutico, difusión de datos, radiodifusión de programas, etc.

En efecto, con el empleo de satélites se logran circuitos de gran calidad y estabilidad pudiéndose conseguir grandes alcances de servicio sin merma de esas características. La utilización de tres satélites geoestacionarios es suficiente para la cobertura de una amplia superficie de la Tierra, pudiéndose enlazar dos puntos de ésta mediante un máximo de dos repetidores solamente. En efecto desde un satélite geoestacionario se puede observar casi la tercera parte de la superficie terrestre y, desde luego, todo un país, por lo que el satélite puede reemplazar a toda una red de difusión terrenal, por ejemplo de televisión.

Básicamente un enlace satelital se conforma de tres etapas. Dos están ubicadas en las estaciones terrestres, a las cuales llamaremos modelos de enlace de subida, bajada y la tercera etapa estará ubicada en el espacio, donde la señal de subida cruzará por el transpondedor del satélite y será regresada a la tierra a otra frecuencia con la que fue transmitida para no interferir con la señal de la estación terrestre.

En la figura se muestra el modelo básico de un sistema satelital.

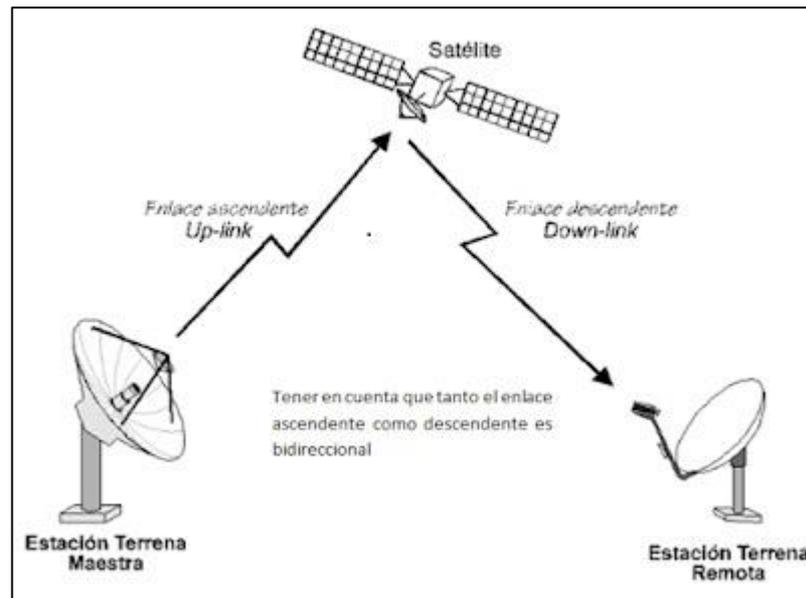


Figura 9 fuente: <http://cursomicronondas208018.blogspot.com/> - Radioenlace satelital

Se utiliza el término UPLINK para referirse al enlace de la tierra al satélite (enlace ascendente) y el término DOWNLINK para el enlace del satélite a la tierra (enlace descendente).

3.3.1. Ventajas e inconvenientes de los enlaces satelitales:

Las comunicaciones vía satélite poseen numerosas ventajas sobre las comunicaciones terrestres, la siguiente es una lista de algunas de estas ventajas:

- El costo de un satélite es independiente a la distancia que vaya a cubrir.
- La comunicación entre dos estaciones terrestres no necesita de un gran número de repetidoras puesto que solo se utiliza un satélite.
- Las poblaciones pueden ser cubiertas con una sola señal de satélite, sin tener que preocuparse en gran medida del problema de los obstáculos.

- Grandes cantidades de ancho de banda están disponibles en los circuitos satelitales generando mayores velocidades en la transmisión de voz, data y video sin hacer uso de un costoso enlace telefónico.

Estas ventajas poseen sus contrapartes, siendo alguna de ellas las siguientes:

- El retardo entre el UPLINK y el DOWNLINK está alrededor de 250mS – 500mS.
- La absorción por la lluvia es proporcional a la frecuencia de la onda.
- Conexiones satelitales multiplexados imponen un retardo que afectan las comunicaciones de voz, por lo cual son generalmente evitadas.

Al igual que los enlaces microondas las señales transmitidas vía satélites son también degradadas por la distancia y las condiciones atmosféricas.

A pesar de todo ello, la radiocomunicación por satélite hoy en día es económicamente viable. No obstante sus ventajas, el satélite no se presenta como sustituto de otros sistemas terrenales, sino como complemento de los mismos.

3.4. Propagación en el espacio libre.

En todo sistema de comunicaciones hay una relación portadora a ruido (C/N) deseable. El cociente se compone de la portadora (C), que es el nivel de potencia en el receptor y el nivel de potencia de ruido (N) en ese mismo punto. El espacio libre se calcula sin considerar obstáculos en el medio, posteriormente se tomará en cuenta dos factores que modifican el valor de espacio libre, que son *la presencia de la atmósfera y el suelo*.



Figura 10 fuente: Elaboración propia - Propagación en el espacio libre

3.4.1. Pérdida de espacio libre

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isotrópicas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolos: L_{bf} o A_0) de la manera siguiente:

$$L_{bf} = 20 \text{ Log} \left[\frac{4\pi d}{\lambda} \right] \text{ dB} \quad (3)$$

donde:

L_{bf} : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)
 d : distancia
 λ : longitud de onda
 d y λ se expresan en las mismas unidades.

La ecuación (3) puede también escribirse en función de la frecuencia en vez de la longitud de onda:

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dB} \quad (4)$$

f : frecuencia (MHz)

d : distancia (km).

3.4.2. Antenas

Las antenas son dispositivos que permiten emitir o recibir ondas de radio. Son dispositivos que adaptan las ondas guiadas, transmitidas por conductores o guías, a las ondas que se propagan en el espacio libre. “Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas” (Tomasi, 2003, p. 371).

Las antenas son los elementos más importantes de toda estación de radio.



Figura 11 fuente: <https://www.netpointmexico.com/> - Antenas

3.4.3. Parámetros fundamentales de las Antenas

- **Densidad de potencia radiada**

La densidad de potencia radiada se define como la potencia por unidad de superficie en una determinada dirección. Las unidades de la densidad de potencia se miden en watts por metro cuadrado.

- **Directividad**

Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección de máxima radiación, a una cierta distancia, y la densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena isotrópica con igual potencia total radiada. La directividad se puede calcular a partir del diagrama de radiación.

Para antenas directivas, con un solo lóbulo principal y lóbulos secundarios de nivel despreciable, se puede obtener una directividad aproximada considerando que se produce radiación uniforme en el ángulo sólido definido a partir de los anchos de haz a -3dB en los dos planos principales del diagrama de radiación.

- **Ganancia**

La ganancia de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena. Si no se especifica la dirección angular, se sobreentiende que la Ganancia se refiere a la dirección de máxima radiación.

La eficiencia se puede definir como la relación entre la potencia radiada por una antena y la potencia entregada a la misma. La eficiencia es un número comprendido entre 0 y 1.

La relación entre la ganancia y la directividad es la eficiencia

$$G(\theta, \phi) = D(\theta, \phi) \eta$$

Si una antena no tiene pérdidas óhmicas, la Directividad y la Ganancia son iguales.

- Polarización

La polarización de una antena es la polarización de la onda radiada por dicha antena en una dirección dada.

La polarización de una onda es la figura geométrica determinada por el extremo del vector que representa al campo eléctrico en función del tiempo, en una posición dada. Para ondas con variación sinusoidal dicha figura es en general una elipse. Hay una serie de casos particulares:

Si la figura trazada es una recta, la onda se denomina linealmente polarizada, si es un círculo circularmente polarizada.

3.4.4. Tipos de Antenas:

Existen diversos tipos de antenas y son las que a continuación se detallan:

3.4.4.1. Antenas direccionales o directivas.- Orientan la señal en una dirección muy determinada con un haz estrecho pero de largo alcance.

Las antenas Direccionales "envían" la información a una cierta zona de cobertura, a un ángulo determinado, por lo cual su alcance es mayor, sin embargo fuera de la zona de cobertura no se "escucha" nada, no se puede establecer comunicación entre los interlocutores.

El alcance de una antena direccional viene determinado por una combinación de los dB de ganancia de la antena, la potencia de emisión del punto de acceso emisor y la sensibilidad de recepción del punto de acceso receptor.



Figura 12 fuente: <https://www.electropolis.es/mikrotik/> - Antena direccional

3.4.4.2. Antena omnidireccional.- Orientan la señal en todas direcciones con un haz amplio pero de corto alcance.

Las antenas Omnidireccionales "envían" la información teóricamente a los 360 grados por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se esté. En contrapartida el alcance de estas antenas es menor que el de las antenas direccionales.

El alcance de una antena omnidireccional viene determinado por una combinación de los dBi de ganancia de la antena, la potencia de emisión del punto de acceso emisor y la sensibilidad de recepción del punto de acceso receptor. A mismos dBi, una antena sectorial o direccional dará mejor cobertura que una omnidireccional.

Una antena omnidireccional es aquella que radia en todas las direcciones (360°) y son muy útiles cuando se desea cubrir en todas las direcciones.



Figura 13 fuente: <https://www.mikrotik-mexico.com.mx/> - Antena omnidireccional

3.4.4.3. Antenas sectoriales.- Son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. La intensidad (alcance) de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional. Para tener una cobertura de 360° (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional)

deberemos instalar o tres antenas sectoriales de 120° ó 4 antenas sectoriales de 90°. Las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales (Llerena García, 2013).



Figura 14 fuente: <https://www.mikrotik-mexico.com.mx/> - Antena sectorial

3.4.5. Zona Fresnel:

Es una zona de despeje adicional que se debe tener en cuenta para la transmisión de las señales de radio frecuencia; además de la consideración de visibilidad directa entre las dos antenas (línea de vista). Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas respecto a la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre.

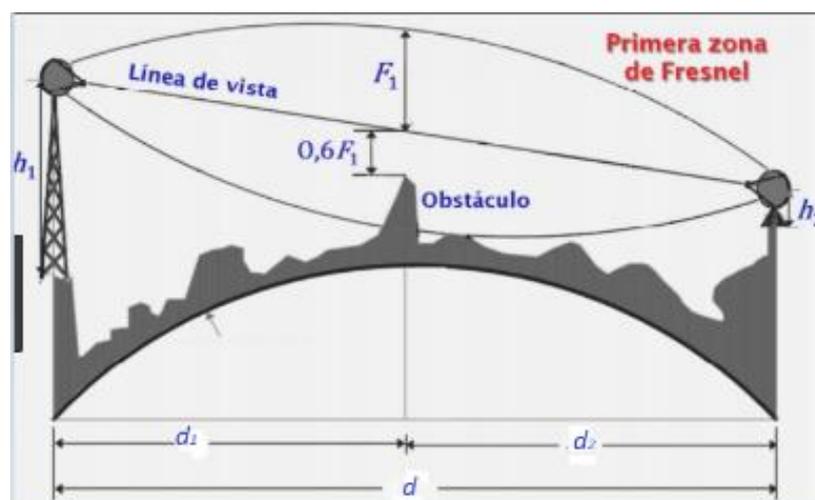


Figura 15 fuente: <http://www.coimbraweb.com/>- Zonas de Fresnel

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora.

r = radio en metros (m).

d = distancia en kilómetros (km).

f = frecuencia transmitida en megahertz (MHz).

A continuación, muestra la fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r = 548 * \sqrt{((d1 * d2)/(d * f)}$$

Dónde:

r = radio de la enésima zona de Fresnel.

d1 = distancia desde el transmisor al objeto (obstáculo) en km.

d2 = distancia desde el objeto (obstáculo) al receptor en km.

d = distancia total del enlace en km. d= d1+d2.

f = frecuencia en MHz.

3.5. Medidas de seguridad en las redes inalámbricas.

La seguridad al implementar redes inalámbricas debe ser mucho más exigente y robusta debido a que son más propensas al ataque de intrusos ya que estos no tienen que estar conectados físicamente a la red para atacarla.

“Los estándares de redes inalámbricas se refieren, normalmente, a la capa 1 y 2 del modelo OSI, conservando el paquete IP sin cambios, por ende, la seguridad inalámbrica solo incluye mecanismos de seguridad presentes en las capas 1 y 2” (Escudero Pascual, 2007).

“Después del análisis correspondiente en lo que a seguridad se refiere, se optó por el uso de WPA y/o WPA2 en la capa de enlace debido a que brindan mecanismos de encriptación a nivel de empresa” (Llerena García, 2013).

Implementar seguridad en la capa de enlace es un requerimiento básico en toda red inalámbrica, para lo cual se opta por WPA2 con el modo de funcionamiento Clave Pre Compartida (PSK), que por el contrario de la arquitectura 802.1x, no requiere de la complejidad de un servidor de autenticación. PSK se basa en el uso de una contraseña por parte de cada usuario para acceder a la red.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE CONECTIVIDAD

4.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Después de analizar la situación actual de la organización y conocer sus necesidades de comunicación mediante entrevistas al personal que labora en la organización, comprendemos que se requiere tener acceso a la información de manera oportuna y así comunicarse con mayor eficiencia.

El volumen de información a intercambiar entre las sedes de la organización y la oficina central es variable, dependiendo ésta de la cantidad de niños y adolescentes que atienden.

Así pues, estas interconexiones inalámbricas deben tener ciertas capacidades mínimas para cumplir con los requerimientos de la organización Iglesia del Nazareno. Entre los servicios que deben soportar tenemos:

- Transportar voz y datos.
- Tener la capacidad de transportar videoconferencias.

La comunicación fluida ayudará a la organización a tener una mejor coordinación en el manejo de la documentación para brindar mejor atención a los niños necesitados de nuestra región.

4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para la transmisión de voz y datos (y otros servicios en el futuro) se consideraron técnicamente, las características de ancho de banda, velocidad de transmisión, tipo de información y cobertura del sistema.

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN	TECNOLOGÍAS
1- Red Privada	Interconexión a través de medios de transmisión propios de la empresa	Radioenlace
2- Comunicación satelital	Interconexión implementando una red privada sobre una red pública	Enlace Satelital

Tabla 2 Fuente. Elaboración propia

4.3 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.3.1 Aspecto Técnico

Servicio	Radioenlace	Enlace Satelital
MEDIO	Aire	Aire
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	200 Mbps	6 / 1 Mbps
ALCANCE	Depende de la potencia de los equipos (radio y antenas)	Áreas alejadas
MODO DE TRANSMISIÓN	Simétrico, asimétrico	Asimétrico
MODULACIÓN	OFDM	QPSK, MSK
FIABILIDAD	Alta	Media
RENDIMIENTO	Alto	Bajo
USO DE LA RED PÚBLICA	NO	SI
PROVEEDOR	Solución Propietaria	<ul style="list-style-type: none"> - Claro - Movistar - Gilat Network - Viasatelital Internet Network
APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> - Compartir redes y recursos. - Conectarse a Internet sin cables desde cualquier punto de la ciudad. - Instalación de redes en lugares donde es difícil o compleja la instalación de una LAN cableada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Internet - Respaldo para el acceso a redes privadas e Internet para bancos, empresas, etc. - Transmisión privada de Voz - Monitoreo ambiental - Localizadores personales - Lotería en línea - Aprendizaje a distancia - Servicio en gasolineras
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidad de topología (punto a punto, Punto multipunto y malla) - Utiliza frecuencias no licenciadas. - Opera en Condiciones adversas por atenuaciones 	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere visibilidad directa hacia otras estaciones. - Acceso a lugares remotos prácticamente inaccesibles. - Transmisiones de voz, datos y video independiente. - La topología de la red es del tipo Estrella.

	debidas a pérdidas de espacio libres. - Comparte recursos y conectividad sin cables - Alcanza altas velocidades de transmisión. - Provee seguridad a través de los siguientes protocolos de cifrado: WEP, WPA e IPSEC - Modulación robusta - Facilidad de instalación - Facilidad de configuración.	
DESVENTAJAS	- Requiere visibilidad directa, la cual es dificultada por el perfil del terreno y construcciones urbanísticas. - Altos costos de instalación - La lluvia intensa absorberá parte de la señal transmitida - Interferencia por equipos que operen a la misma frecuencia.	- Ancho de banda limitado - Su confiabilidad y Disponibilidad depende de las condiciones atmosféricas.

Tabla 3 Fuente:-. Elaboración propia

4.3.2 Aspecto Económico

Servicio	Radioenlace	Enlace Satelital
INVERSION INICIAL	Alta	Media
PAGO MENSUAL	NO (Sólo en oficina central)	SI (tarifa plana, en cada sede, además de oficina central)

Tabla 4 Fuente. Elaboración propia

En las tablas mostradas se presentan las alternativas que satisfacen los requerimientos técnicos para su evaluación. Del análisis de estas alternativas se puede concluir que la solución al problema de transmisión de datos de la organización Iglesia del Nazareno es la instalación de una red inalámbrica de área metropolitana (WMAN) a través de **Radioenlaces** ya que estos cumplen especialmente con el requerimiento de transportar datos a altas velocidades; además

de presentar una relativa facilidad de instalación, la comunicación va a tener mejores niveles de seguridad en una red corporativa (INTRANET) que a través de la autopista de la información (INTERNET), y utilizar frecuencias no licenciadas.

Desde el punto vista económico, como observamos en el cuadro, sólo en el inicio se hace una inversión fuerte para llevar a cabo la instalación de la red de área metropolitana, pero luego se compensa con el transcurrir de los años ya que no se hace un pago mensual al proveedor de internet (Internet y teléfono en algunos casos) en las diferentes sedes, sólo en la oficina central localizada en el distrito de Lambayeque.

CAPÍTULO V:
DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE BANDA
ANCHA

En el presente capítulo se realizará el diseño de la red inalámbrica, para la cual se hará uso de la banda de frecuencias UNII 5.8 GHz (banda de frecuencias no licenciada), para mejorar la comunicación de la organización Iglesia del Nazareno en el departamento de Lambayeque. De acuerdo a las necesidades de dicha organización, se plantea una red inalámbrica para interconectar 7 estaciones remotas con la oficina central.

Los edificios de las distintas sedes, ubicadas en ciertos distritos del departamento de Lambayeque, se interconectarán a través de **radioenlaces** con la oficina central. El punto principal (oficina central) será la iglesia del Nazareno de Lambayeque, ya que este es el punto que tiene acceso a internet de banda ancha y es por ello que allí se ubicará el Centro de Datos y el punto de conexión a Internet.

5.1 DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS QUE FORMAN PARTE DE LA RED:

Los puntos a interconectar que formarán parte de la red de banda ancha inalámbrica vienen dados por:

- La oficina Principal, localizada en el distrito de Lambayeque, como punto principal.
- Las sedes de las iglesias de la organización Iglesia del Nazareno, localizadas en los distritos de Mórrope, Pacora, Jayanca y el centro poblado de Batangrande como puntos remotos.

En la figura N° 16, se observa la ubicación de los lugares que implican el proyecto.

**DETERMINACION DE LOS PUNTOS A INTERCONECTAR (OFICINA PRINCIPAL, PUNTOS REMOTOS
PROVINCIAS DE LAMBAYEQUE Y FERREÑAFE)**

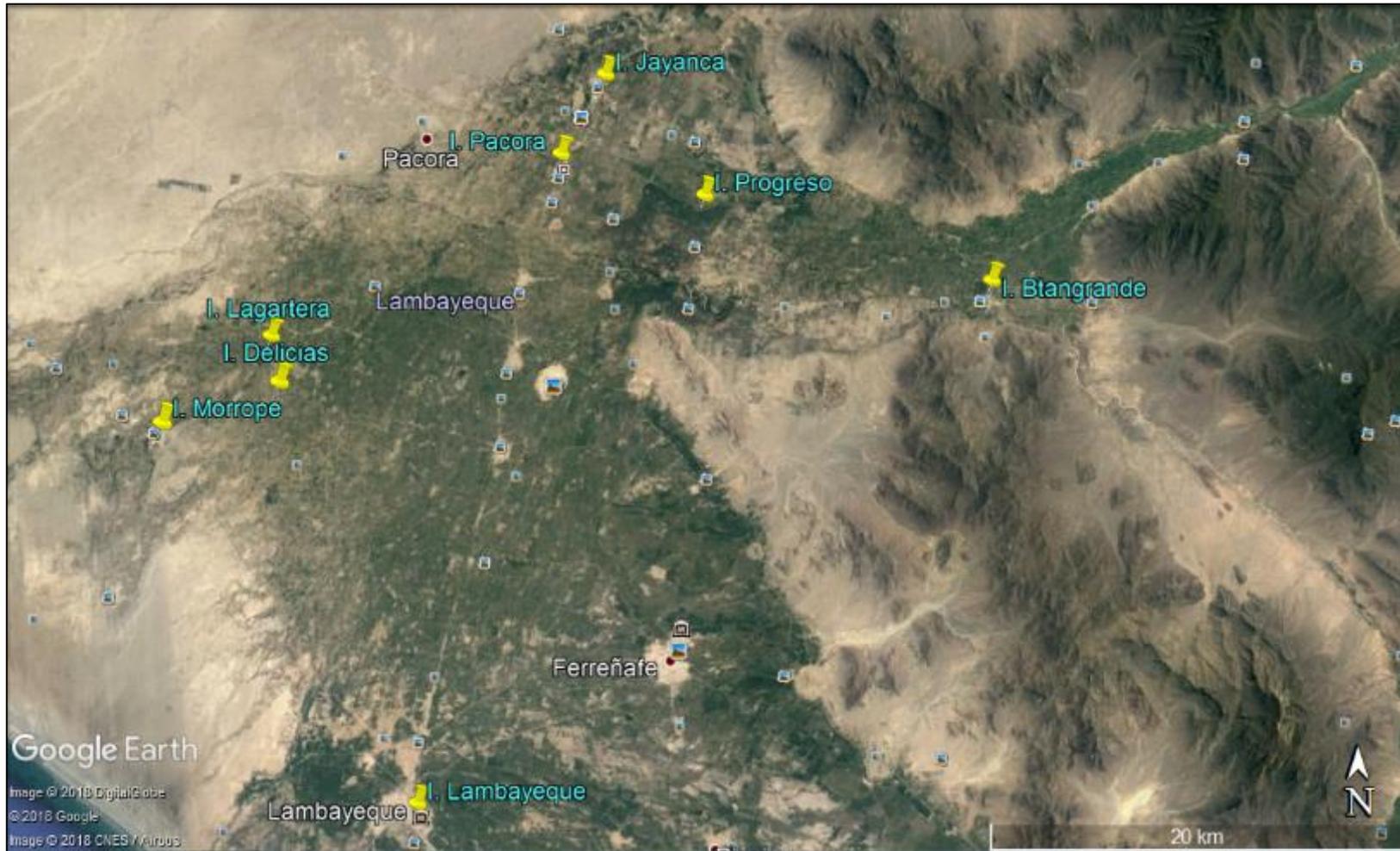


Figura 16 fuente: Google Earth - Puntos que formarán parte del proyecto

5.1.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y ALTURAS:

En el cuadro siguiente se detalla la ubicación geográfica de los puntos que formaran parte de la red inalámbrica de banda ancha.

