

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UNA RED MICROONDAS CON SERVIDOR DE
CONTENIDOS PARA EL USO DE TICS EN EL DISTRITO DE PADRE
ABAD, UCAYALI, 2021**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADA POR

Bach. José Miguel Cuya Benites

Bach. Rodrigo Antonio Solis Serrano

ASESOR: Ing. Luis Alberto Cuadrado Lerma

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, abuelas, tíos, hermano y amigos que me apoyaron durante mis años de estudio para no darme nunca por vencido.

Rodrigo A. Solis Serrano

Dedico esta tesis a mis padres, mis hermanos y hermana, mi tía y mi novia quienes siempre me apoyaron durante mi paso por la universidad para jamás rendirme y seguir adelante.

José M. Cuya Benites

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra casa de estudios la Universidad Ricardo Palma, a la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, a nuestro asesor de tesis Luis Cuadrado Lerma y todos nuestros docentes que nos educaron en nuestra formación profesional.

José Cuya y Rodrigo Solís.

ÍNDICE

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. Descripción del problema.....	14
1.2. Formulación del problema.....	14
1.2.1. Problema general.....	14
1.2.2. Problemas específicos.....	14
1.3. Importancia y justificación del estudio	14
1.3.1. Importancia del estudio	14
1.3.2. Justificación del estudio	15
1.4. Delimitación del estudio.....	15
1.5. Objetivos de la investigación.....	16
1.5.1. Objetivo general.....	16
1.5.2. Objetivos específicos.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1. Marco Histórico	17
2.2. Investigación relacionada al tema.....	17
2.2.1. Antecedentes internacionales.....	17
2.2.2. Antecedentes nacionales.....	19
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	21
2.3.1. Red Microondas.....	21
2.3.2. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).....	21
2.3.3. Atenuación en el espacio libre (Path Loss):.....	22
2.3.4. Potencia de recepción.....	22
2.3.5. Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE).....	23
2.3.6. Margen de desvanecimiento FM.....	23
2.3.7. Modulación PSK.....	23
2.3.8. Modulación QAM.....	24

2.3.8. Zona de Fresnel.....	25
2.4. Definición de términos básicos.....	25
2.4.1. Antena.....	25
2.4.2. Enlaces Punto a Punto.....	25
2.4.3. Línea de vista.....	26
2.4.4. Difracción.....	26
2.4.5. Absorción.....	26
2.4.6. Reflexión.....	26
2.4.7. Modulación.....	26
2.4.8. Throughput.....	27
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....	28
3.1. Tipificación de la investigación.....	28
3.1.1. Tipo de investigación.....	28
3.1.2. Nivel de investigación.....	28
3.2. Ubicación del lugar de estudio	29
3.3. Información referente al acceso a internet y uso de TICS en el distrito de Padre Abad, Ucayali.....	30
3.4. Información socioeconómica del distrito de Padre Abad, Ucayali.....	31
3.5. Ubicación de los nodos y tipos de nodo.....	31
3.6. Diseño de enlaces punto a punto (PTP)	33
3.7. Diseño De Los Enlaces Punto A Multipunto	34
3.8. Solución del servidor de contenidos para el uso de las TICs	36
3.9. Equipos a utilizar en los nodos de comunicación, el servidor y el gestor de contenidos para el uso de las TICS.....	37
3.9.1. Comparación del equipo servidor.....	37
3.9.2. Tecnología De Red PtP.....	39
3.9.3. Tecnología de Red PMP.....	40
CAPÍTULO IV: CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	43
4.1. Cálculos y simulación de enlaces punto a punto	43
4.2. Cálculos y simulación de enlaces Punto A Multipunto	74

CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Diagramas de las constelaciones BPSK y QPSK.	24
Figura N° 2: Ejemplos de constelaciones QAM.	25
Figura N° 3: Mapa del distrito de Padre Abad.....	29
Figura N° 4: Diagrama de Red.....	34
Figura N° 5: Servidor Dell R940	39
Figura N° 6: PTP670	39
Figura N° 7: ePmP 2000.....	41
Figura N° 8: ePMP Force180.....	42
Figura N° 9: Modulation Mode/Coding schemes PTP670.....	44
Figura N°10: Throughput PTP670.....	44
Figura N° 11: Perfil de Enlace Alto Shambillo-Bajo Shambillo	46
Figura N° 12: Detalle de Rendimiento del Enlace Alto Shambillo - Bajo Shambillo	46
Figura N° 13: Perfil de Enlace Alto Shambillo - Erika.....	48
Figura N° 14: Detalle de Rendimiento del Enlace Alto Shambillo - Erika.....	49
Figura N° 15: Perfil de Enlace Erika - Boqueron	51
Figura N° 16: Detalle de Rendimiento del Enlace Erika - Boqueron	51
Figura N° 17: Perfil de Enlace Erika – La Libertad.....	53
Figura N° 18: Detalle de Rendimiento del Enlace Erika – La Libertad.....	54
Figura N°19: Perfil de Enlace La Libertad - Mariela.....	56
Figura N°20: Detalle de Rendimiento del Enlace La Libertad – Mariela	56
Figura N° 21: Perfil de Enlace Mariela - Centro Yurac	58
Figura N° 22: Detalle de Rendimiento del Enlace Mariela - Centro Yurac	59
Figura N° 23: Perfil de Enlace Aguaytia - Barrio Unido	61
Figura N° 24: Detalle de Rendimiento del Enlace Aguaytia - Barrio Unido	61
Figura N° 25: Perfil de Enlace Barrio Unido - Miguel Grau.....	63
Figura N° 26: Detalle de Rendimiento del Enlace Barrio Unido - Miguel Grau.....	64
Figura N° 27: Perfil de Enlace Barrio Unido - Cedruyo	66
Figura N° 28: Detalle de Rendimiento del Enlace Barrio Unido - Cedruyo	66
Figura N° 29: Perfil de Enlace Huipoca - Nuevo Jordan	68
Figura N° 30: Detalle de Rendimiento del Enlace Huipoca - Nuevo Jordan	69
Figura N° 31: Perfil de Enlace Centro Yurac - Aguaytia.....	71