Ubicación del Punto Principal			
Punto Principal	Latitud	Longitud	Altura (m.s.n.m.)
LAMBAYEQUE	6°42'7.21.4" S	79°54'9.6" O	18.2 m
Ubicación de los Puntos Remotos			
Puntos Remotos	Latitud	Longitud	Altura (m.s.n.m.)
I. Mórrope	6°32'37.5" S	80°0'43.4" O	19.1 m
I. Las Delicias	6°31'31.4" S	79°57'47.4" O	25.8 m
I. Lagartera.	6°30'17.7" S	79°57'59.6" O	33 m
I. Pacora	6°25'35.8" S	79°50'24.8" O	57.1 m
I. Jayanca	6°23'32.9" S	79°49'15.3" O	64.1 m
I. Progreso	6°26'39.6" S	79°46'39.4" O	71 m
I. Batangrande	6°28'50.9" S	79°39'8.9" O	109.1 m

Tabla 1 Fuente: Datos Google Earth, Elaboración Propia.

5.2 PERFIL Y CÁLCULO DE LOS ENLACES

La ubicación de los puntos donde se ubicarán las antenas viene dado por las edificaciones donde funcionan las iglesias de la organización Iglesia del Nazareno. Del resultado del estudio de las cartas topográficas (suministradas por software como Radio Mobile y Google Earth), se hizo posible la determinación de las rutas y el trazo de los perfiles del terreno.

La orientación de las antenas con respecto a las antenas de las estaciones adyacentes, se indica con el azimut, es decir el ángulo con respecto al norte real en cada punto.

En los radioenlaces de microondas, para que la señal emitida por la antena, pueda llegar hasta la antena receptora con suficiente calidad, es indispensable que exista **línea de vista** directa entre las dos antenas. Además, según la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) al diseñar un enlace microondas se debe asegurar como mínimo el 60% de la 1ra zona de Fresnel, como se indica en la siguiente formula:

$$C_R > 0.6 \times r$$

Donde:

- **r** : radio de la primera zona de Fresnel
- **C_R** : valor real de Clearance

Para los cálculos de radiopropagación de los enlaces, el esbozo del perfil del terreno y la verificación de los niveles de potencia de recepción se utilizó el software Radio Mobile versión 11.6.6 y Google Earth versión 7.3, debido a que dichos programas son gratuitos y se emplean para diferentes proyectos realizados ya sea en zonas urbanas o rurales, resultando ser herramientas muy útiles y prácticas caracterizándose por su confiabilidad y certeza en sus resultados (Geldres Luyo, 2005).

5.2.1 CÁLCULO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS DE POTENCIA EN LOS ENLACES INALÁMBRICOS

a) Cálculo de la ganancia de antena

Primero se calcula a cuánto ascienden las pérdidas debido al recorrido de la señal en el tramo del cable en la línea de transmisión (desde el radio hasta la antena). Estas pérdidas son especificadas por el fabricante dependiendo del tipo de cable, así como de los conectores que se utilice.

Las alturas de las torres se determinan de manera que se asegure el 60% de la primera zona de Fresnel para todos los enlaces.

Tipo de Cable	Perdida (dB/m) 5 GHz
RG 58	1.57
RG 59	0.831
RG 213	0.886
LMR-100A	2.11
LMR-200	0.866
LMR-400	0.359
LMR-600	0.238
LMR-900	0.158
Heliac LDF4 50A	0.197
Heliac LDF5 50A	0.116
Wireman CQ102 (RG-8)	0.428
Wireman CQ102 (RG-8)	0.411

Tabla 6 Fuente: Elaboración propia

Al momento de calcular la ganancia de las antenas, se debe cumplir con el valor máximo de potencia de radioenlaces en espacio abierto especificado por el MTC, este valor es la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente: PIRE, cuyo valor no debe exceder los 36 dBm.

Sin embargo, por tratarse de radioenlaces en zonas rurales se puede dar la prestación de servicios de telecomunicaciones (previa concesión y autorización del Ministerio) en la banda de 5.8 Ghz utilizando antenas direccionales de mayor ganancia que permitan superar los 36 dB de PIRE.

El PIRE es igual a:

$$\mathbf{PIRE = P_{out} - A_t + G_{tx}}$$

Donde:

- P_{out} : Potencia de salida del equipo transmisor en dBm
- G_{tx} : Ganancia de la antena de transmisión en dBi
- A_t : Atenuación del cable de transmisión

Por lo mencionado anteriormente y como se verá más adelante la antena direccional a utilizar tendrá una ganancia de 30 dBi.

b) Pérdida por espacio libre

(...)Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isótropas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre.

$$\mathbf{L_{fs} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dB}}$$

Donde:

L_{fs} = Pérdida en el espacio libre (dB)

d = Distancia entre antenas (Km)

f = Frecuencia (MHz) (UIT-R, 2016)

c) Nivel de Recepción

(...)Parte fundamental del diseño es verificar si la señal enviada llegará al receptor con el nivel necesario que permita reconocer la información transmitida y así poder procesarla; para ello el equipo receptor define el nivel de potencia que como mínimo debe recibir (sensibilidad), en este caso, la mayoría de equipos que se utilizarán en la red, tienen una sensibilidad de - 86 dBm.

$$\mathbf{Pr = P_{out} - A_t + G_{tx} + G_{rx} - L_{fs} - A_r}$$

Donde:

- Pr : Potencia recibida en la entrada del receptor en dBm
- Pout : Potencia de salida del transmisor en dBm
- At, Ar : Atenuación del cable en la transmisión y recepción y pérdida en conectores.
- Gtx, Grx : Ganancia de las antenas
- Lfs : Pérdida en el espacio libre

d) Margen de desvanecimiento (Fm):

Es la diferencia entre la potencia recibida por el equipo y la sensibilidad que éste soporta. Los radioenlaces, en este proyecto, se han diseñado de tal manera que se asegure un margen de 10 dB, para todos los enlaces (Geldres Luyo, 2005).

5.3 PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Después de obtener la ubicación geográfica de los puntos a enlazar y conocer las necesidades de comunicación de la organización Iglesia del Nazareno, se han analizado posibles soluciones, de las cuales se considera necesario detallar las dos mejores propuestas para el diseño de esta red.

5.3.1 PROPUESTA N° 1

En esta propuesta se presenta una red que consiste en lograr un enlace desde la **Oficina Central** ubicada en el distrito de Lambayeque hasta **la sede Iglesia Lagartera** (distrito de Mórrope). Este enlace será el enlace principal y se implementará con tecnología de gama alta.

Las demás sedes se conectarán con la oficina central a través del enlace principal.

Se propone también implementar un radioenlace entre las sedes Pacora y Progreso que sirva como enlace de respaldo para algunas sedes de la red.

A continuación se muestra el diagrama general de la Red donde se muestran las ubicaciones exactas de los puntos involucrados y las rutas de los radioenlaces.

También se muestra un cuadro que detalla las distancias entre los puntos a conectar.

PROPUESTA DE DISEÑO RED INALÁMBRICA DE BANDA ANCHA



Figura 17 fuente: Google Earth – Diseño de la Red Inalámbrica

TRAMO	DISTANCIA
Enlace Principal	
I. Lambayeque – I. Lagartera	23.43 Km
Enlaces secundarios	
I. Lagartera – I. Mórrope	6.62 Km
I. Lagartera – I. Las Delicias	2.31 Km
I. Lagartera – I. Pacora	16.44 Km
I. Pacora – I. Jayanca	4.35 Km
I. Lagartera – I. Progreso	21.92 Km
I. Progreso – I. Batangrande	14.4 Km
Enlace de respaldo	
I. Pacora – I. Progreso	7.19 Km

Tabla 7 Fuente: Google Earth, Elaboración propia

A continuación se presentan los resultados de la simulación de cada radioenlace utilizando el software Radio Mobile, donde se pueden apreciar las pérdidas debido al trayecto (Path Loss), azimut, nivel de recepción (Rx level), PIRE, etc. También se utiliza el software Google Earth para visualizar el perfil de elevación. Se presenta una breve descripción del software utilizado.

Google Earth

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.

El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información

geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para dispositivos móviles, tabletas y computadoras personales.

Muchos usuarios utilizan la aplicación para añadir sus propios datos, haciéndolos disponibles mediante varias fuentes, tales como el Bulletin Board Systems o blogs. Google Earth es capaz de mostrar diferentes capas de imagen encima de la base y es también un cliente válido para un Web Map Service. Google Earth soporta datos geoespaciales tridimensionales mediante los archivos Keyhole Markup Language o .kml.

Radio Mobile

RadioMobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse.

Este software implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance. Además de tener múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados.

RadioMobile utiliza, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED.

Al igual que el modelo de propagación en el que se basa (Longley Rice), permite trabajar con frecuencias entre los 20MHz y 40GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

5.3.1.1 ENLACE PRINCIPAL (I. LAMBAYEQUE – I. LAGARTERA)

Este radioenlace permite la interconexión del local de la iglesia del Nazareno ubicado en Lagartera (distrito de Mórrope) con el local de la iglesia del Nazareno ubicado en el distrito de Lambayeque.

Este enlace será el responsable del transporte de todo el tráfico de datos de la red hacia el servidor central (local de la iglesia del Nazareno en el distrito de Lambayeque) y hacia el exterior de la red; por esta razón es que los equipos utilizados para dicho enlace deben ser altamente confiables; por lo tanto este enlace se deberá llevar a cabo, en lo posible, usando equipos de gama alta que operen en banda libre de 5.8 GHz.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Lambayeque**

Elevación: (msnm)	18.2
Latitud: (S)	6°42'7.21.4"
Longitud: (O)	79°54'9.6"

- **I. Lagartera**

Elevación: (msnm)	33
Latitud: (S)	6°30'17.7"
Longitud: (O)	79°57'59.6"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
Lambayeque – CDSP Lagartera	23.43 Km

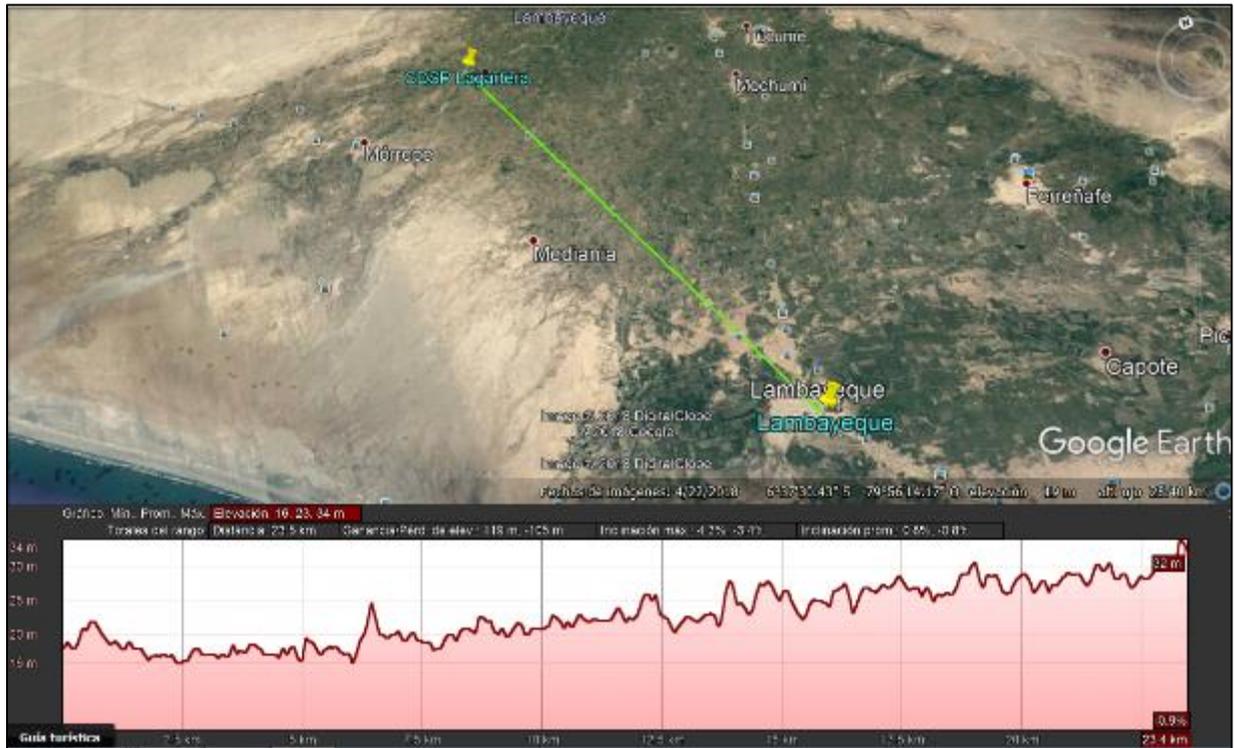


Figura 18 fuente Google Earth, Perfil de elevación Lambayeque – Lagartera

De un simple análisis del perfil de elevación (proporcionado por Google Earth) del enlace I. Lambayeque – I. Lagartera se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, por lo tanto se llega a la conclusión que con una altura adecuada de las antenas se puede obtener una línea de vista directa y además se obtiene un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, y asegurando valores mínimos de ciertos parámetros, se observa que el radioenlace tiene éxito.

Parámetros y valores mínimos que debe cumplir el radioenlace:

- Línea de vista directa: **SI**
- Despeje de la 1° zona de Fresnel **60 %**
- Margen de desvanecimiento **10 dB**

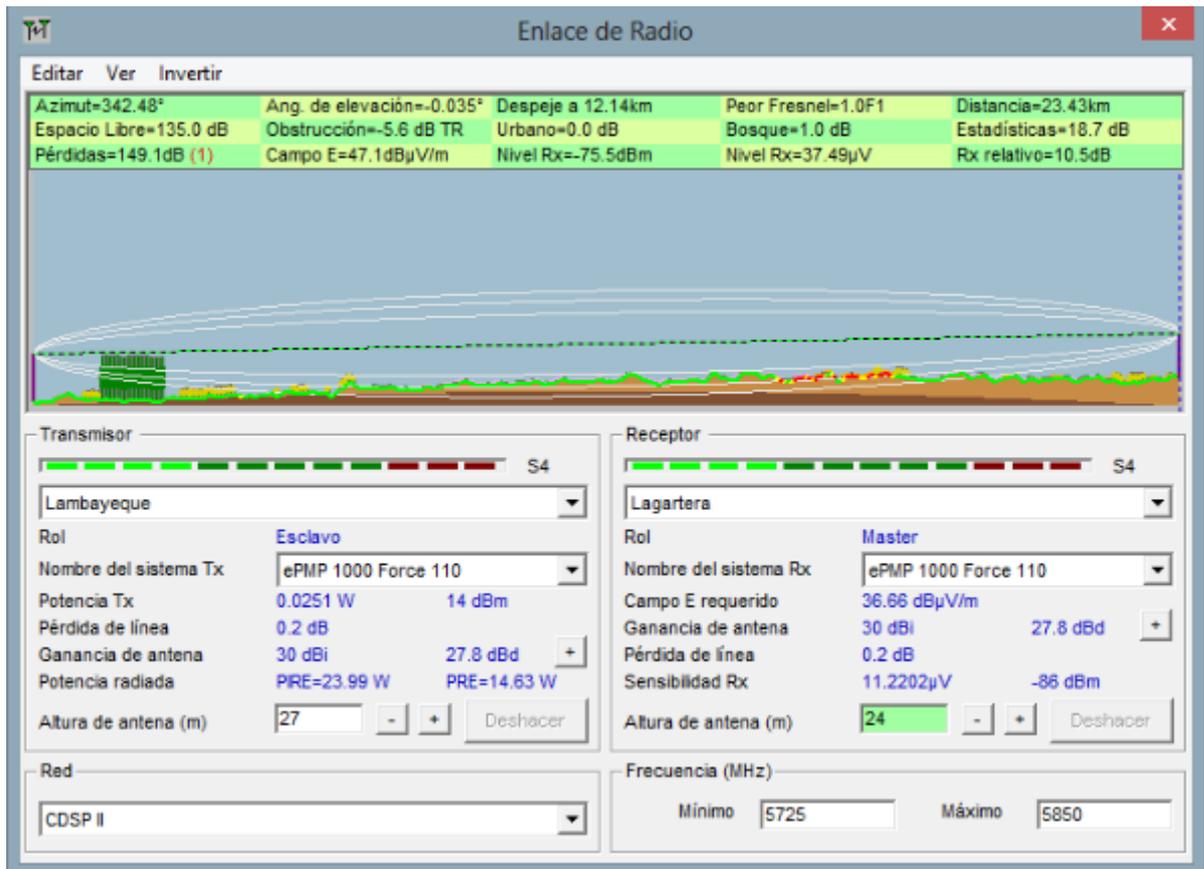


Figura 19 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Lagartera

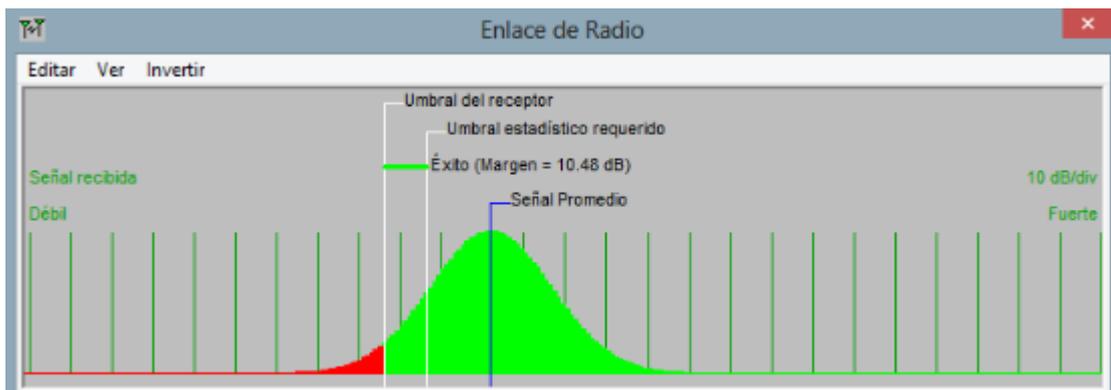


Figura 20 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Lagartera

CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I. LAMBAYEQUE – I. LAGARTERA

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre Lambayeque y Lagartera es 23.4 km (14.6 miles)
- Azimut norte verdadero = 342.48°, Azimut Norte Magnético = 343.23°, Angulo de elevación = -0.0284°
- Variación de altitud de 28.3 m
- **El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.0F1 a 12.1 km**
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Pérdida en Espacio Libre = 135.0 dB, Obstrucción = -5.6 dB TR, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 1.0 dB, Estadísticas = 18.7 dB
- La pérdida de propagación total es 149.1 dB
- Ganancia del sistema de Lambayeque a Lagartera es de 159.6 dB (antena a 342.5 °-0.03° ganancia = 30.0 dBi)
- Ganancia del sistema de Lagartera a Lambayeque es de 159.6 dB (antena a 162.5 °-0.18° ganancia = 30.0 dBi)
- Peor recepción es **10.5 dB** sobre la señal requerida a encontrar
- **99.999% de tiempo**, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace cumple con los requisitos mínimos, además de presentar una disponibilidad del **99.999 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Lambayeque	27 m
I. Lagartera	24 m

El nodo I. Lagartera es muy importante ya que desde este punto se distribuirán los enlaces para varios puntos de la red (Morrope, Las Delicias, Pacora Y Progreso) y es el punto por el cual pasará el tráfico de datos de prácticamente toda la red, por lo cual se recomienda instalar equipos de alta gama los cuales son muy robustos y son capaces de operar en condiciones climáticas adversas ofreciendo una disponibilidad de hasta el 99.999% de tiempo, así también como equipos de alimentación ininterrumpida.

5.3.1.2 ENLACE I. LAGARTERA - I. MORROPE

Este radioenlace interconecta el local de la iglesia del Nazareno ubicado en Lagartera (distrito de Mórrope) con el local de la iglesia del Nazareno ubicado en el distrito de Mórrope.

Este enlace se llevará a cabo usando equipos punto a punto que operen en banda libre de 5.8 GHz.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Lagartera**

Elevación: (msnm)	33
Latitud: (S)	6°30'17.7"
Longitud: (O)	79°57'59.6"

- **I. Morrope**

Elevación: (msnm)	19.1
Latitud: (S)	6°32'37.5"
Longitud: (O)	80°0'43.4"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
I. Lagartera – I. Mórrope	6.62 Km

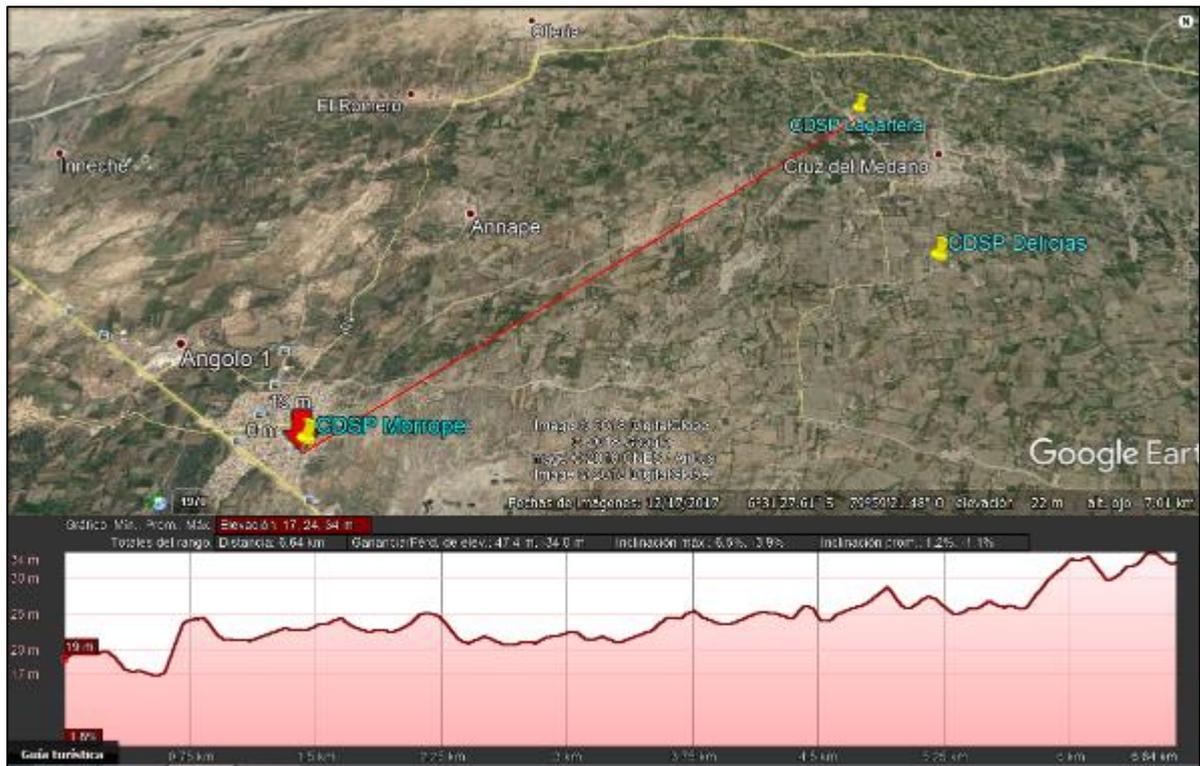


Figura 21 fuente Google Earth - Perfil de elevación Mórrope – Lagartera.

Al analizar el perfil de elevación (proporcionado por Google Earth) del enlace I. Lagartera – I. Mórrope se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, por lo tanto se llega a la conclusión que con una altura adecuada de las antenas se puede obtener una línea de vista directa y además se obtiene un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, y asegurando valores mínimos de ciertos parámetros, se observa que el radioenlace tiene éxito.

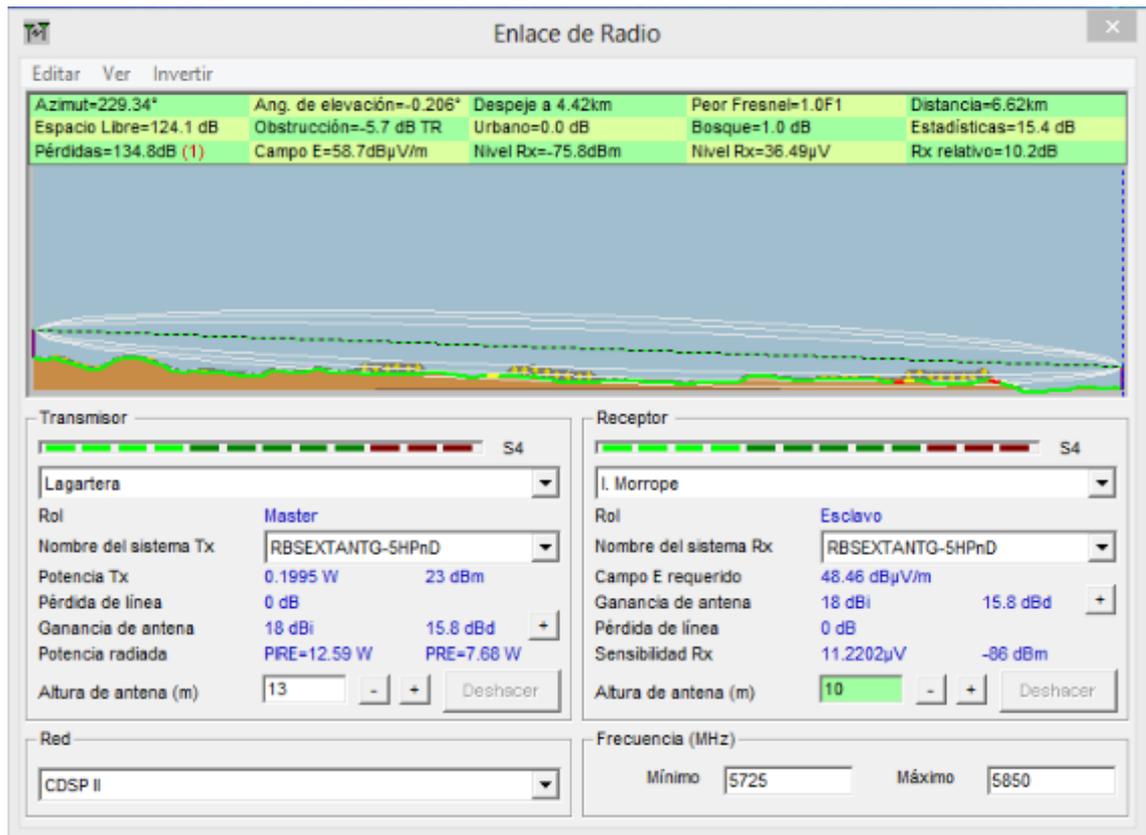


Figura 22 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Mórrope

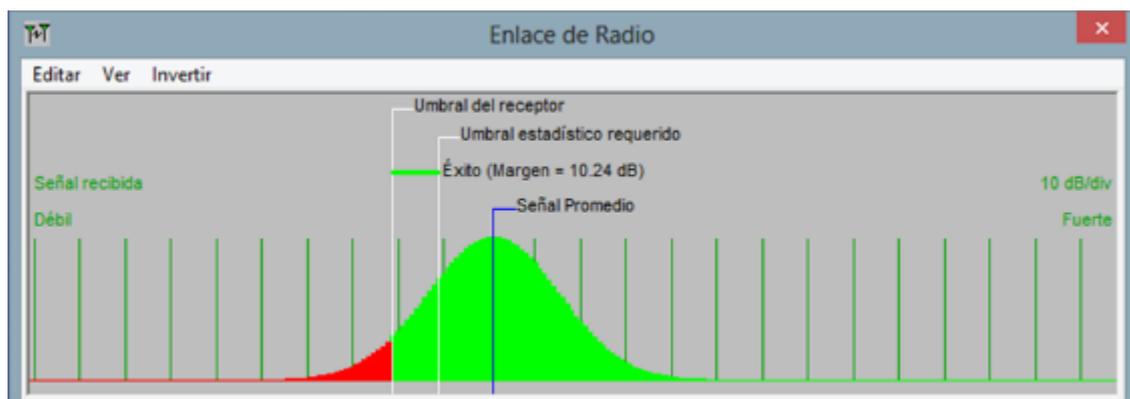


Figura 23 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Mórrope

**CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I.
LAGARTERA – I. MÓRROPE**

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre Lagartera y I. Morrope es 6.6 km (4.1 miles)
- Azimut norte verdadero = 229.34°, Azimut Norte Magnético = 230.10°, Angulo de elevación = -0.2041°
- Variación de altitud de 17.7 m
- **El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.0F1 a 4.4km**
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Espacio Libre = 124.1 dB, Obstrucción = -5.7 dB TR, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 15.4 dB
- La pérdida de propagación total es 134.8 dB
- Ganancia del sistema de Lagartera a I. Morrope es de 145.0 dB (antena a 229.3 °-0.20° ganancia = 18.0 dBi)
- Ganancia del sistema de I. Morrope a Lagartera es de 145.0 dB (antena a 49.3 °0.14° ganancia = 18.0 dBi)
- Peor recepción es **10.24 dB** sobre la señal requerida a encontrar
- **99.990% de tiempo**, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace se realiza con éxito, además de presentar una disponibilidad del **99.990 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Lagartera	13 m
I. Mórrope	10 m

5.3.1.3 ENLACE I. LAGARTERA – I. DELICIAS

Interconexión del local de la iglesia del Nazareno ubicado en Lagartera (distrito de Mórrope) con el local de la iglesia del Nazareno ubicada en el caserío Las Delicias perteneciente también al distrito de Mórrope.

La interconexión se llevará a cabo mediante un enlace punto a punto y se utilizarán equipos que operen en banda libre de 5.8 GHz.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Lagartera**

Elevación: (msnm)	33
Latitud: (S)	6°30'17.7"
Longitud: (O)	79°57'59.6"

- **I. Las Delicias**

Elevación: (msnm)	25.8
Latitud: (S)	6°31'31.4"
Longitud: (O)	79°57'47.4"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
I. Lagartera – I. Las Delicias	2.31 Km

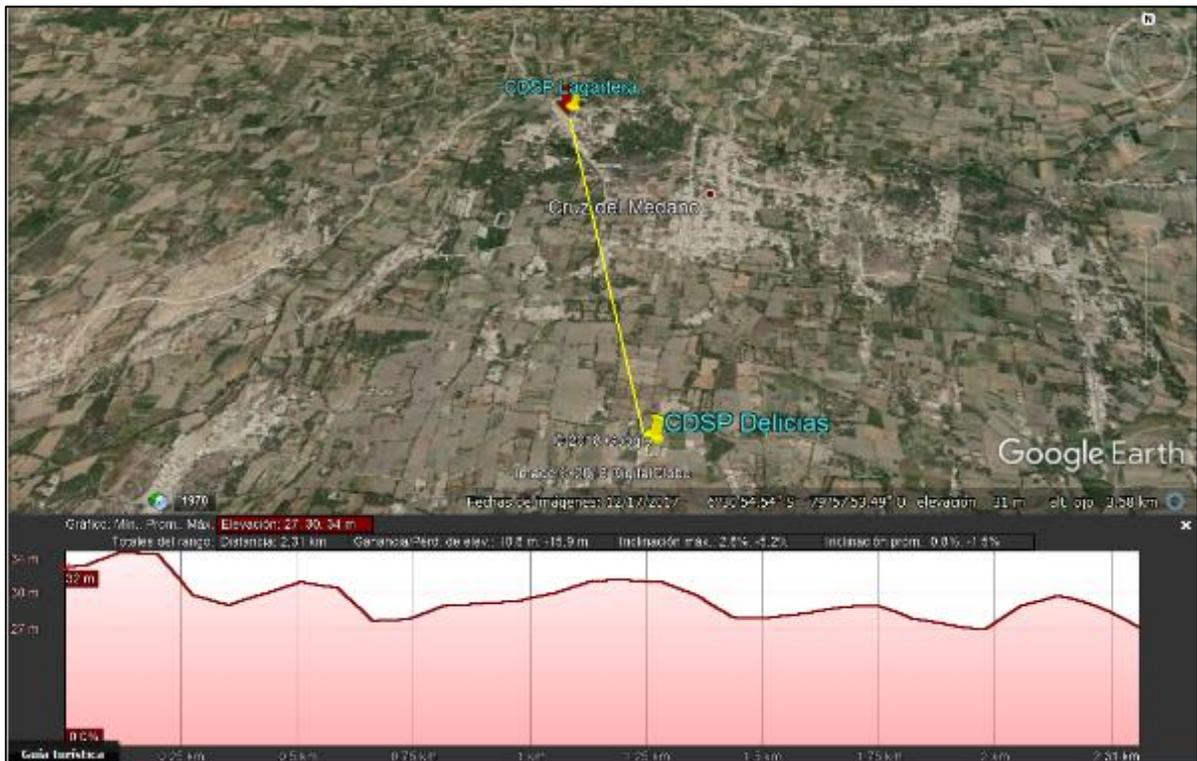


Figura 24 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lagartera-Las Delicias

Analizando el perfil de elevación (fuente Google Earth) del enlace I. Lagartera – I. Las Delicias se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, por lo tanto se llega a la conclusión que con una altura adecuada de las antenas se puede obtener una línea de vista directa y además se obtiene un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, y asegurando valores mínimos de ciertos parámetros, se observa que el radioenlace tiene éxito, presentando un margen superior a los 10 dB y un 99.999 % de tiempo de disponibilidad.

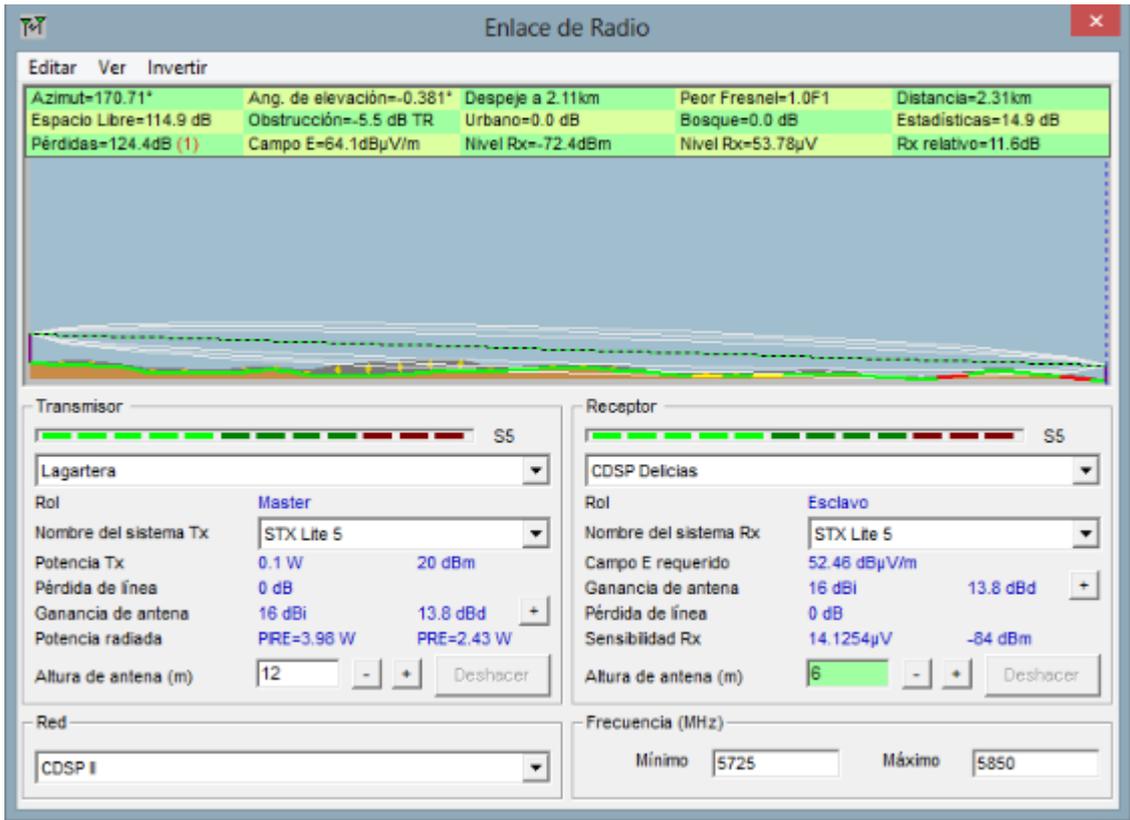


Figura 25 fuente Radio Mobile, Simulación del radioenlace Lagartera-Las Delicias

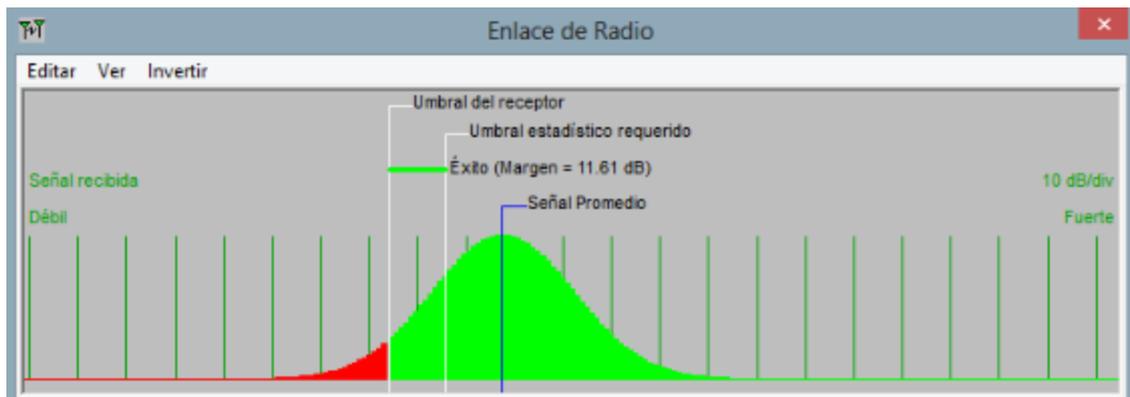


Figura 26 fuente Radio Mobile, Simulación del radioenlace Lagartera-Las Delicias

CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I.

LAGARTERA – I. LAS DELICIAS

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre Lagartera y Las Delicias es 2.31 km (1.4 miles)
- Azimut norte verdadero = 170.71° , Azimut Norte Magnético = 171.46° , Angulo de elevación = -0.3808°
- Variación de altitud de 9.2 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.0F1 a 2.1 km
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Espacio Libre = 114.9 dB, Obstrucción = -5.5 dB TR, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 14.9 dB
- La pérdida de propagación total es 124.4 dB
- Ganancia del sistema de Lagartera a I. Las Delicias es de 136.0 dB (ganancia ant = 16.0 dBi)
- Ganancia del sistema de I. Las Delicias a Lagartera es de 136.0 dB (ganancia ant= 16.0 dBi)
- Peor recepción es **11.6 dB** sobre la señal requerida a encontrar
- **99.999%** de tiempo, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace se realiza con éxito, además de presentar una disponibilidad del **99.999 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Lagartera	12 m
I. Las Delicias	6 m

5.3.1.4 ENLACE I. LAGARTERA – I. PACORA

Este radioenlace permite interconectar el local de la iglesia del Nazareno ubicado en Lagartera (distrito de Mórrope) con el local de la iglesia del Nazareno ubicado en el distrito de Pacora.

La interconexión de estos dos nodos se realizará mediante un enlace punto a punto en la banda de los 5.8 GHZ.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Lagartera**

Elevación: (msnm)	33
Latitud: (S)	6°30'17.7"
Longitud: (O)	79°57'59.6"

- **I. Pacora**

Elevación: (msnm)	57.1
Latitud: (S)	6°25'35.8"
Longitud: (O)	79°50'24.8"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
I. Lagartera – I. Pacora	16.44 Km



Figura 27 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lagartera-Pacora

Al analizar el perfil de elevación (proporcionado por Google Earth) del enlace I. Lagartera – I. Pacora se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, por lo tanto se llega a la conclusión que con una altura adecuada de las antenas se puede obtener una línea de vista directa y además se obtiene un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, y asegurando valores mínimos de ciertos parámetros, se observa que el radioenlace tiene éxito.

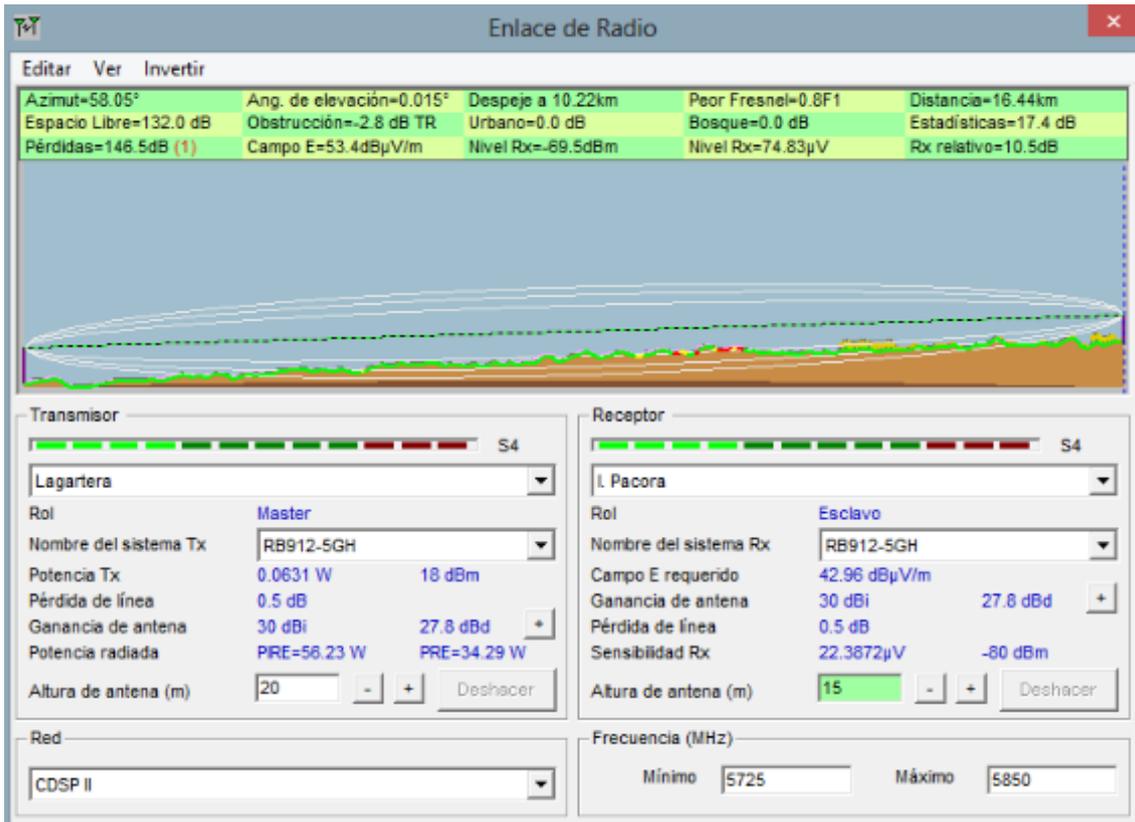


Figura 28 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Pacora

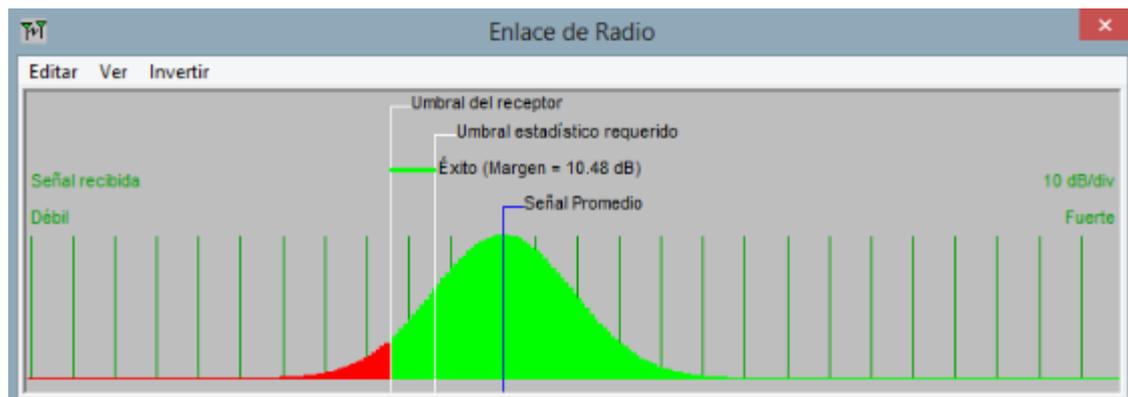


Figura 29 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Pacora

**CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I.
LAGARTERA – I. PACORA**

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre Lagartera e I. Pacora es 16.4 km (10.2 miles)
- Azimut norte verdadero = 58.05°, Azimut Norte Magnético = 58.81°, Angulo de elevación = 0.0153°
- Variación de altitud de 31.2 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 0.7F1 a 10.2 km
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Espacio Libre = 132 dB, Obstrucción = -2.8 dB TR, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 17.4 dB
- La pérdida de propagación total es 146.5 dB
- Ganancia del sistema de Lagartera a I. Pacora es de 157.0 dB (ganancia ant = 30.0 dBi)
- Ganancia del sistema de I. Pacora a Lagartera es de 157.0 dB (ganancia ant = 30.0 dBi)
- Peor recepción es **10.5 dB** sobre la señal requerida a encontrar
- **99.999%** de tiempo, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace se realiza con éxito, además de presentar una disponibilidad del **99.999 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Lagartera	20 m
I. Pacora	15 m

5.3.1.5 ENLACE I. LAGARTERA – I. PROGRESO

Este radioenlace permite interconectar el local de la iglesia del Nazareno ubicado en Lagartera (distrito de Mórrope) con el local de la iglesia del Nazareno ubicado en el caserío Progreso (distrito de Jayanca).

La interconexión de estos dos nodos se realizará mediante un enlace punto a punto en la banda de los 5.8 GHZ.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Lagartera**

Elevación: (msnm)	33
Latitud: (S)	6°30'17.7"
Longitud: (O)	79°57'59.6"

- **I. Progreso**

Elevación: (msnm)	71
Latitud: (S)	6°26'39.6"
Longitud: (O)	79°46'39.3"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
I. Lagartera – I. Progreso	21.92 Km

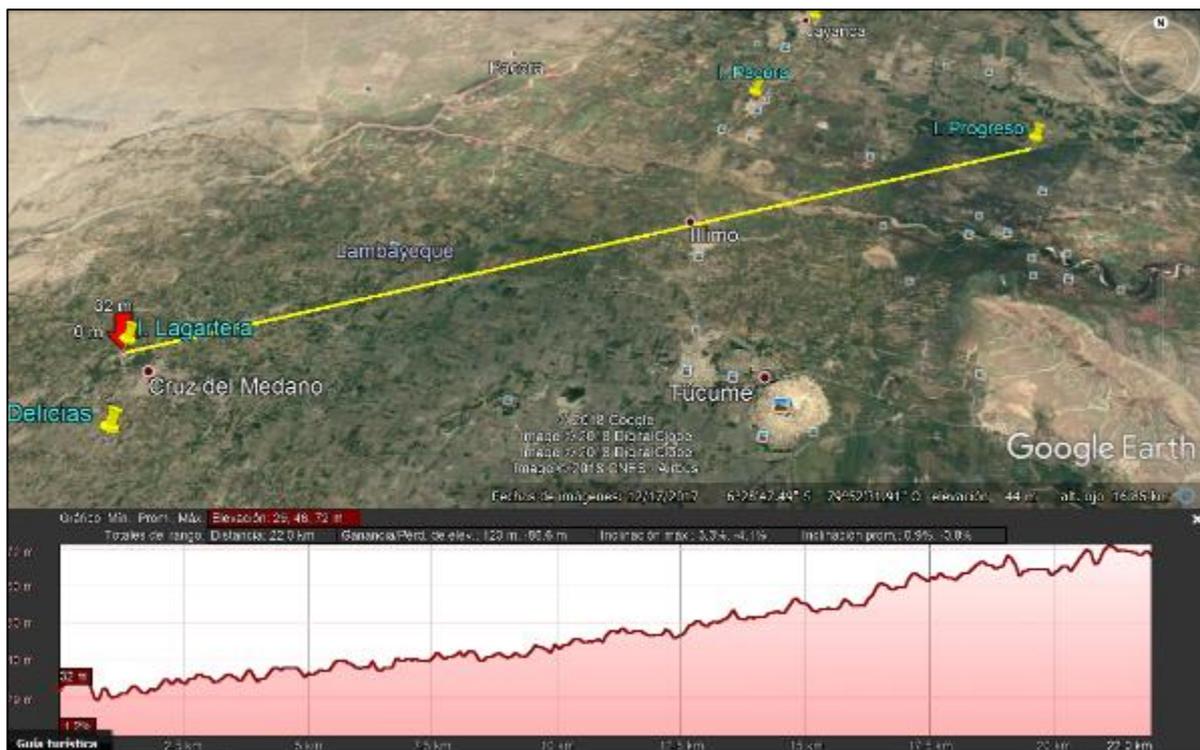


Figura 30 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lagartera-Progreso

Al hacer un análisis simple del perfil de elevación (proporcionado por Google Earth) del enlace I. Lagartera – I. Progreso se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, por lo tanto se llega a la conclusión que con una altura adecuada de las antenas se puede obtener una línea de vista directa y además se obtiene un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, que se muestra a continuación, nos aseguramos que se superen los valores mínimos de ciertos parámetros, para garantizar que el radioenlace tenga éxito.

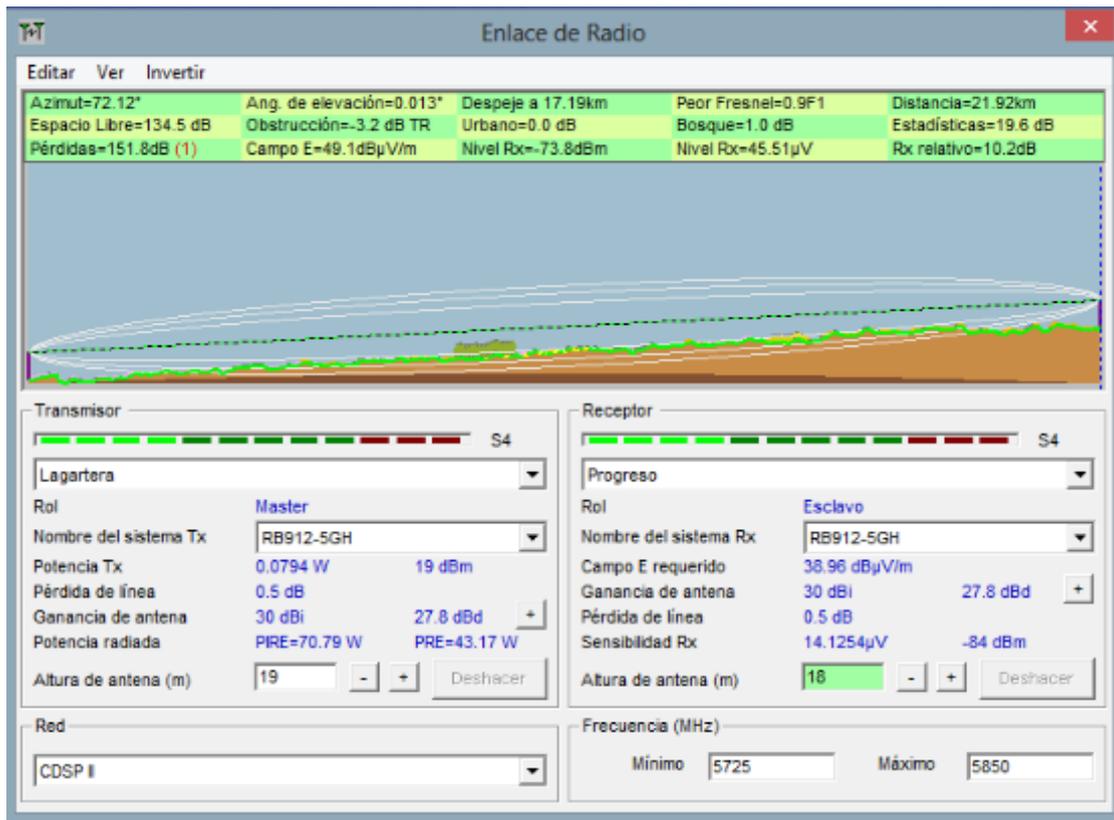


Figura 31 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Progreso

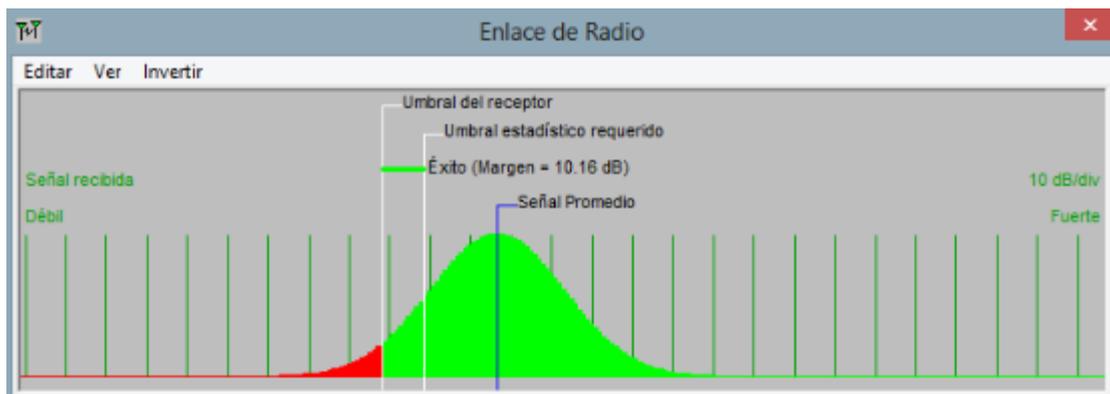


Figura 32 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lagartera-Progreso

**CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I.
LAGARTERA – I. PROGRESO**

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre Lagartera e I. Progreso es 21.9 km (13.6 miles)
- Azimut norte verdadero = 72.12°, Azimut Norte Magnético = 72.88°, Angulo de elevación = 0.0112°
- Variación de altitud de 43.7 m
- **El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 0.9F1 a 17.2 km**
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Espacio Libre = 134.5 dB, Obstrucción = -3.2 dB TR, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 1.0 dB, Estadísticas = 19.6 dB
- La pérdida de propagación total es 151.8 dB
- Ganancia del sistema de Lagartera a I. Progreso es de 162.0 dB (ganancia ant = 30.0 dBi)
- Ganancia del sistema de I. Progreso a Lagartera es de 162.0 dB (ganancia ant = 30.0 dBi)
- Peor recepción es **10.2 dB** sobre la señal requerida a encontrar
- **99.999% de tiempo**, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace se realiza con éxito, además de presentar una disponibilidad del **99.999 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Lagartera	19 m
I. Progreso	18 m

5.3.1.6 ENLACE I. PACORA – I. JAYANCA

Este radioenlace permite interconectar el local de la iglesia del Nazareno ubicado en Pacora con el local de la iglesia del Nazareno ubicado Jayanca.

La interconexión de estos dos nodos se realizará mediante un enlace punto a punto en la banda de los 5.8 GHZ.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Pacora**

Elevación: (msnm)	57.1
Latitud: (S)	6°25'35.8"
Longitud: (O)	79°50'24.8"

- **I. Jayanca**

Elevación: (msnm)	64.1
Latitud: (S)	6°23'32.9"
Longitud: (O)	79°49'15.3"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
I. Pacora – I. Jayanca	4.4 Km

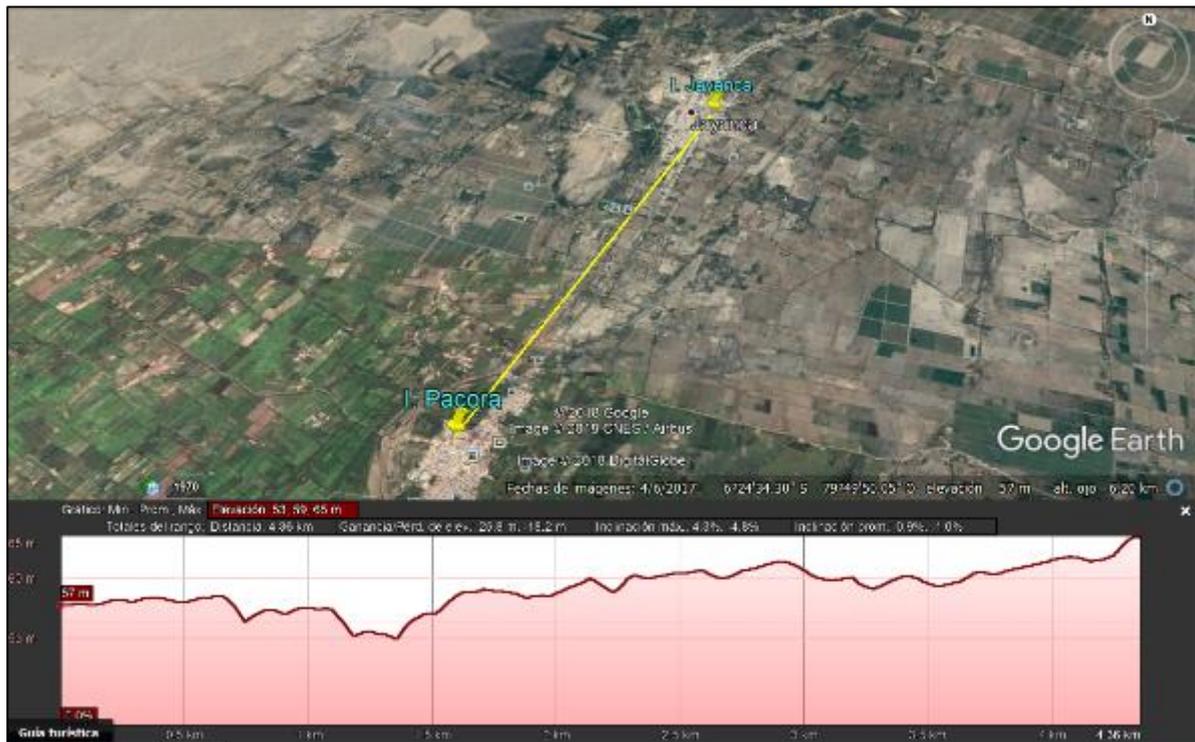


Figura 33 fuente Google Earth - Perfil de elevación Pacora-Jayanca

Al analizar el perfil de elevación (proporcionado por Google Earth) del enlace I. Pacora – I. Jayanca se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, por lo tanto se llega a la conclusión que con una altura adecuada de las antenas se puede obtener una línea de vista directa y además se obtiene un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, y asegurando valores mínimos de ciertos parámetros, se observa que el radioenlace tiene éxito.

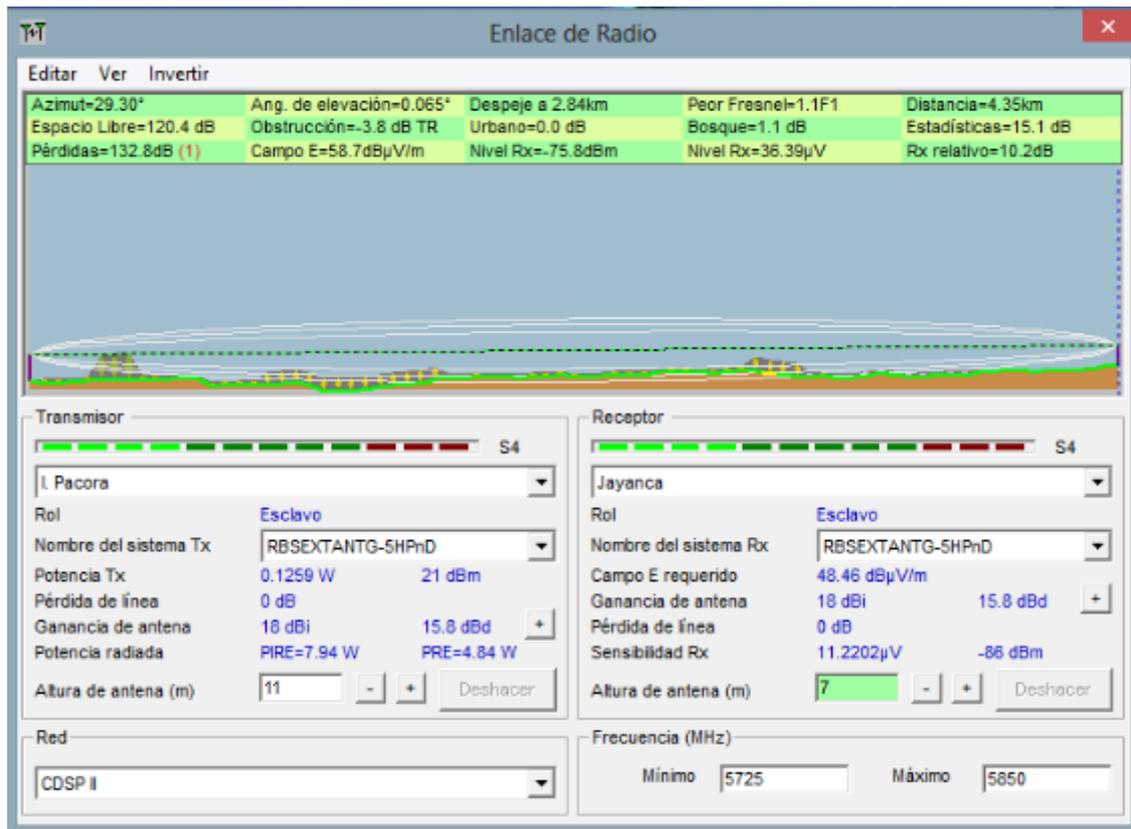


Figura 34 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Pacora-Jayanca

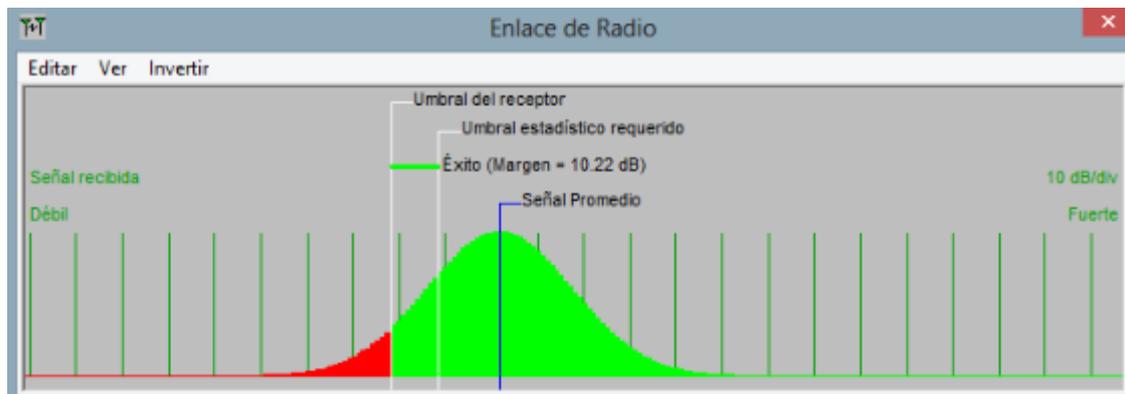


Figura 35 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Pacora-Jayanca

CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I. PACORA – I. JAYANCA

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre Lagartera e I. Pacora es 4.4 km (2.7 miles)
- Azimut norte verdadero = 29.30°, Azimut Norte Magnético = 30.16°, Angulo de elevación = 0.0178°
- Variación de altitud de 15.1 m
- **El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.2 F1 a 2.9 km**
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Espacio Libre = 120.4 dB, Obstrucción = -4.1 dB TR, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 15.0 dB
- La pérdida de propagación total es 131.3 dB
- Ganancia del sistema de I. Pacora a I. Jayanca es de 143.0 dB (antena a 29.3 ° 0.02° ganancia = 18.0 dBi)
- Ganancia del sistema de I. Jayanca a I. Pacora es de 143.0 dB (antena a 209.3 ° -0.06° ganancia = 18.0 dBi)
- Peor recepción es **10.22 dB** sobre la señal requerida a encontrar
- **99.999% de tiempo**, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace se realiza con éxito, además de presentar una disponibilidad del **99.999 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Pacora	11 m
I. Jayanca	7 m

5.3.1.7 ENLACE I. PROGRESO – I. BATANGRANDE

Este radioenlace permite interconectar el local de la iglesia del Nazareno ubicado en el caserío Progreso (distrito de Jayanca) con el local de la iglesia del Nazareno ubicado en el CPM Batangranda (distrito de Ferreñafe).

La interconexión de estos dos nodos se realizará mediante un enlace punto a punto en la banda de los 5.8 GHZ.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Progreso**

Elevación: (msnm)	71
Latitud: (S)	6°26'39.6"
Longitud: (O)	79°46'39.3"

- **I. Batangranda**

Elevación: (msnm)	109.1
Latitud: (S)	6°28'50.9"
Longitud: (O)	79°39'08.9"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
I. Lagartera – I. Progreso	14.4 Km

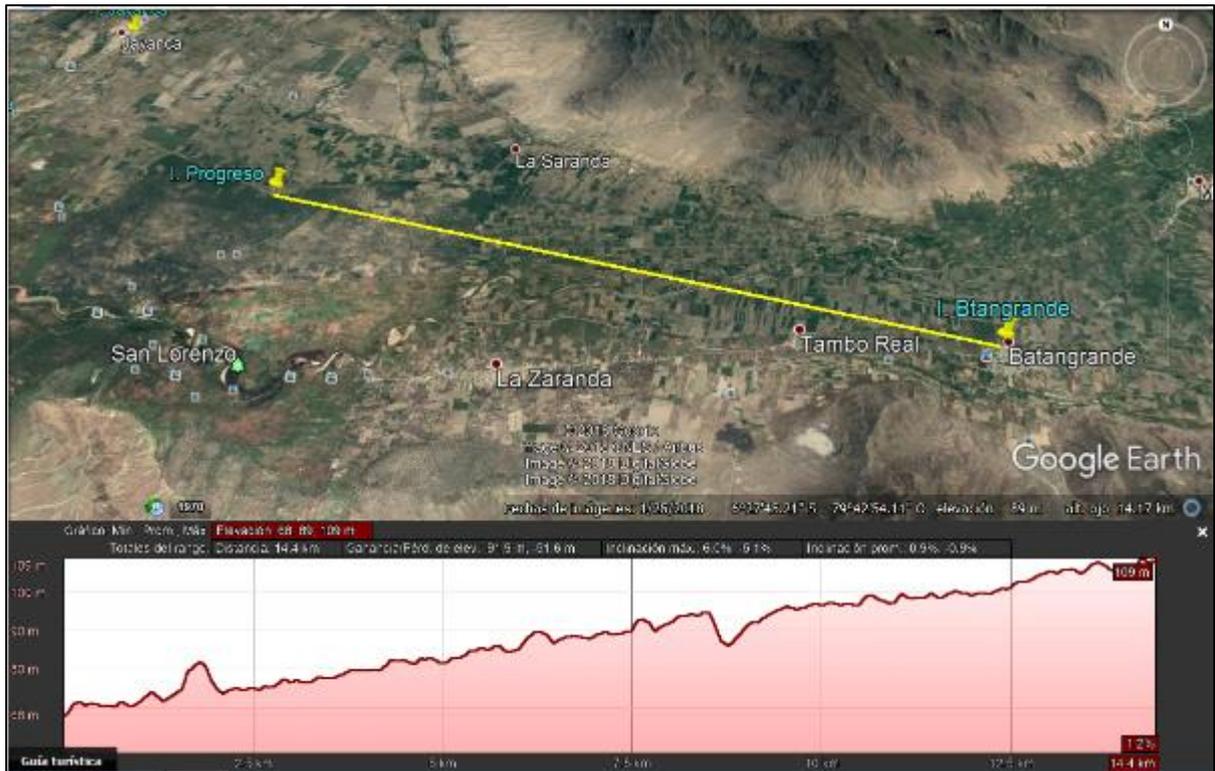


Figura 36 fuente Google Earth - Perfil de elevación Progreso-Batangrande

Al hacer un análisis simple del perfil de elevación (proporcionado por Google Earth) del enlace I. Progreso – I. Batangrande se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, por lo tanto se llega a la conclusión que con una altura adecuada de las antenas se puede obtener una línea de vista directa y además se obtiene un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, que se muestra a continuación, nos aseguramos que se superen los valores mínimos de ciertos parámetros, para garantizar que el radioenlace tenga éxito.

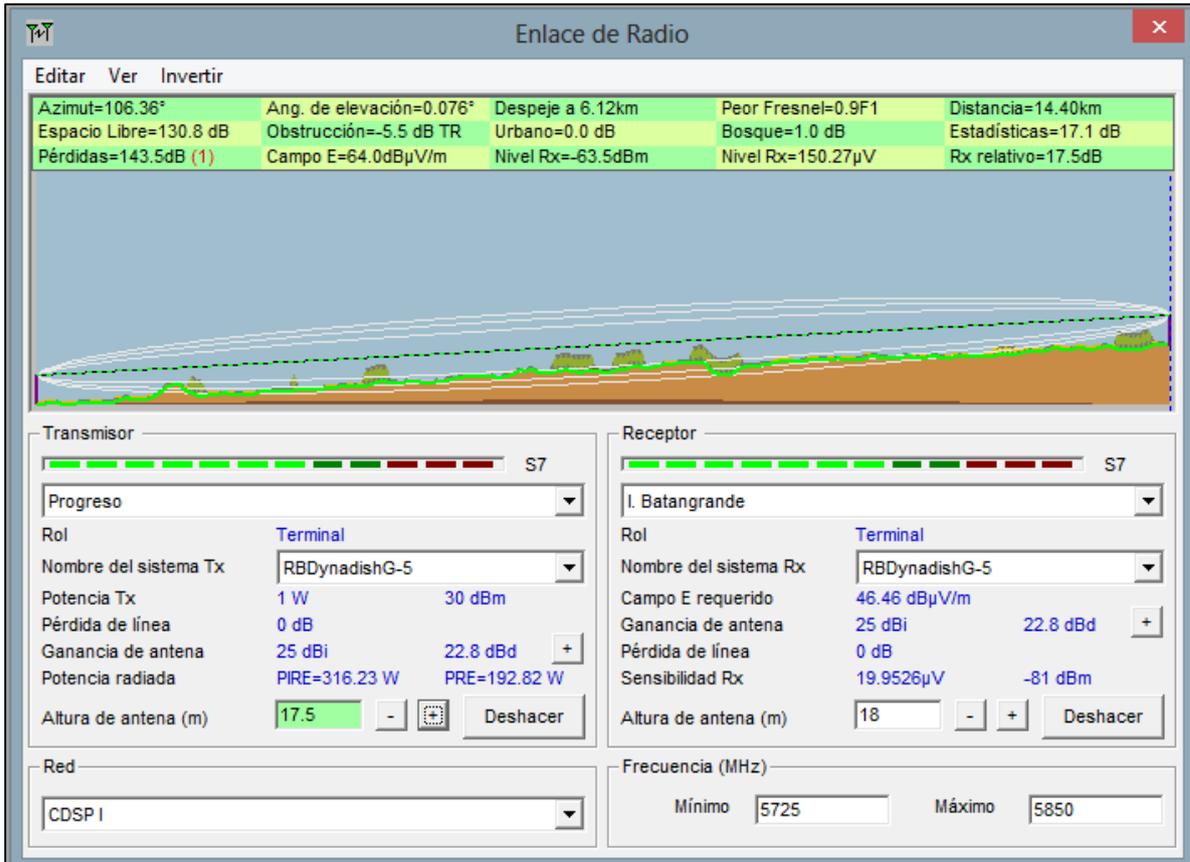


Figura 37 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Progreso-Batangrande

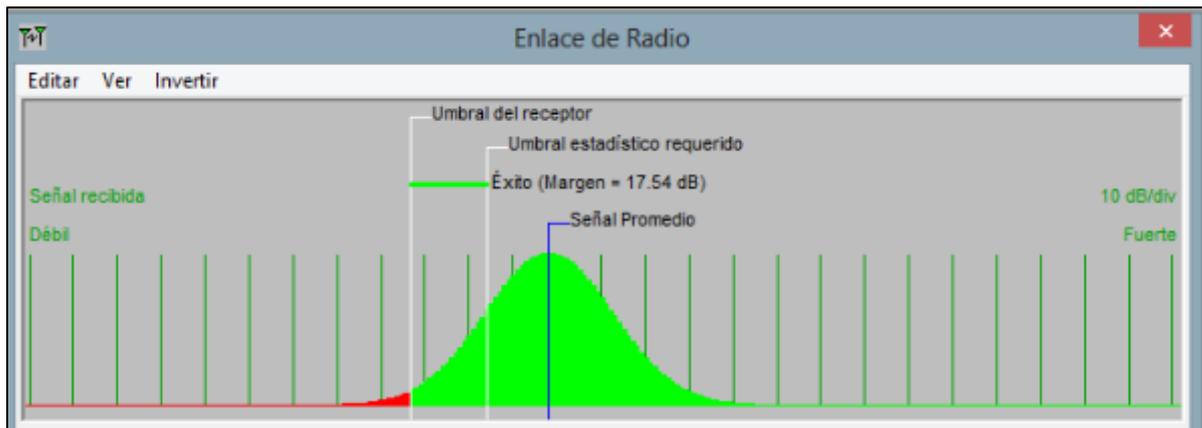


Figura 38 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Progreso-Batangrande

**CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I.
PROGRESO – I. BATANGRANDE**

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre I. Progreso e I. Batangranda es 14.4 km (8.9 miles)
- Azimut norte verdadero = 106.36°, Azimut Norte Magnético = 107.26°, Angulo de elevación = 0.0764°
- Variación de altitud de 48.6 m
- **El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 0.9 F1 a 6.1 km**
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Espacio Libre = 130.8 dB, Obstrucción = -5.5 dB TR, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 1.0 dB, Estadísticas = 17.1 dB
- La pérdida de propagación total es 143.5 dB
- Ganancia del sistema de I. Progreso a I. Batangranda es de 161.0 dB (ganancia ant = 25.0 dBi)
- Ganancia del sistema de I. Batangranda a I Progreso es de 161.0 dB (ganancia ant = 25.0 dBi)
- Peor recepción es **17.5 dB** sobre la señal requerida a encontrar
- **99.999% de tiempo**, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace se realiza con éxito, además de presentar una disponibilidad del **99.999 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Progreso	17.5 m
I. Batangranda	18 m

5.3.1.8 ENLACE I. PACORA – I. PROGRESO (ENLACE RESPALDO)

Este radioenlace se utilizará como enlace de respaldo a la red, con lo cual se asegura que las sedes de las iglesia Pacora, Jayanca, Progreso y Batangrande, puedan tener acceso a los servicios de la oficina central e internet si es que ocurriera algún tipo de falla en los enlaces Pacora – Lagartera y Progreso Lagartera.

La interconexión de estos dos nodos se realizará mediante un enlace punto a punto en la banda de los 5.8 GHZ.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Pacora**

Elevación: (msnm)	57.1
Latitud: (S)	6°25'35.8"
Longitud: (O)	79°50'24.8"

- **I. Progreso**

Elevación: (msnm)	71
Latitud: (S)	6°26'39.6"
Longitud: (O)	79°46'39.3"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
I. Pacora – I. Progreso	7.19 Km

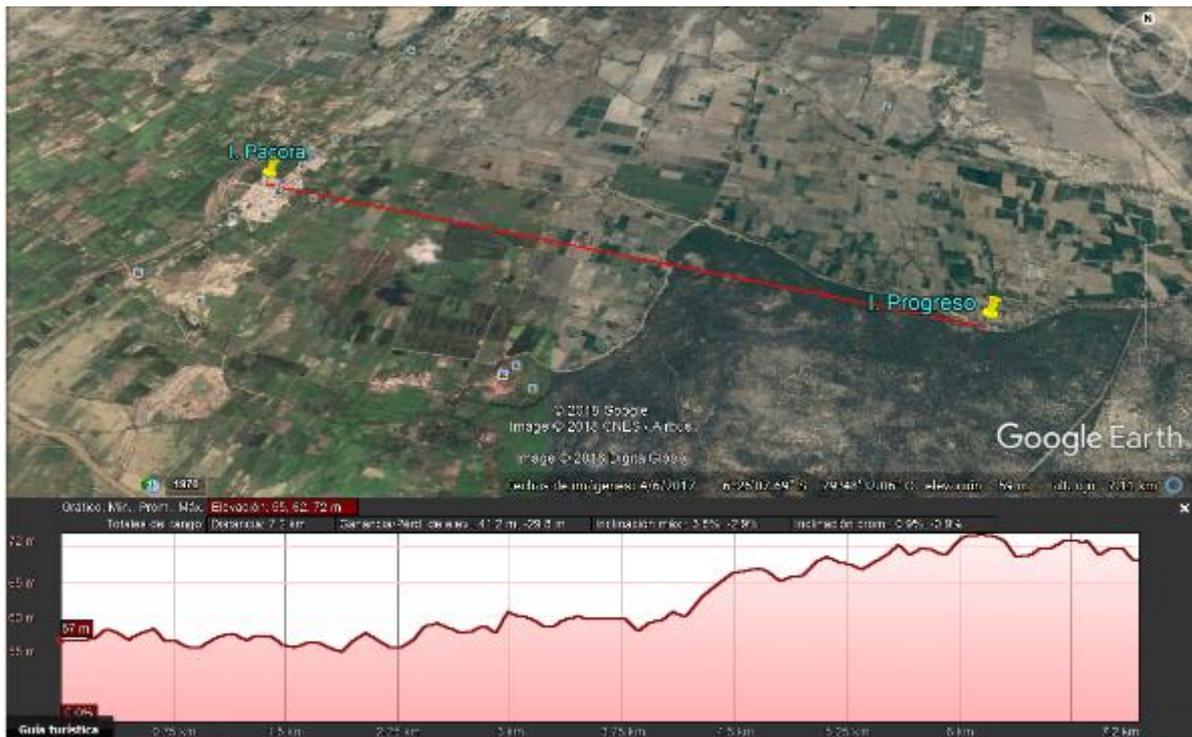


Figura 39: fuente Google Earth, Perfil de elevación Pacora-Progreso

Al hacer un análisis simple del perfil de elevación (proporcionado por Google Earth) del enlace I. Pacora – I. Progreso se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, por lo tanto se llega a la conclusión que con una altura adecuada de las antenas se puede obtener una línea de vista directa y además se obtiene un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, que se muestra a continuación, nos aseguramos que se superen los valores mínimos de ciertos parámetros, para garantizar que el radioenlace tenga éxito.

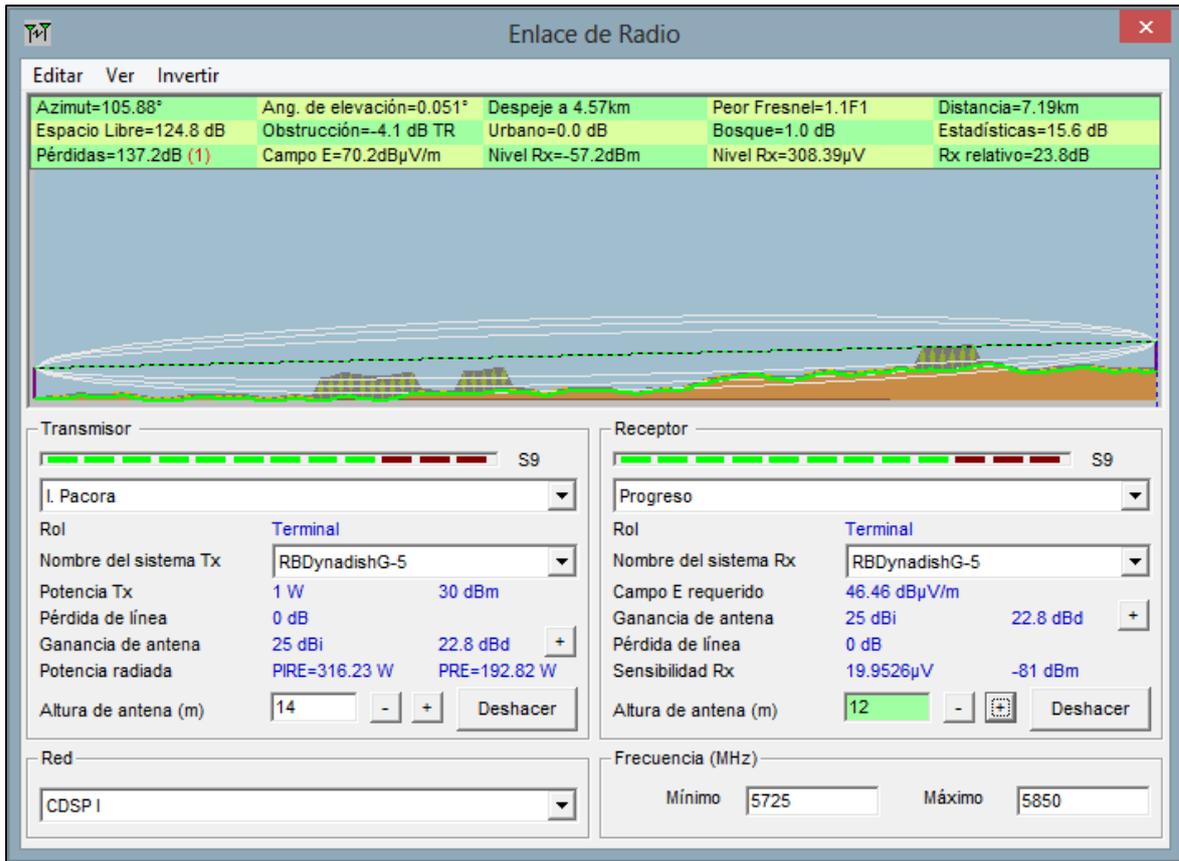


Figura 40 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Pacora-Progreso

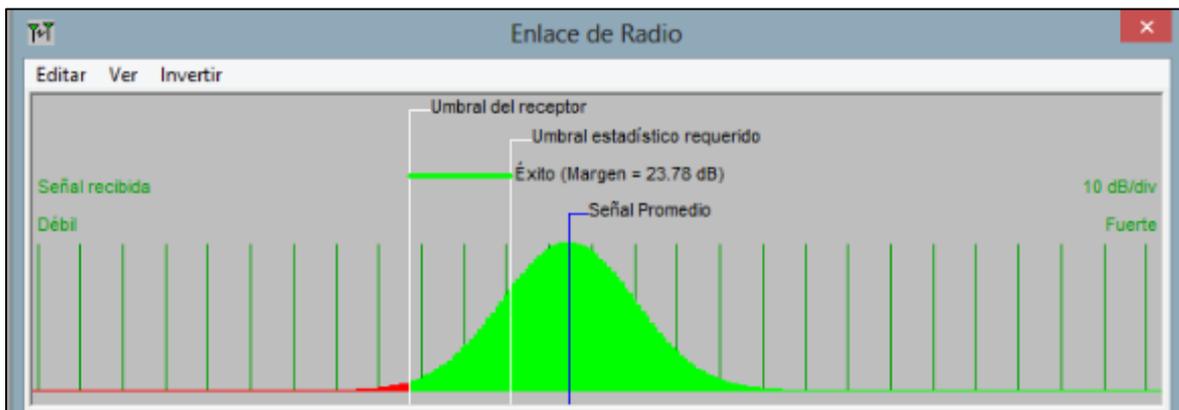


Figura 41 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Pacora-Progreso

**CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I.
PACORA – I. PROGRESO**

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre Lagartera e I. Progreso es 7.2 km (4.5 miles)
- Azimut norte verdadero = 105.88°, Azimut Norte Magnético = 106.75°, Angulo de elevación = 0.0506°
- Variación de altitud de 26.1 m
- **El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.1F1 a 4.6 km**
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Espacio Libre = 124.8 dB, Obstrucción = -4.1 dB TR, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 1.0 dB, Estadísticas = 15.6 dB
- La pérdida de propagación total es 137.2 dB
- Ganancia del sistema de I. Pacora a I. Progreso es de 161.0 dB (ganancia ant = 25.0 dBi)
- Ganancia del sistema de I. Progreso a I. Pacora es de 161.0 dB (ganancia ant = 25.0 dBi)
- Peor recepción es **23.8 dB** sobre la señal requerida a encontrar
- **99.999% de tiempo**, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace se realiza con éxito, además de presentar una disponibilidad del **99.999 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Pacora	14 m
I. Progreso	12 m

5.3.1.9 EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA NECESARIOS

a) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE PRINCIPAL (I. LAMBAYEQUE – I. LAGARTERA)

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 23.4 Km con línea de vista total para poder enlazar la oficina principal ubicada en Lambayeque con la sede Lagartera. Necesitamos que este equipo sea de gama empresarial, ya que este enlace transportará los datos de prácticamente toda la red y debe presentar un throughput no menor a 50 Mbps con tiempos de latencia reducidos que nos permitan tener un enlace sólido y estable.

La tecnología inalámbrica debe estar basada en Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM), para evitar problemas en toda la longitud del enlace, y a pesar que tengamos algún tipo de obstrucción podamos superarlo con los rebotes, esto también es favorable en los problemas climatológicos como son neblina y lluvia ya que por la longitud de los tramos, tenemos climas distintos que algún determinado momento puedan influir en la calidad de transmisión.

Los radios deberán operar con frecuencia de trabajo en la banda de los 5.725 GHz a 5.850 GHz para hacerlo más inmune a interferencias (como ocurre con equipos que operan en los 2.4 GHz), además de ser una banda en la que no se necesitan licencias de operación.

Cabe resaltar que el ancho de banda que pueden manejar estos equipos debería permitir que en el futuro se puedan agregar a la red más sedes de la organización, ya que dicha organización tiene más sedes en los distintos distritos del departamento de Lambayeque.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **ePMP 1000** de Cambium Network (antes Motorola).

La potencia de Transmisión máxima del radio ePMP 1000 es de **30 dBm**

Estos equipos de radio trabajarán conjuntamente con antenas parabólicas direccionales tipo **Dish de 30 dBi**.

b) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. LAGARTERA – I. MORROPE

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 6.62 Km con línea de vista total para poder enlazar las oficinas de las iglesias en dichos lugares.

Es posible utilizar equipos de gama media, ya que este enlace transportará los datos solamente de la sede I. Mórrope, además, debe presentar un throughput aceptable y tiempos de latencia reducidos que nos permitan tener un enlace sólido y estable.

La tecnología inalámbrica debe estar basada en Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM).

Los radios deberán operar con frecuencia de trabajo en la banda de los 5.725 GHz a 5.850 GHz para hacerlo más inmune a interferencias, además de ser una banda en la que no se necesitan licencias de operación.

Cabe resaltar que el ancho de banda que pueden manejar estos equipos debería permitir que en el futuro se puedan agregar a la red más sedes de la organización, ya que dicha organización tiene más sedes (Iglesias o avanzadas) en el distrito de Mórrope.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **RBSEXTANG-5HPnD** de Mikrotik.

La potencia de Transmisión máxima del radio RBSEXTANG-5HPnD es de **30 dBm**.

Estos equipos de radio tienen antenas integradas tipo **Panel de 18 dBi** del mismo fabricante.

c) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. LAGARTERA – I. LAS DELICIAS

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 2.31 Km con línea de vista total para poder enlazar las oficinas de las iglesias en dichos lugares.

Es posible utilizar equipos de gama media, ya que este enlace transportará los datos solamente de la sede I. Las Delicias, además, debe presentar un throughput aceptable y tiempos de latencia reducidos que nos permitan tener un enlace sólido y estable.

La tecnología inalámbrica debe estar basada en Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM).

Los radios deberán operar con frecuencia de trabajo en la banda de los 5.725 GHz a 5.850 GHz para hacerlo más inmune a interferencias, además de ser una banda en la que no se necesitan licencias de operación.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **STX Lite 5** de Mikrotik.

La potencia de Transmisión máxima del radio STX Lite 5 es de **27 dBm**.

Estos equipos de radio tienen antenas integradas tipo **Panel de 16 dBi** del mismo fabricante.

d) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. LAGARTERA – I. PACORA

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 16.44 Km con línea de vista total para poder enlazar las oficinas de las iglesias en dichos lugares.

Es posible utilizar equipos de gama media pero de excelentes prestaciones (throughput aceptable y tiempos de latencia reducidos), ya que este enlace transportará los datos, no solamente de la sede I. Pacora sino también permitirá el paso del tráfico generado en la I. Jayanca, por lo tanto, los equipos a utilizar tienen que ser robustos.

La tecnología inalámbrica debe estar basada en Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM).

Los radios deberán operar con frecuencia de trabajo en la banda de los 5.725 GHz a 5.850 GHz para hacerlo más inmune a interferencias, además de ser una banda en la que no se necesitan licencias de operación.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **Net Metal RB912-5GH** de Mikrotik.

La potencia de Transmisión máxima del radio es de **30 dBm**.

Estos equipos de radio trabajan conjuntamente con antenas direccionales tipo **dish de 30 dBi** del mismo fabricante.

e) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. LAGARTERA – I. PROGRESO

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 21.92 Km con línea de vista total para poder enlazar las oficinas de las iglesias en dichos lugares.

Es posible utilizar equipos de gama media pero de excelentes prestaciones (throughput aceptable y tiempos de latencia reducidos), ya que este enlace transportará los datos, no solamente de la sede I. Progreso sino también permitirá el paso del tráfico generado en la I. Batangrande, por lo tanto, los equipos a utilizar tienen que ser robustos.

La tecnología inalámbrica debe estar basada en Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM).

Los radios deberán operar con frecuencia de trabajo en la banda de los 5.725 GHz a 5.850 GHz para hacerlo más inmune a interferencias, además de ser una banda en la que no se necesitan licencias de operación.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **Net Metal RB912-5GH** de Mikrotik.

La potencia de Transmisión máxima del radio es de **30 dBm**.

Estos equipos de radio trabajan conjuntamente con antenas direccionales tipo **dish de 30 dBi** del mismo fabricante.

f) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. PACORA – I. JAYANCA

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 4.4 Km con línea de vista total para poder enlazar las oficinas de las iglesias en dichos lugares.

Es posible utilizar equipos de gama media, ya que este enlace transportará los datos solamente de la sede I. Jayanca, además, debe presentar un throughput aceptable y tiempos de latencia reducidos que nos permitan tener un enlace sólido y estable.

La tecnología inalámbrica debe estar basada en Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM).

Los radios deberán operar con frecuencia de trabajo en la banda de los 5.725 GHz a 5.850 GHz para hacerlo más inmune a interferencias, además de ser una banda en la que no se necesitan licencias de operación.

Cabe resaltar que el ancho de banda que pueden manejar estos equipos debería permitir que en el futuro se puedan agregar a la red más sedes de la organización, ya que dicha organización tiene más sedes (Iglesias o avanzadas) en el distrito de Jayanca.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **RBSEXTANG-5HPnD** de Mikrotik.

La potencia de Transmisión máxima del radio RBSEXTANG-5HPnD es de **30 dBm**.

Estos equipos de radio tienen antenas integradas tipo **Panel de 18 dBi** del mismo fabricante.

g) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. PROGRESO – I. BATANGRANDE

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 14.4 Km con línea de vista total para poder enlazar las oficinas de las iglesias en dichos lugares.

Es posible utilizar equipos de gama media pero de excelentes prestaciones (throughput aceptable y tiempos de latencia reducidos), ya que este enlace transportará los datos solamente de la sede I. Batangrande, pero hay que tener en cuenta que la distancia es significativa. Además estos equipos deberían permitir que en el futuro se puedan agregar a la red más sedes de la organización, ya que dicha organización tiene más sedes (Iglesias o avanzadas) en el distrito de Ferreñafe.

La tecnología inalámbrica debe estar basada en Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM).

Los radios deberán operar con frecuencia de trabajo en la banda de los 5.725 GHz a 5.850 GHz para hacerlo más inmune a interferencias, además de ser una banda en la que no se necesitan licencias de operación.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **Dinadish-5** de Mikrotik.

La potencia de Transmisión máxima del radio es de **30 dBm**.

Estos equipos de radio trabajan conjuntamente con antenas direccionales tipo **dish de 25 dBi** del mismo fabricante.

h) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. PACORA – I. PROGRESO (ENLACE DE RESPALDO)

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 7.19 Km con línea de vista total para poder enlazar las oficinas de las iglesias en dichos lugares.

Es posible utilizar equipos de gama media, ya que este enlace actuará como respaldo y sólo entrará en servicio en caso que fallaran algunos de los enlaces que se conectan con el nodo ubicado en Lagartera (Lagartera – Pacora o Lagartera - Progreso), con lo cual, las sedes de Pacora, Jayanca, Progreso y Batangrande tendrían la posibilidad de seguir conectadas a la red.

La tecnología inalámbrica debe estar basada en Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM).

Los radios deberán operar con frecuencia de trabajo en la banda de los 5.725 GHz a 5.850 GHz para hacerlo más inmune a interferencias, además de ser una banda en la que no se necesitan licencias de operación.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **DynaDish 5** de Mikrotik.

La potencia de Transmisión máxima del radio DynaDish 5 es de **31 dBm**.

Estos equipos de radio utilizan antenas direccionales tipo **dish de 25 dBi** del mismo fabricante.

i) MEDIDA DE LAS TORRES METÁLICAS

Se instalarán en cada punto torres metálicas ventadas.

Para determinar las alturas de las torres que portarán las antenas en los distintos puntos de la red, se tomará en cuenta la edificación o el terreno de las distintas iglesias que forman parte de dicha red, sobre las cuales se instalarán las torres ventadas.

A continuación se muestra un cuadro en el que se compara la altura de las antenas, la altura de las edificaciones y la altura correspondiente de cada torre.

N	Lugares	Altura del edificio (m)	Altura de la antena (desde suelo m)	Altura Torre
01	I. Lambayeque	9	27	15 m.
02	I. Lagartera	0	24	24 m.
03	I. Mórrope	3	10	9 m.
04	I. Las Delicias	0	6	6 m.
05	I. Pacora	0	15	15 m.
06	I. Jayanca	3	7	6 m.
07	I. Progreso	3	18	15 m.
08	I. Batangrande	3	18	15 m.

Tabla 8 Fuente: Google Earth, Elaboración propia

Estas torres metálicas deben tener características, que puedan generar una gran estabilidad a los equipos instalados en ella a pesar de los agentes atmosféricos presentes en la zona, teniendo gran consideración por el agente viento.

Estas estructuras deberán construirse en tramos de 3 metros y todos los cuerpos deberán estar constituidos exactamente iguales, además se pintarán con esmalte acrílico rojo y blanco de acuerdo a la disposición del ministerio de transportes y comunicaciones.

j) SISTEMA DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA (UPS)

UPS es la abreviatura de Uninterruptible Power System, (Sistema de Energía Ininterrumpida). Se usa para alimentar a un equipo electrónico o eléctrico, que si se detiene o se altera su funcionamiento por un problema en la alimentación eléctrica, resulta costoso, tanto en dinero como en tiempo, por pérdida de información o en daños en sus componentes.

Consta de las siguientes partes:

Rectificador: que rectifica la corriente alterna de entrada, proveyendo corriente continua para cargar a una batería. Desde ésta se alimenta a un inversor que la convierte nuevamente en alterna. Luego de haberse descargado la batería, ésta se recarga generalmente en un tiempo de 8 a 10 horas, por lo cual la capacidad del cargador debe ser proporcional al tamaño de la batería necesaria.

Batería: cuya capacidad (en Amperes Hora) depende del tiempo (autonomía) durante el cual debe entregar energía cuando se corta la entrada del equipo UPS.

Inversor: que convierte la corriente continua de la batería en corriente alterna, adecuada para alimentar a los equipos conectados a la salida del UPS. Su capacidad de potencia depende del consumo total de los equipos a alimentar.

Conmutador: (By-Pass) de 2 posiciones que permite conectar la salida con la entrada del UPS (By Pass) o con la salida del inversor.

k) PUESTA A TIERRA

(...)La puesta a tierra tiene como función limitar la tensión respecto a tierra que, debido a averías o fugas, puedan presentarse en partes metálicas de la instalación.

La puesta a tierra protege de contactos indirectos. También se debe proteger con la puesta a tierra, al propio edificio de descargas atmosféricas (rayos).

Tener presente que una inadecuada o mala tierra puede empeorar la calidad (relación señal a ruido) de multiplexores, radios o sistemas de datos.

Se conectan a tierra los siguientes elementos:

- Instalación de pararrayos
- Antenas
- Estructuras metálicas y armaduras de muros y soportes de hormigón, y elementos metálicos significativos.

La toma de tierra consta de:

Electrodo: Masa metálica, permanentemente en buen contacto con el terreno, para facilitar el paso de las corrientes de defecto.

Líneas de enlace con tierra: Varios conductores que unen los electrodos con el punto de puesta a tierra. La sección de los conductores no debe ser inferior a 35 mm² si el cable es de cobre.

Puntos de puesta a tierra: Puntos situados fuera del suelo que sirven de unión entre las líneas de enlace con tierra y las líneas principales de tierra (García Chinguel & Llamo Orrego, 2006).

1) PARARRAYOS

Los modelos de pararrayo diseñados, incorporan un sistema que anula el efecto corona, es capaz de consumir la influencia eléctrica de un campo eléctrico-Atmosférico, transformarlo en baja tensión, la corriente resultante de la transferencia de carga es canalizada por el cable de tierra a la toma de tierra eléctrica. La tecnología novedosa está diseñada a partir del estudio del campo electrostático y sus reacciones que se presenta en la atmósfera y en tierra durante el proceso de una tormenta eléctrica.

Podemos configurar la nueva tecnología de protección del rayo para cubrir diferentes necesidades y aplicaciones (Refugio de Rayos).

Características básicas.

Los Pararrayos Desionizadores de Carga Electroestática (PDCE), incorporan un sistema de transferencia de carga (CTS), no incorporan ninguna fuente radioactiva. Se caracteriza por transferir la carga electrostática antes de la formación del rayo anulando el fenómeno de ionización o efecto corona. El cabezal del pararrayos está constituido por dos electrodos de aluminio separados por un aislante dieléctrico todo ello soportado por un pequeño mástil de acero inoxidable. Su forma es esférica y el sistema está conectado en serie con la propia toma de tierra para transferir la carga electrostática a tierra evitando la excitación e impacto directo del rayo.

Principio de funcionamiento.

Se basa esencialmente en canalizar por la toma de tierra la diferencia de potencial entre la nube y el cabezal del pararrayos, la instalación conduce primero hacia arriba, por el cable desnudo de tierra; la tensión eléctrica generada por la tormenta eléctrica al punto más alto de la instalación, durante el proceso de la tormenta se genera campos de alta tensión que se concentran en el electrodo inferior (cátodo -), a partir de una magnitud del campo eléctrico, el electrodo superior (ánodo +) atrae cargas opuestas para compensar la diferencia de potencial interna del cabezal, durante el proceso de transferencia, en el interior del pararrayos se produce un flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo, este proceso natural anula el efecto corona en el exterior del pararrayos, no produciendo descargas disruptivas, ni ruido audible a frito, ni radiofrecuencia, ni vibraciones del conductor. Durante el proceso, se produce una fuga de corriente a tierra por el cable conductor eléctrico, los valores máximos que se pueden registrar durante el proceso de máxima actividad de la tormenta, no superan los 300 miliamperios. A partir de ese momento el campo eléctrico ambiental no supera la tensión de ruptura al no tener la carga suficiente para romper su resistencia eléctrica.

Objetivo.

Es evitar el impacto directo en la zona de protección para proteger a las personas, animales e instalaciones, el conjunto de la instalación se diseña para canalizar la energía del proceso anterior a la formación del rayo desde el cabezal aéreo hasta la toma de tierra (las instalaciones de la puesta a tierra y cables del pararrayos están reguladas).

Un sistema pararrayos es un elemento que se compone de tres partes:

- Pararrayo propiamente dicho
- Cable o elemento conductor
- Tierra Física

Las interconexiones deben ser mínimas.

La trayectoria será lo más sencilla posible, evitando curvas pronunciadas y ángulos rectos.

La sección del conductor de bajada será de cobre de 50 mm².

El elemento receptor (punta del pararrayo) deberá estar dispuesto de tal forma que sobresalga por lo menos 15 cm. con respecto a cualquier otro elemento que este montado. (García Chinguel & Llamo Orrego, 2006).

m) LUZ DE BALIZA

El balizamiento luminoso de obstáculos va destinado a reducir el peligro para las aeronaves mediante la señalización de la presencia de obstáculos. Los objetos altos, fijos o móviles, deben ser señalizados cuando se encuentran en determinadas condiciones susceptibles de provocar un riesgo de colisión en las proximidades de los aeropuertos o helipuertos.

Las recomendaciones mínimas en términos de balizamiento de obstáculos se pueden encontrar en el Anexo 14, Vol. I, Capítulo 6 de la Organización de Aviación Civil Internacionales (OACI)

Estas normas definen los tipos de balizas necesarias para la señalización, indicando la intensidad mínima y la disposición de las balizas con respecto a la altura y la extensión de los obstáculos. La intensidad de una baliza no puede ser, en cualquier caso, inferior a 10 cd según las normas OACI.

La baliza definida en las normas OACI para nuestro caso son: balizas de baja intensidad.

Esta baliza se describe como luces fijas de baja intensidad tipo A, de color rojo e intensidad luminosa de mínimo 10cd, esta se emplea para el balizaje nocturno de los obstáculos es de 55 watt, que proporcionen una intensidad luminosa. (García Chinguel & Llamo Orrego, 2006)

5.3.2 PROPUESTA N° 2

En esta propuesta se presenta una red que consiste en lograr dos enlaces que serían los enlaces principales:

- Enlace desde la **Oficina Central** ubicada en el distrito de Lambayeque hasta la **sede Iglesia Lagartera** (distrito de Mórrope).
- Enlace desde la **oficina central** hasta la **sede Pacora**.

Las demás sedes se conectarán con la oficina central a través de estos enlaces principales.

Se propone también implementar un radioenlace entre las sedes Lagartera y Pacora que sirva como enlace de respaldo para las sedes de la red.

A continuación se muestra el diagrama general de la Red donde se muestran las ubicaciones exactas de los puntos involucrados y las rutas de los radioenlaces.

También se muestra un cuadro que detalla las distancias entre los puntos a conectar.

DISEÑO DE RED DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA (SEGUNDA PROPUESTA)

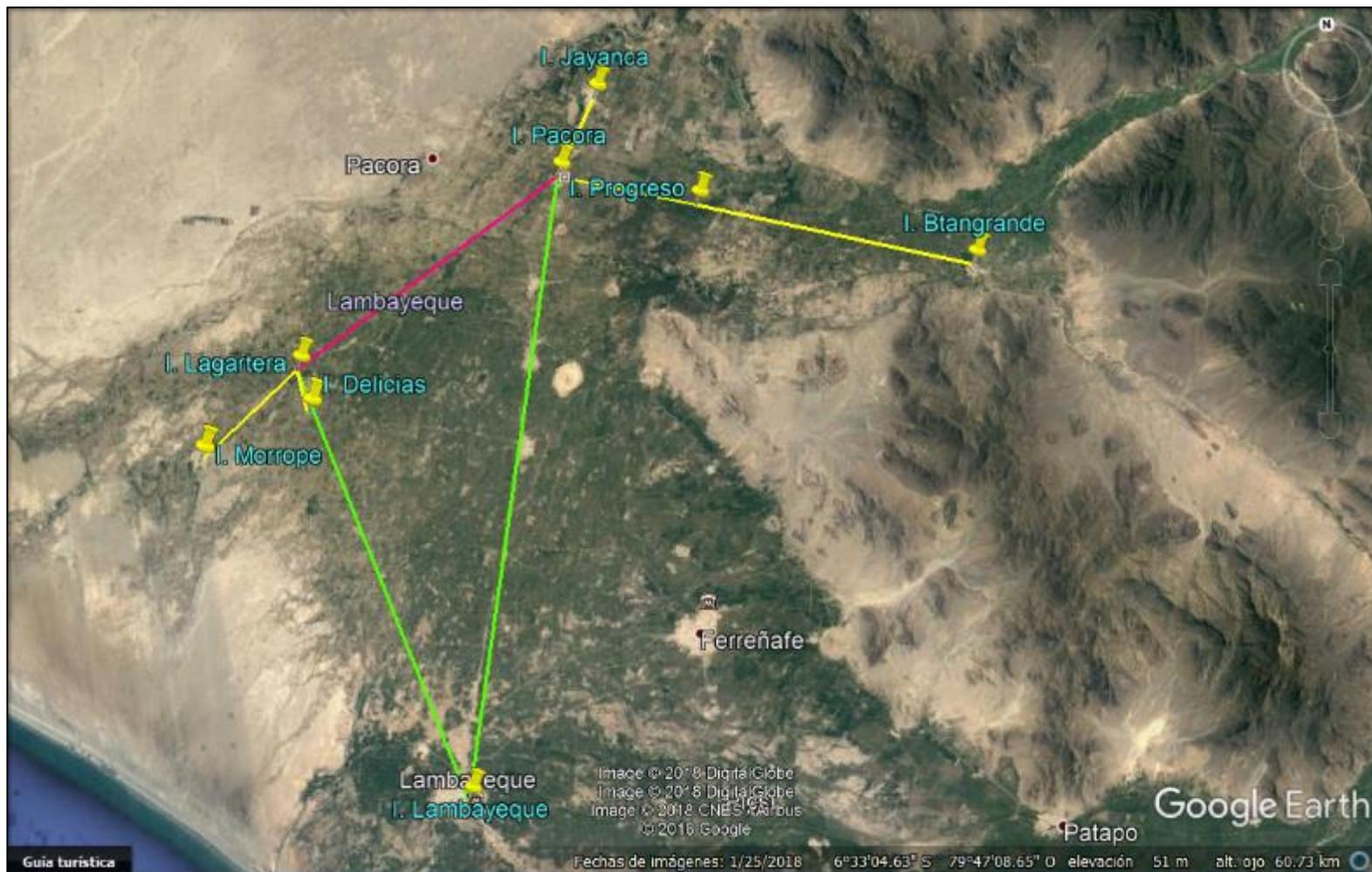


Figura 42 fuente: Google Earth - Diseño de la Red Inalámbrica

TRAMO	DISTANCIA
Enlace Principal	
I. Lambayeque – I. Lagartera	23.43 km
I. Lambayeque – I. Pacora	31.8 km
Enlaces secundarios	
I. Lagartera – I. Mórrope	6.62 Km
I. Lagartera – I. Las Delicias	2.31 Km
I. Pacora – I. Progreso	7.19 Km
I. Pacora – I. Jayanca	4.35 Km
I. Progreso – I. Batangrande	14.4 Km
Enlace de respaldo	
I. Lagartera – I. Pacora	16.44 Km

Tabla 9 Fuente: Google Earth, Elaboración propia

A continuación se presentan sólo los resultados de la simulación de los radioenlaces I. Lambayeque – I. Pacora y I. Lagartera – I. Pacora, utilizando el software Radio Mobile, donde se pueden apreciar las pérdidas debido al trayecto (Path Loss), azimut, nivel de recepción (Rx level), PIRE, margen de desvanecimiento (Rx Relative). También se utiliza el software Google Earth para visualizar del perfil de elevación.

Los demás radioenlaces son los mismos de la propuesta N° 1 así que sólo haremos mención de ellos.

5.3.2.1 ENLACE I. LAMBAYEQUE – I. PACORA

Este radioenlace permite la interconexión del local de la iglesia del Nazareno ubicado en Pacora con el local de la iglesia del Nazareno ubicado en Lambayeque.

Este enlace será el responsable del transporte del tráfico de datos de las sedes Pacora, Jayanca, Progreso y Batangrande el servidor central (localizado en el local de la iglesia del Nazareno en el distrito de Lambayeque) y hacia el exterior de la red; por esta razón es que los equipos utilizados para dicho enlace deben ser altamente confiables; por lo tanto este enlace se deberá llevar a cabo, en lo posible, usando equipos de gama media o alta que operen en banda libre de 5.8 GHz.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Lambayeque**

Elevación: (msnm)	18.2
Latitud: (S)	6°42'7.21.4"
Longitud: (O)	79°54'9.6"

- **I. Pacora**

Elevación: (msnm)	57.1
Latitud: (S)	6°25'35.8"
Longitud: (O)	79°50'24.8"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
Lambayeque – CDSP Lagartera	31.8 Km

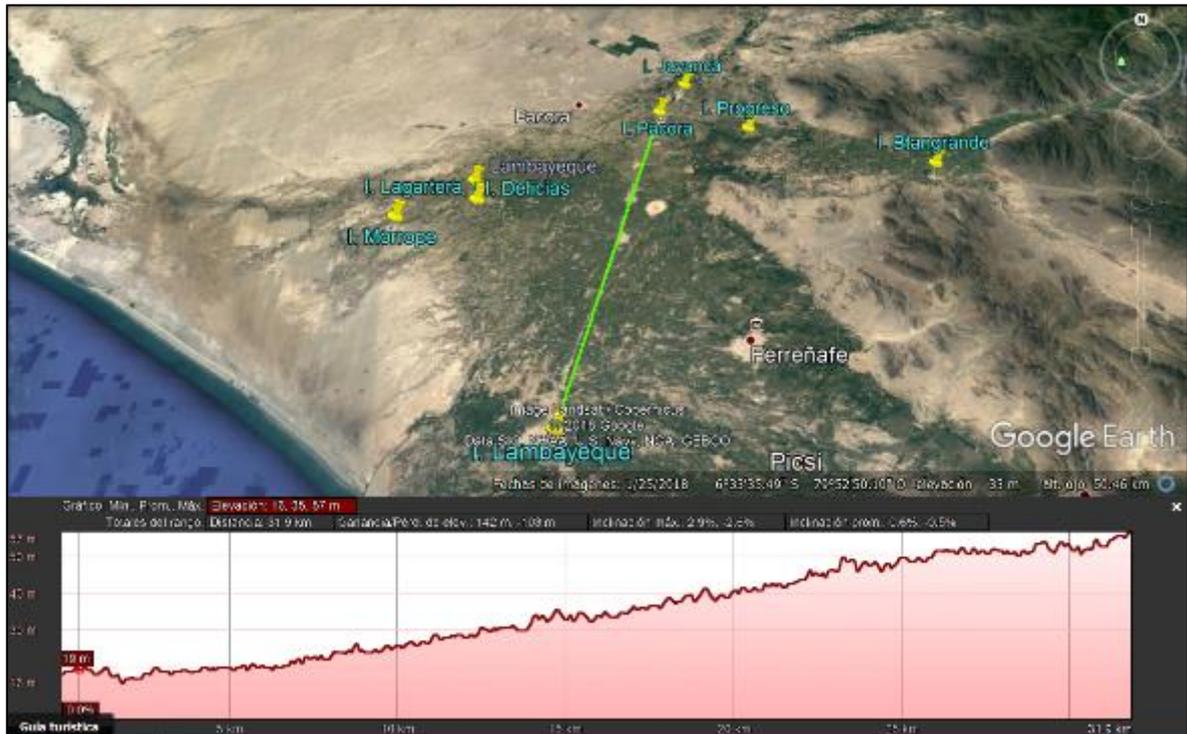


Figura 43 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lambayeque-Pacora

Al analizar el perfil de elevación (proporcionado por Google Earth) del enlace I. Lambayeque – I. Pacora se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, no obstante, la distancia a cubrir es significativa, por lo que la altura de las antenas debe ser la adecuada para ofrecer una excelente línea de vista directa y un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, y asegurando valores mínimos de ciertos parámetros, se observa que el radioenlace tiene éxito.

Parámetros y valores mínimos que debe cumplir el radioenlace:

- Línea de vista directa: **SI**
- Despeje de la 1° zona de Fresnel **70 %**
- Margen de desvanecimiento **10 dB**

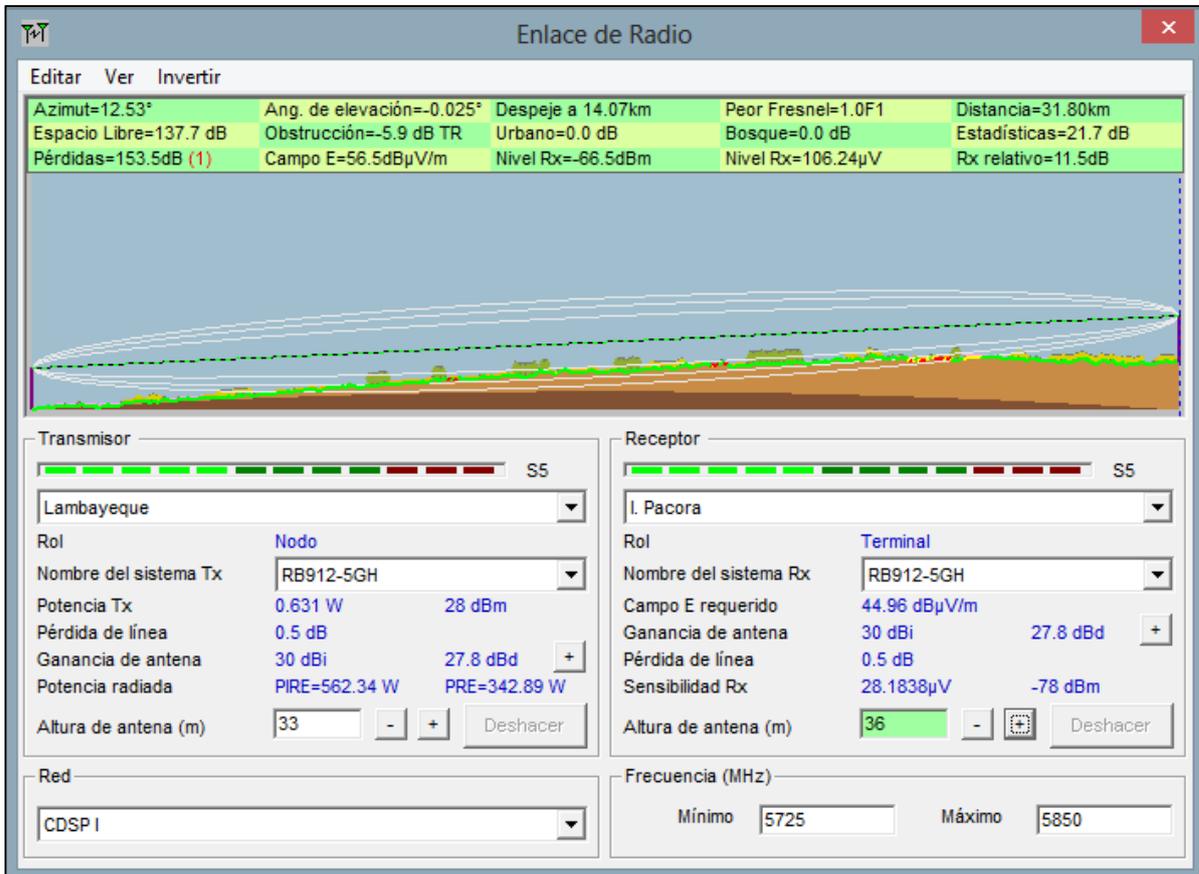


Figura 44 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Pacora

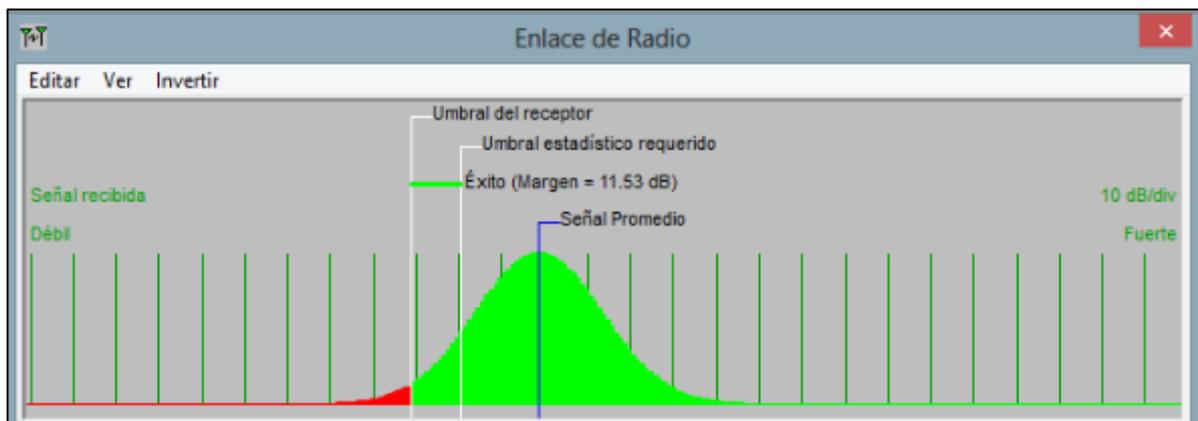


Figura 45 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Pacora

CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I. LAMBAYEQUE – I. PACORA

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre Lambayeque y Pacora es 31.8 km (19.8 miles)
- Azimut norte verdadero = 12.53°, Azimut Norte Magnético = 13.28°,
Angulo de elevación = -0.0249°
- Variación de altitud de 45.5 m
- **El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.0F1 a 14.1 km**
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Pérdida en Espacio Libre = 137.7 dB, Obstrucción = -5.9 dB TR,
Urbano = 0.0 dB, Bosque = 1.3 dB, Estadísticas = 21.7 dB
- La pérdida de propagación total es 153.5 dB
- Ganancia del sistema de Lambayeque a Pacora es de 165.0 dB (antena a 12.5 °-0.02° ganancia = 30.0 dBi)
- Ganancia del sistema de Pacora a Lambayeque es de 165.6 dB (antena a 192.5 °-0.26° ganancia = 25.0 dBi)
- Peor recepción es **11.5 dB** sobre la señal requerida a encontrar
- **99.999% de tiempo**, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones.

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace cumple con los requisitos mínimos, además de presentar una disponibilidad del **99.999 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Lambayeque	33 m
I. Pacora	36 m

5.3.2.2 ENLACE I. LAGARTERA – I. PACORA (ENLACE DE RESPALDO)

Este radioenlace se utilizará como enlace de respaldo a la red, con lo cual se asegura que las sedes de las iglesia Pacora, Jayanca, Progreso y Batangrande, puedan tener acceso a los servicios de la oficina central e internet si es que ocurriera algún tipo de falla en los enlaces Lagartera – Pacora y Lambayeque - Pacora.

La interconexión de estos dos nodos se realizará mediante un enlace punto a punto en la banda de los 5.8 GHZ.

Coordenadas geográficas y alturas:

- **I. Lagartera**

Elevación: (msnm)	33
Latitud: (S)	6°30'17.7"
Longitud: (O)	79°57'59.6"

- **I. Pacora**

Elevación: (msnm)	57.1
Latitud: (S)	6°25'35.8"
Longitud: (O)	79°50'24.8"

La distancia que existe entre estos dos puntos es la siguiente:

TRAMO	DISTANCIA
I. Lagartera – I. Pacora	16.44 Km

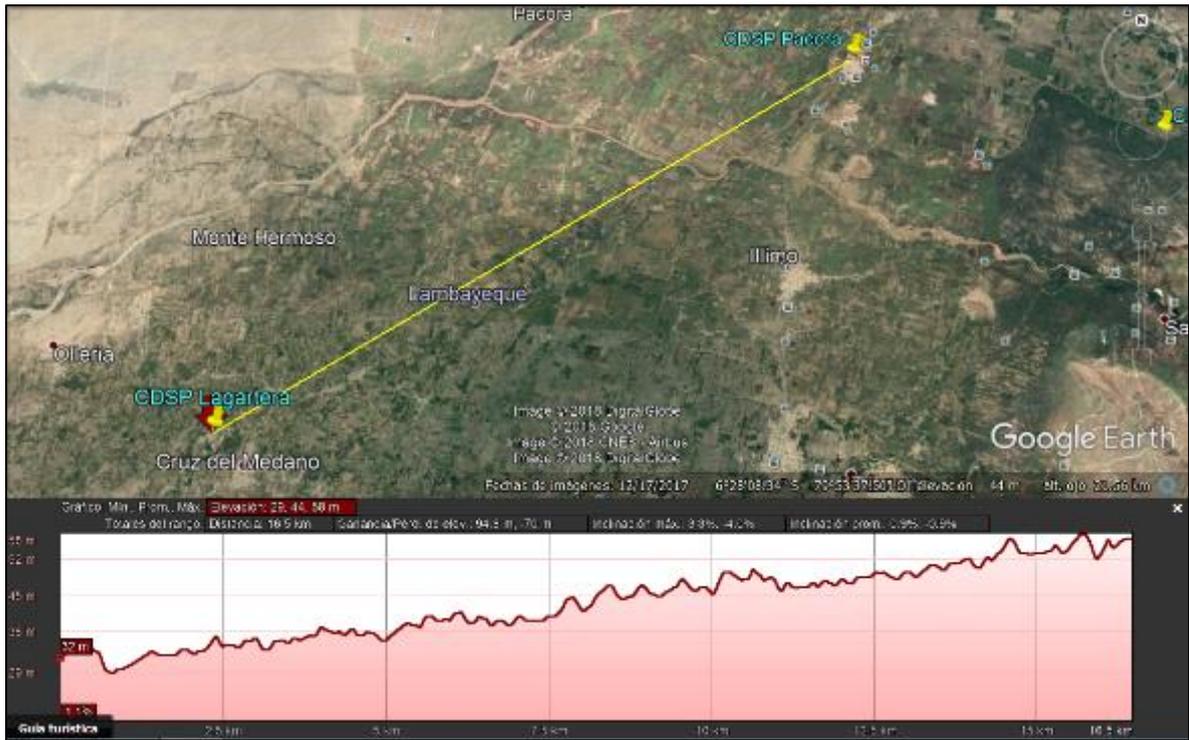


Figura 46 fuente Google Earth - Perfil de elevación Lagartera-Pacora

Al analizar el perfil de elevación (proporcionado por Google Earth) del enlace I. Lagartera – I. Pacora se observa que no hay obstáculos significativos entre dichos puntos, por lo tanto se llega a la conclusión que con una altura adecuada de las antenas se puede obtener una línea de vista directa y además se obtiene un porcentaje adecuado de despeje de la primera zona de Fresnel.

Con la ayuda del software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, y asegurando valores mínimos de ciertos parámetros, se observa que el radioenlace tiene éxito.

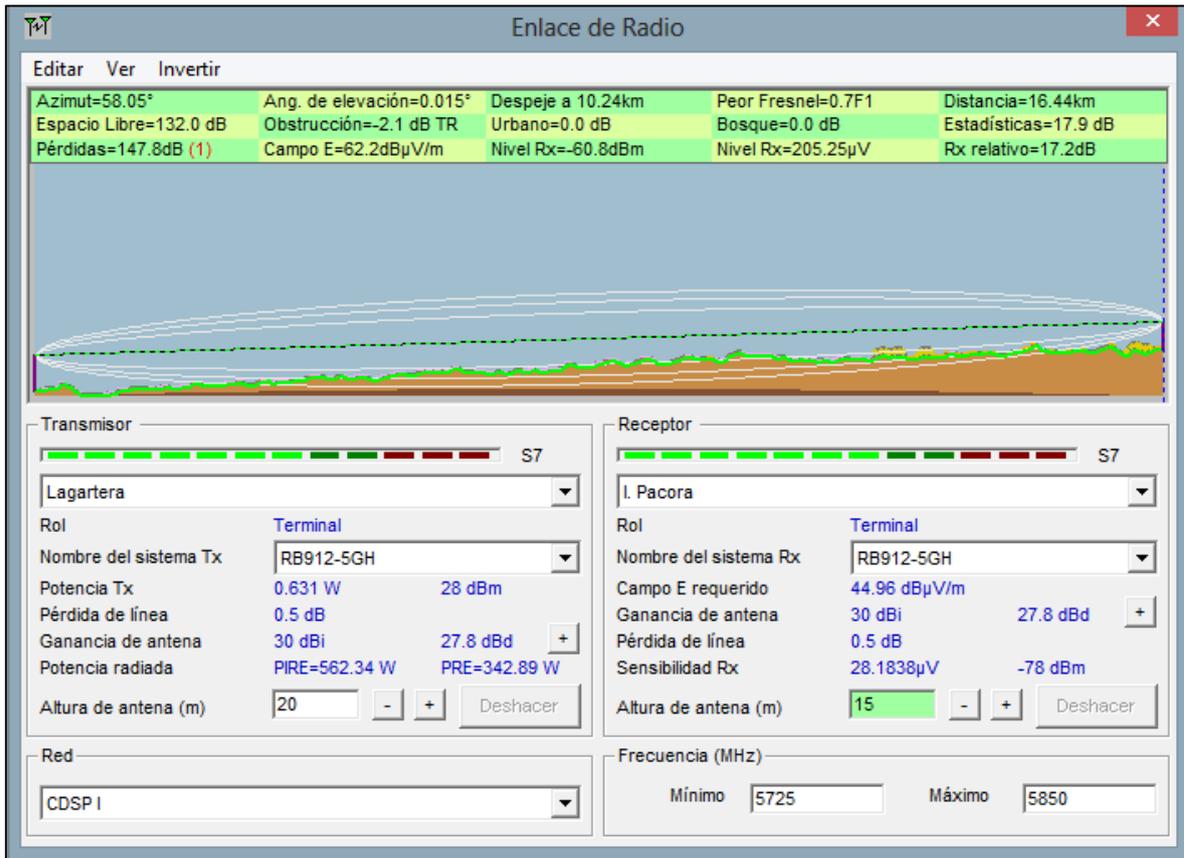


Figura 47 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Pacora

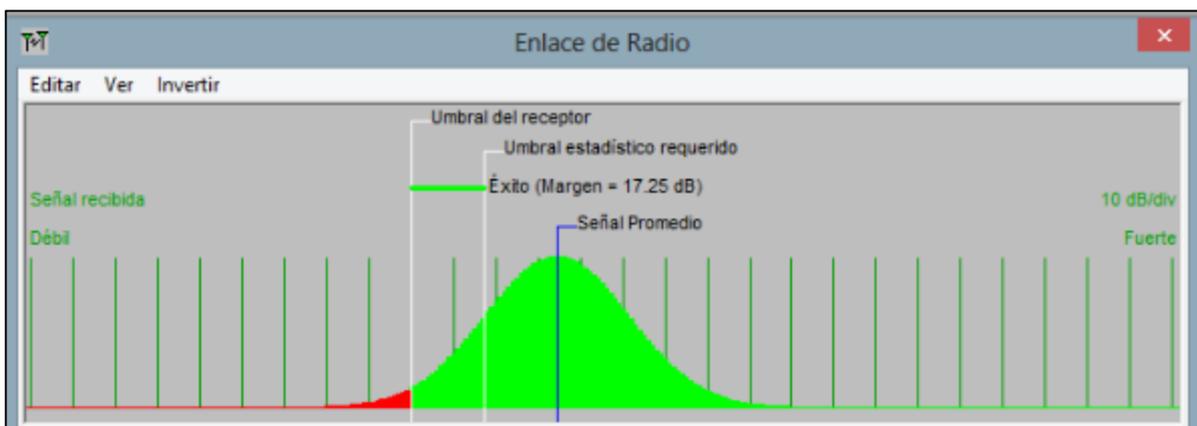


Figura 48 fuente Radio Mobile - Simulación del radioenlace Lambayeque-Pacora

**CARACTERISTICAS GENERALES DEL RADIOENLACE I.
LAGARTERA – I. PACORA**

Datos generados por el programa Radio Mobile

- La distancia entre Lagartera e I. Pacora es 16.4 km (10.2 miles)
- Azimut norte verdadero = 58.05°, Azimut Norte Magnético = 58.81°, Angulo de elevación = 0.0153°
- Variación de altitud de 31.2 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 0.7F1 a 10.2 km
- La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
- Espacio Libre = 132 dB, Obstrucción = -2.1 dB TR, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 17.9 dB
- La pérdida de propagación total es 147.8 dB
- Ganancia del sistema de Lagartera a I. Pacora es de 165.0 dB (ganancia ant = 30.0 dBi)
- Ganancia del sistema de I. Pacora a Lagartera es de 165.0 dB (ganancia ant = 30.0 dBi)
- Peor recepción es 17.2 dB sobre la señal requerida a encontrar
- **99.999%** de tiempo, 80.000% de ubicaciones, 80.000% de situaciones

La simulación del radioenlace mediante el software Radio Mobile muestra que dicho enlace se realiza con éxito, además de presentar una disponibilidad del **99.999 %** de tiempo. También nos sugiere la altura a la que se deberían instalar las antenas, con lo cual también podríamos calcular la altura de las torres que portarán dichas antenas.

NODOS	ALTURA DE ANTENA (sobre el suelo)
I. Lagartera	20 m
I. Pacora	15 m

5.3.2.3 EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA NECESARIOS

a) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. LAMBAYEQUE – I. PACORA

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 31.8 Km con línea de vista total para poder enlazar la oficina principal ubicada en Lambayeque con la sede Pacora.

Estos equipos serán de gama media o alta, ya que este enlace transportará los datos de las sedes Pacora, Jayanca, Progreso y Batangrande, deberán entregar un throughput aceptable y tiempos de latencia reducidos.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **RB912-5GH** de Mikrotik.

- Frecuencia de trabajo: 5.725 GHz - 5.850 GHz.
- Potencia de Transmisión máxima: **30 dBm**

Estos equipos de radio trabajarán conjuntamente con antenas direccionales tipo **Dish de 30 dBi** del mismo fabricante.

b) EQUIPOS DE RADIO PARA EL I. LAMBAYEQUE – I. LAGARTERA

La distancia entre la oficina principal ubicada en Lambayeque y la sede Lagartera es de 23.4 km.

Necesitamos que estos equipos sean de gama media o empresarial, ya que este enlace transportará los datos de las sedes Lagartera, Mórrope y las Delicias y deben presentar un throughput aceptable con tiempos de latencia reducidos.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **ePMP 1000** de Cambium Network (antes Motorola).

- Frecuencia de trabajo: 5.725 GHz - 5.850.
- Potencia de Transmisión máxima del radio ePMP 1000 es de **30 dBm**

Estos equipos de radio trabajarán conjuntamente con antenas direccionales tipo **Dish de 25 dBi** del mismo fabricante.

c) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. LAGARTERA – I. MORROPE

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 6.62 Km.

Cabe resaltar que el ancho de banda que pueden manejar estos equipos debería permitir que en el futuro se puedan agregar a la red más sedes de la organización, ya que dicha organización tiene más sedes (Iglesias o avanzadas) en el distrito de Mórrope.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **RBSEXTANG-5HPnD** de Mikrotik.

- Frecuencia de trabajo: 5.725 GHz - 5.850 GHz
- Potencia de Transmisión máxima: **30 dBm.**
- Estos equipos de radio tienen antenas integradas tipo **Panel de 18 dBi.**

d) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. LAGARTERA – I. LAS DELICIAS

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 2.31 Km.

Es posible utilizar equipos de gama media, ya que este enlace transportará los datos solamente de la sede I. Las Delicias, además, debe presentar un throughput aceptable y tiempos de latencia reducidos.

El radio **STX Lite 5** de Mikrotik reúne estas características

- Frecuencia de trabajo: 5.725 GHz - 5.850 GHz
- Potencia de Transmisión máxima: **27 dBm.**
- Estos equipos de radio tienen antenas integradas tipo **Panel de 16 dBi.**

e) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. LAGARTERA – I. PACORA (ENLACE DE RESPALDO)

La distancia efectiva a cubrir es de 16.44 Km para poder enlazar las oficinas de las iglesias en Lagartera y Pacora.

Es posible utilizar equipos de gama media, ya que este enlace actuará como respaldo y sólo entrará en servicio en caso que fallaran algunos de los enlaces

principales (Lambayeque – Pacora o Lambayeque - Lagartera), con lo cual, aún, todas las sedes tendrían la posibilidad de seguir conectadas a la red.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **Net Metal RB912-5GH** de Mikrotik.

- Frecuencia de trabajo: 5.725 GHz a 5.850 GHz
- Potencia de Transmisión máxima: **30 dBm.**

Estos equipos de radio trabajan conjuntamente con antenas direccionales tipo **dish de 30 dBi** del mismo fabricante.

f) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. PACORA – I. JAYANCA

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 4.4 Km.

Cabe resaltar que el ancho de banda que pueden manejar estos equipos debería permitir que en el futuro se puedan agregar a la red más sedes de la organización, ya que dicha organización tiene más sedes (Iglesias o avanzadas) en el distrito de Jayanca.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **RBSEXTANG-5HPnD** de Mikrotik.

- Frecuencia de trabajo: 5.725 GHz a 5.850 GHz
- Potencia de Transmisión máxima : **30 dBm.**
- Estos equipos de radio tienen antenas integradas tipo **Panel de 18 dBi.**

g) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. PROGRESO – I. BATANGRANDE

La distancia entre las iglesias ubicadas en Progreso y Batangrande es de 14.4 Km.

Es posible utilizar equipos de gama media pero de excelentes prestaciones (throughput aceptable y tiempos de latencia reducidos), ya que este enlace transportará los datos solamente de la sede I. Batangrande, pero hay que tener en cuenta que la distancia es significativa. Además estos equipos deberían permitir que en el futuro se puedan agregar a la red más sedes de la

organización, ya que dicha organización tiene más sedes (Iglesias o avanzadas) en el distrito de Ferreñafe.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **Net Metal RB912-5GH** de Mikrotik.

- Frecuencia de trabajo: 5.725 GHz - 5.850 GHz
- Potencia de Transmisión máxima : **30 dBm**.
- Estos equipos de radio trabajan conjuntamente con antenas direccionales tipo **dish de 30 dBi** del mismo fabricante.

h) EQUIPOS DE RADIO PARA EL ENLACE I. PACORA – I. PROGRESO

Los equipos necesarios para este radioenlace deben proporcionar la suficiente potencia para cubrir una distancia efectiva de 7.19 Km con línea de vista total para poder enlazar las oficinas de las iglesias en dichos lugares.

La tecnología inalámbrica debe estar basada en Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM).

Los radios deberán operar con frecuencia de trabajo en la banda de los 5.725 GHz a 5.850 GHz para hacerlo más inmune a interferencias, además de ser una banda en la que no se necesitan licencias de operación.

Uno de los equipos que reúne estas características es el radio **DynaDish 5** de Mikrotik.

- Potencia de Transmisión máxima : **31 dBm**.
- Estos equipos de radio utilizan antenas direccionales tipo **dish de 25 dBi** del mismo fabricante.

i) MEDIDA DE LAS TORRES METÁLICAS

Se instalarán en cada punto torres metálicas ventadas.

Para determinar las alturas de las torres que portarán las antenas en los distintos puntos de la red, se tomará en cuenta la edificación o el terreno de las distintas iglesias que forman parte de dicha red, sobre las cuales se instalarán las torres ventadas.

A continuación se muestra un cuadro en el que se compara la altura de las antenas, la altura de las edificaciones y la altura correspondiente de cada torre.

N	Lugares	Altura del edificio (m)	Altura de la antena (desde suelo m)	Altura Torre
01	I. Lambayeque	9	33	24 m.
02	I. Lagartera	0	21	21 m.
03	I. Mórrope	3	10	9 m.
04	I. Las Delicias	0	6	6 m.
05	I. Pacora	0	36	36 m.
06	I. Jayanca	3	7	6 m.
07	I. Progreso	3	18	15 m.
08	I. Batangrande	3	18	15 m.

Tabla 10 Fuente: *Elaboración propia*

Estas torres metálicas deben tener características, que puedan generar una gran estabilidad a los equipos instalados en ella a pesar de los agentes atmosféricos presentes en la zona, teniendo gran consideración por el agente viento.

Estas estructuras deberán construirse en tramos de 3 metros y todos los cuerpos deberán estar constituidos exactamente iguales, además se pintarán con esmalte acrílico rojo y blanco de acuerdo a la disposición del ministerio de transportes y comunicaciones.

A continuación sólo se hace mención de otros equipos necesarios en las instalaciones, ya que se describieron anteriormente en la propuesta N° 1.

j) SISTEMAS DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA (UPS)

k) PUESTA A TIERRA

l) PARARRAYOS

m) LUZ DE BALIZA

5.3.3 CONTRASTACIÓN DE PROPUESTAS

Después de hacer un análisis exhaustivo de las propuestas anteriores elegimos la primera propuesta por las siguientes consideraciones:

- En la primera propuesta existe un radioenlace entre Lambayeque y Lagartera que sirve de enlace principal, por el cual se transporta prácticamente todo el tráfico de la red, es por ello que los equipos seleccionados en esta propuesta son de gama alta, muy robustos, con lo cual se asegura la disponibilidad del enlace y el tráfico de datos de la red.
- En esta primera propuesta se sugiere un radioenlace de respaldo (Pacora-Progreso) con el fin de mantener la conectividad de las sedes Pacora, Jayanca, Progreso y Batangrande en caso que fallara alguno de los enlaces Lagartera-Pacora ó Lagartera-Progreso. No existe respaldo para el enlace principal, es por ello que se sugiere que este enlace sea realizado con equipos altamente confiables y robustos.
- La Segunda propuesta cuenta con dos radioenlaces que parten desde el local de la iglesia Nazareno en Lambayeque (Lambayeque–Lagartera y Lambayeque- Pacora) que actuarían como enlaces principales ya que transportarían el tráfico de otras sedes a través de ellos.
- Los equipos utilizados en la segunda propuesta pueden ser de gama media, ya que cada uno de ellos transportan el tráfico solo de algunas sedes; además tienen que trabajar ambos radioenlaces para evitar que por uno de ellos atravesase el tráfico de sedes que están muy alejadas, con lo cual aumentaría la latencia y por ende generaría un leve retraso en la transmisión de la información.
- En la segunda propuesta se propone un radioenlace desde Lambayeque hasta Pacora, el cual tiene una distancia significativa por cubrir. Para que sea viable dicho enlace, las antenas tienen que estar a una altura considerable para superar el perfil del terreno y obtener así una excelente línea de vista y un adecuado despeje de la primera zona de Fresnel.

- La altura de las torres para la segunda propuesta hace que la fabricación e instalación de dichas torres incremente significativamente el costo del proyecto.
- La propuesta N° 2 presenta una red redundante con respaldo de los enlaces principales, lo cual hacen de ella una red bastante robusta, confiable y de alta disponibilidad, no obstante, el costo del proyecto hace preferible la elección de la **propuesta N° 1**, debido a que uno de los factores principales a tener en cuenta en la elaboración del proyecto es el factor económico.

CAPITULO VI:
COSTOS DE LA RED INALAMBRICA DE BANDA
ANCHA

Este capítulo está orientado al análisis del aspecto económico del proyecto.

Para determinar los costos de proyecto, se tendrá en cuenta que los costos por equipos y la instalación se realizarán por única vez, los mismos que se detallan a continuación:

Costos detallados de los Equipos a utilizar para cada Enlace Inalámbrico

PRESUPUESTO DEL PROYECTO " RED INALAMBRICA DE BANDA ANCHA PARA LA ORGANIZACIÓN IGLESIA DEL NAZARENO DE LAMBAYEQUE"			
Cantidad	Descripción	Precio Unidad	Precio Parcial
Equipos para enlace Lambayeque - Lagartera (Enlace Principal)			10690.10
2	Radio ePMP 1000 Cambium Network - Throughput 200 Mbps	650.00	1300.00
2	Antena parabólica Dish 30 dBi	560.00	1120.00
70	Cable UTP cat 5e ext	2.00	140.00
1	Switch Lynsys 8p Gigabit Se3008	275.00	275.00
1	UPS 1500VA CDP R-smart (Lambayeque)	390.00	390.00
1	UPS 2000VA CDP R-smart (Lagartera)	709.00	709.00
2	Supresor de picos Omega	22.50	45.00
6	Canaleta 24*14 + accesorios	11.85	71.10
1	Puesta a tierra (Lagartera)	580.00	580.00
1	Pararrayos (Tetrapuntal, accesorios y cable de cobre) Lagartera	410.00	410.00
1	Pararrayos (Tetrapuntal, accesorios y cable de cobre) Lambayeque	320.00	320.00
2	Luz de baliza	440.00	880.00
1	Torre 15 m tubo galvanizado + accesorios Ubicación: Lambayeque	1600.00	1600.00
1	Torre 24 m tubo galvanizado + accesorios Ubicación: Lagartera	2350.00	2350.00
1	Base para torre y anclajes (Lagartera)	500.00	500.00

Equipos para enlace Lagartera - Morrope			1708.05
2	RB-SEXTANT G -5HP Mikrotik	440.00	880.00
0	Antena (incluida con el radio RB-Sextant G)	0.00	0.00
35	Cable UTP cat 5e ext	2.00	70.00
1	Supresor de picos	22.50	22.50
3	Canaletas 24*14 + accesorios	11.85	35.55
1	Torre 9 m tubo galvanizado + accesorios Ubicación: Morrope	700.00	700.00
Equipos para enlace Lagartera - Las Delicias			1258.20
2	SXT Lite 5 - Mikrotik	230.00	460.00
0	Antena (Incluida con el radio SXT Lite 5)	0.00	0.00
30	Cable UTP cat 5e ext	2.00	60.00
1	Supresor de picos	22.50	22.50
2	Canaletas 24*14	3.85	7.70
1	Accesorios (conectores, curvas)	8.00	8.00
1	Torre 6 m tubo galvanizado + accesorios Ubicación: Las Delicias	400.00	400.00
1	Base para torre y anclajes (Las Delicia)	300.00	300.00

Equipos para enlace Lagartera - Pacora			5720.05
2	RB912 5 HP Mikrotik	405.00	810.00
2	Antena Parabólica dish 30 dBi	560.00	1120.00
55	Cable UTP cat 5e ext	2.00	110.00
1	UPS 1500VA CDP R-smart (Pacora)	390.00	390.00
1	Supresor de picos	22.50	22.50
3	Canaletas 24*14 + accesorios	11.85	35.55
1	Switch no adm 8P Gb HP	142.00	142.00
1	Torre 15 m tubo galvanizado + accesorios Ubicación: Pacora	1250.00	1250.00
1	Pararrayos (Tetrapuntal, accesorios y cable de cobre) Pacora	320.00	320.00
1	Puesta a tierra	580.00	580.00
1	Luz baliza	440.00	440.00
1	Base para torre y anclajes (Pacora)	500.00	500.00
Equipos para enlace Lagartera - Progreso			4390.05
2	RB912 5 HP Mikrotik	405.00	810.00
2	Antena Parabólica dish 30 dBi	560.00	1120.00
60	Cable UTP cat 5e ext	2.00	120.00
1	Switch no adm 8P Gb HP	142.00	142.00
1	UPS 1500VA CDP R-smart (Progreso)	390.00	390.00
1	Supresor de picos	22.50	22.50
3	Canaletas 24*14 + accesorios	11.85	35.55
1	Torre 15 m tubo galvanizado + accesorios Ubicación: Progreso	1250.00	1250.00
1	Base para torre y anclajes (Progreso)	500.00	500.00

Equipos para enlace Pacora - Jayanca			1408.05
2	RB-SEXTANT G -5HP Mikrotik	440.00	880.00
0	Antena (Incluida con el radio RB Sextant G)	0.00	0.00
35	Cable UTP cat 5e ext	2.00	70.00
1	Supresor de picos	22.50	22.50
3	Canaletas 24*14 + accesorios	11.85	35.55
1	Torre 6 m tubo galvanizado + accesorios Ubicación: Jayanca	400.00	400.00
Equipos para enlace Progreso - Batangranda			3138.05
2	Dinadish 5 + 25 dBi - Mikrotik	600.00	1200.00
0	Antena Parabólica (Incluida con el radio Dinadish 5)	0.00	0.00
65	Cable UTP cat 5e ext	2.00	130.00
1	Supresor de picos	22.50	22.50
3	Canaletas 24*14 + accesorios	11.85	35.55
1	Torre 15 m tubo galvanizado + accesorios Ubicación: Batangranda	1250.00	1250.00
1	Base para torre anclajes (Batangranda)	500.00	500.00
Equipos para enlace Pacora - Progreso (Enlace de respaldo)			1280.00
2	Dinadish 5 + 25 dBi - Mikrotik	600.00	1200.00
0	Antena Parabólica (Incluida con el radio Dinadish 5)	0.00	0.00
40	Cable UTP cat 5e ext	2.00	80.00

COSTO TOTAL EN MATERIALES Y EQUIPOS DE LA RED S/.	29592.55
MANO DE OBRA:	9200.00
Instalación de Torres	1700.00
Escavación y construcción de bases y anclajes	900.00
Instalación de pozo a tierra	500.00
Instalación eléctrica	700.00
Apuntamiento de antenas (enlaces punto a punto)	1400.00
Estudio Técnico, Diseño, configuración, Servicios, capacitación básica del personal del CDSP, puesta en marcha de la red.	4000.00
TRANSPORTE (traslado de torres, equipos y personal)	800.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO S/.	39592.55

Tabla 11 Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES:

- El estudio realizado en la presente investigación, ha evidenciado que el departamento de Lambayeque presenta carencias en el tema de telecomunicaciones, especialmente en el acceso a internet en zonas rurales, con lo que se manifiesta la brecha digital entre los pobladores (niños y adolescentes) de los centros urbanos y rurales de este departamento.
- Debido a la gran distancia que separa las sedes de la organización y ya que los proveedores de servicios de telecomunicaciones no brindan el servicio adecuado en dichas zonas, se determinó que la solución a los problemas de comunicación de la organización Iglesia del Nazareno, es el despliegue de una red inalámbrica de banda ancha privada con lo cual se mejorará la transmisión de información en tiempo real, así como también se podrá brindar acceso a internet a las diferentes sedes localizadas en zonas rurales.
- Al analizar las características geográficas del terreno y las distancias de separación entre las sedes, se concluye que la tecnología inalámbrica más conveniente para realizar la interconexión de las distintas sedes, es el uso de radioenlaces en la banda no licenciada de 5.8 GHz. Cabe recalcar que el uso de esta tecnología inalámbrica ofrece facilidad de instalación, flexibilidad para llegar a donde el cable no llega y cubre especialmente las necesidades de ancho de banda requerido por la organización.
- El análisis costo-beneficio de las tecnologías inalámbricas estudiadas indican que es más apropiado utilizar radioenlaces terrestres en la banda de 5.8 GHz, que utilizar sistemas satelitales, no sólo desde el punto de vista económico, sino también desde el punto de vista técnico en lo referente especialmente al ancho de banda que pueden ofrecer.
- La inversión inicial para este proyecto es relativamente alta pero la rentabilidad a largo plazo es satisfactoria debido a que la red diseñada tiene la capacidad de admitir en el futuro nuevas sedes de lugares aledaños y

cuya información (datos y voz) puedan ser transportados a través de los radioenlaces de la red desplegada.

- Como lo muestran los resultados de los cálculos obtenidos, en algunos casos se sobrepasa los límites permisibles de potencia normados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Sin embargo, por tratarse de un proyecto de desarrollo rural, es preciso solicitar, previamente, al MTC nos exonere de su cumplimiento y de esta manera omitir esta falta.

7.2 RECOMENDACIONES:

- Se recomienda utilizar equipos de las marcas mencionadas en este proyecto o equipos de similares características, que sean robustos y que ofrezcan muy buenas prestaciones como un alto throughput, QoS, seguridad, entre otras. Los equipos analizados para realizar los radioenlaces y que satisfacen las necesidades del proyecto son de la marca Cambiun Network (Línea de la antigua Motorola) y la marca Mikrotik.
- Implementar un plan de capacitación al personal de la organización, para que puedan hacer uso de los recursos y servicios de la red de manera eficiente.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos, en las torres y antenas, por lo menos una vez al año para que las antenas estén alineadas correctamente y no cause problemas en la interconexión que puedan afectar la transmisión de la información, además de detectar errores futuros en la red, evitando que personal no autorizado manipule los equipos.
- Se debe tener en cuenta la flexibilidad del radioenlace con respecto a los otros beneficios que podrá brindar en el futuro, como por ejemplo, permitir que otros anexos o instituciones puedan utilizar la red troncal y transportar sus datos o hacer uso simplemente de internet.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y ANEXOS

BIBLIOGRAFIA:

- Escudero Pascual, A. (2007). *Seguridad en redes inalámbricas*. Obtenido de <http://www.wilac.net/tricalcar>
- Fresnel, Z. d. (s.f.). <http://asterion.almadark.com/2008/11/30/las-zonas-fresnel-y-el-alcance-de-los-equipos-de-radio-frecuencia/>.
- García Chinguel, R., & Llamo Orrego, H. Z. (2006). *Diseño de un radioenlace para superar las deficiencias y limitaciones en el control de la central hidroeléctrica Chiriconga por parte de ENSA*. Lambayeque: Tesis Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Geldres Luyo, V. (2005). *Diseño de un sistema de comunicación con base en los establecimientos de salud para la región de Madre de Dios ruta Puerto Maldonado-Iñapari*. Lima: Tesis Pontificia Universidad Católica del Perú .
- Llerena García, D. Y. (2013). *Diseño del enlace inalámbrico entre la gerencia regional de salud-GERESA y sus redes de servicio de salud*. Lambayeque: Tesis Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Rábanos, J. M. (2003). *Transmisión por radio*. Madrid: Editorial Ramón Areces.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Arizona: Prentice Hall.
- UIT-R. (2016). Cálculo de atenuación en el espacio libre. *Recomendación UIT-R P.525-3**. Ginebra: 2016.

ANEXOS:

ANEXO N° 01

Encuesta General realizada en cada sede de la organización Iglesia del Nazareno

Encuestado: Sr

Área/Cargo:

1. DATOS GENERALES:

- Fundación
- Ubicación – Dirección
- Responsable Actual
- Organigrama
- ¿Qué altura tiene el edificio?

2. PARQUE INFORMÁTICO:

Inventario:

- Número de Equipos:
- Detalle de los equipos: (Marca, capacidad, Velocidad)
- ¿Con que sistema Operativo trabajan los equipos informáticos?
- Número de Servidores:
- Detalle de los servidores
- Equipos de comunicación:
 - Swith:
 - Router:
 - ¿Cuentan con Cableado Estructurado? Sí No

3. SERVICIOS DE COMUNICACIÓN:

- ¿Hace cuánto tiempo cuentan con el servicio de internet? ¿Mediante qué tipo de conexión? ¿Con cuánto de velocidad _____?
- ¿Cuántos equipos están conectados actualmente a la red?
- Número de servicios:
- Proveedores:
- Costos por cada servicio:

4. SOFTWARE:

- Inventario Software:
 - Software Desktop:
 - Software Web:

5. SEGURIDAD FISICA:

- En la red, ¿cuentan con normas de seguridad para contrarrestar posibles incendios? Sí No
- Cuentan con dispositivos para el control de energía al ser interrumpida? Sí No
- La red ¿cuenta con un pozo tierra, para dar soporte a los equipos informáticos? Sí No
- ¿Los usuarios tienen problemas con la transmisión de datos? Sí No
- ¿Los usuarios manifiestan lentitud de la conexión de internet? Sí No

6. FLUJO DE INFORMACION:

- ¿Se envían información entre las sedes y la oficina principal? Sí No
- Respecto al envío de información, ¿Cada que tiempo realizan transacciones de datos?
- ¿Qué tipo de información transmiten?

Anexo N° 02

ePMP FORCE 110



Especificaciones

CN EPMP FORCE110 SS 10082014

Producto:

MODEL NUMBER 5 GHz: C050900C041B (ROW), C058900C042B (FCC), C050900C043B (EU)

Espectro:

CHANNEL SPACING	Configurable on 5 MHz increments
FREQUENCY RANGE	5 GHz 5150 – 5970 MHz (exact frequencies as allowed by local regulations)
CHANNEL WIDTH	20 MHz or 40 MHz

Interface

MAC (MEDIA ACCESS CONTROL) LAYER	Cambium Proprietary
PHYSICAL LAYER	2x2 MIMO/OFDM
ETHERNET INTERFACE	100 BaseT, Cambium PoE (V+ = pins 7 & 8, Return = pins 4 & 5)
PROTOCOLS USED	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPs, FTP
NETWORK MANAGEMENT	HTTPs, FTP, SNMPv2c
VLAN	802.1Q with 802.1p priority

Performance

ARQ	Yes
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/ FEC) @ 20MHZ	CHANNEL MCS0 = -93 dBm to MCS15 = -69 dBm (per branch)
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/ FEC) @ 40MHZ	CHANNEL MCS0 = -90 dBm to MCS15 = -66 dBm (per branch)
MODULATION LEVELS (ADAPTIVE)	MCS0 (BPSK) to MCS15 (64QAM 5/6)

QUALITY OF SERVICE	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast and Station Priority
TRANSMIT POWER RANGE	-17 to +30 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)

Físicas y Mecánicas

SURGE SUPPRESSION	1 Joule Integrated
ENVIRONMENTAL	IP55
TEMPERATURE	-30°C to +60°C (-22°F to +140°F)
WEIGHT	4.1 kg (9 lbs)
WIND LOAD	144 km/hour (90 mi/hour)
DIMENSIONS (DIA x DEPTH)	47 cm x 27 cm (18.5 in x 10.6 in)
POLE DIAMETER RANGE	5.7 cm - 7.6 cm (2.25 in - 3 in)
POWER CONSUMPTION	7 W Maximum, 5 W Typical
INPUT VOLTAGE	10 to 30 V

Seguridad

ENCRYPTION	128-bit AES (CCMP mode)
------------	-------------------------

Certificaciones

FCCID 5	GHz: Z8H89FT0006
INDUSTRY CANADA CERT	5 GHz: 109W-0006
CE	5 GHz: EN 302 502 v1.2.1 5 GHz: EN 301 893 v1.7.1

Anexo Nº 03

mANT30 PA

Parabolic dish antenna for 5GHz, 30dBi gain.



Especificaciones

Detalles	
Product code	MTAD-5G-30D3-PA
Antenna gain	30 dBi
Beamwidth	+/-2.5 deg
Connector	2x RP-SMA Female (outside thread)
Cross Polarization	>40 dB
Diameter x Depth	70 x 45cm (27.5 x 17.8in)
Elevation adjustment range	+/- 15 deg
Frequency Range	4.7-5.875 GHz
Front-to-Back Ratio	>30 dB
Impedance	50 ohms
Operating Temperature	-50°C to 80°C(-49°F to 158°F)
Outdoor Rating	ETSI EN 300 019-2-4
Packaged size	73x73x20cm (29x29x8in)
Packaged weight	8.4 kg (18,5)
Polarization	Vertical and Horizontal
Pole Mount Diameter Range	3 to 10cm (1.2 to 3.9in)
Port to Port Isolation	>40dB min
Power Rating	100W
Reflector	Aluminum
Standards	EN 302 326 DN1, DN2, DN3, DN5
VSWR	≤ 1.4 typ, ≤ 1.8 max
Weight	5.7kg (12.6 lbs)
Wind Load (125 mph)	181.4kg (400 lbs)
Wind Survivability	201kph (125mph)

Anexo N° 04

SEXTANT G

18dBi integrated CPE/Backbone, Gigabit Ethernet



Especificaciones

Details

Product code	RBSEXTANTG-5HPnD
CPU	AR9342
CPU core count	1
CPU nominal frequency	600 MHz
Dimensions	Ø250mm, height 90mm, 830g
License level	3
Operating System	RouterOS
Size of RAM	64 MB
Storage size	64 MB
Storage type	NAND
Tested ambient temperature	-30C to +70C

Potencia

Details

Max Power consumption	13.8W
PoE in	Passive PoE
PoE in input Voltage	10-28 V
Number of DC inputs	1 (PoE-IN)

Wireless

Details

Wireless 5 GHz number of chains	2
Wireless 5 GHz standards	802.11a/n

Details

Antenna gain dBi for 5 GHz	18
Wireless 5 GHz chip model	AR9342

Ethernet**Details**

10/100/1000 Ethernet ports	1
----------------------------	---

Wireless specifications

5 GHz	Transmit (dBm)	Receive Sensitivity
6MBit/s	30	-96
54MBit/s	27	-80
MCS0	30	-96
MCS7	24	-80

Anexo N° 05

DynaDish 5

Dual chain 5GHz 802.11a/n/ac QCA9882, 128MB RAM,
720 MHz CPU, 25dBi



Especificaciones

Detalles

Product code	RBDynaDishG-5HacDr3
Architecture	MIPSBE
CPU	QCA9557
CPU core count	1
CPU nominal frequency	720 MHz
Dimensions	Ø 404mm, height 175mm (without mount)
License level	3
Operating System	RouterOS
Size of RAM	128 MB
Storage size	16 MB
Storage type	FLASH
Tested ambient temperature	-40C to +70C

Potencia

Detalles

Max Power consumption	9W
PoE in	802.3af/at

Detalles

PoE in input Voltage	11-60 V
Number of DC inputs	1 (PoE-IN)

Wireless**Details**

Wireless 5 GHz number of chains	2
Wireless 5 GHz standards	802.11a/n/ac
Antenna gain dBi for 5 GHz	25
Wireless 5 GHz chip model	QCA9892

Ethernet**Details**

10/100/1000 Ethernet ports	1
----------------------------	---

Other**Details**

PCB temperature monitor	Yes
Voltage Monitor	Yes

Wireless specifications

5 GHz	Transmit (dBm)	Receive Sensitivity
6MBit/s	31	-96
54MBit/s	28	-81
MCS0	30	-96
MCS7	27	-77
MCS9	22	-72

Anexo N° 06

RB912 5

5Ghz integrated AP/Backbone



Especificaciones

Product code RB912UAG-5HPnD-OUT

Architecture MIPSBE

CPU AR9342

CPU core count 1

CPU nominal frequency 600 MHz

Dimensions 246x135x50mm

License level 4

Operating System RouterOS

Size of RAM 64 MB

Storage size 128 MB

Storage type NAND

Tested ambient temperature -30C to +60C

Potencia

Max Power consumption 14W at 24v

PoE in Passive PoE

PoE in input Voltage 8-30 V

Number of DC inputs 1 (PoE-IN)

Wireless

Wireless 5 GHz number of chains	2
Wireless 5 GHz standards	802.11a/n

Wireless 5 GHz chip model	AR9342
---------------------------	--------

Ethernet

10/100/1000 Ethernet ports	1
----------------------------	---

Interfaces

Number of SIM slots	1 Modem (Mini SIM)
---------------------	--------------------

MiniPCI-e slots	1
-----------------	---

Number of USB ports	1
---------------------	---

USB Power Reset	Yes
-----------------	-----

USB slot type	USB type A
---------------	------------

Max USB current (A)	1
---------------------	---

Other

PCB temperature monitor	Yes
-------------------------	-----

Voltage Monitor	Yes
-----------------	-----

Wireless specifications

5 GHz	Transmit (dBm)	Receive Sensitivity
6MBit/s	30	-96
54MBit/s	27	-78
MCS0	30	-96
MCS7	26	-75

Anexo Nº 07

SXT Lite5

16dBi integrated CPE/Backbone, 5GHz dual chain



Especificaciones

Product code	RBSXT5nDr2
Architecture	MIPSBE
CPU	AR9344
CPU core count	1
CPU nominal frequency	600 MHz
Dimensions	140x140x56mm
License level	3
Operating System	RouterOS
Size of RAM	64 MB
Storage size	128 MB
Storage type	NAND
Tested ambient temperature	-30C .. +80C

Potencia

Max Power consumption	7W
PoE in	Passive PoE
PoE in input Voltage	8-32 V
Number of DC inputs	1 (PoE-IN)

Wireless

Wireless 5 GHz number of chains	2
Wireless 5 GHz standards	802.11a/n
Antenna gain dBi for 5 GHz	16
Wireless 5 GHz chip model	AR9344

Ethernet

10/100 Ethernet ports	1
-----------------------	---

Wireless specifications

5 GHz	Transmit (dBm)	Receive Sensitivity
6MBit/s	27	-95
54MBit/s	23	-80
MCS0	27	-95
MCS7	22	-77

Anexo N° 8