Figura N° 32: Detalle de Rendimiento del Enlace Centro Yurac - Aguaytia.....	71
Figura N° 33: Perfil de Enlace Miguel Grau - Huipoca	73
Figura N° 34: Detalle de Rendimiento del Enlace Miguel Grau - Huipoca	74
Figura N° 35: Tabla de Throughput para ePMP 50/50	75
Figura N° 36: Perfil de Enlace Nodo Aguaytia – IE. Jose Carlos Mariategui.....	76
Figura N° 37: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Aguaytia – IE. Jose Carlos Mariategui.....	76
Figura N° 38: Perfil de Enlace Nodo Erika - IE.534.....	78
Figura N° 39: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Erika - IE.534.....	78
Figura N° 40: Perfil de Enlace Nodo Alto Shambillo – IE.65216.....	80
Figura N° 41: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Alto Shambillo – IE.65216	80
Figura N° 42: Perfil de Enlace Nodo La Libertad - IE.64801	82
Figura N° 43: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo La Libertad - IE.64801.....	82
Figura N° 44: Perfil de Enlace Nodo Mariela - IE.65059 Walter Peñaloza Ramella	84
Figura N° 45: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Mariela - IE.65059 Walter Peñaloza Ramella	84
Figura N° 46: Perfil de Enlace Nodo Centro Yurac – IE. Piloto Pampa Yurac	86
Figura N° 47: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Centro Yurac – IE. Piloto Pampa Yurac	86
Figura N° 48: Perfil de Enlace Nodo Barrio Unido – IE. 314.....	88
Figura N° 49: Detalle de Rendimiento del Enlace Nodo Barrio Unido – IE. 314.....	88
Figura N° 50: Perfil de Enlace Nodo Miguel Grau – IE. 64672.....	90
Figura N° 51: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Miguel Grau – IE. 64672 ...	90
Figura N° 52: Perfil de Enlace Nodo Huipoca – IE. Elias Aguirre.....	92
Figura N° 53: Detalle de Rendimiento del Enlace Nodo Huipoca – IE. Elias Aguirre ..	92
Figura N° 54: Perfil de Enlace Nodo Boquerón – IE. Agropecuario Padre Abad.....	94
Figura N° 55: Detalle de Rendimiento del Enlace Nodo Boquerón – IE. Agropecuario Padre Abad.....	94
Figura N° 56: Perfil de Enlace Nodo Nuevo Jordan – IE. 663.....	96
Figura N° 57: Detalle de Rendimiento del Enlace Nodo Nuevo Jordan – IE. 663.....	96
Figura N° 58: Perfil de Enlace Nodo Cedruyo – IE. 64740	98
Figura N° 59: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Cedruyo – IE. 64740.....	98

Figura N° 60: Perfil de Enlace Nodo Bajo Shambillo – IE. 64739	100
Figura N° 61: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Bajo Shambillo – IE. 64739	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Lista de Localidades Seleccionadas	30
Tabla N°2: Lista Nodo Core	32
Tabla N°3: Lista de nodos Intermedios	32
Tabla N°4: Lista de Nodos Terminales	33
Tabla N°5: Lista de Enlaces PtP	33
Tabla N°6: Lista de Instituciones Beneficiarias.....	35
Tabla N°7: Comparativo de los servidores Lenovo y Dell.....	37

RESUMEN

La presente tesis se desarrolló en Lima durante el año 2021 en la cual participaron José Miguel Cuya Benites y Rodrigo Antonio Solis Serrano, el propósito de esta investigación consistió en los cálculos y simulación de una red microondas en el distrito de Padre Abad, Ucayali para brindar cobertura a trece localidades y puedan hacer uso de las TICs mediante el acceso a internet y un servidor de contenidos.

Para la presente tesis se elaboró el diseño de una red microondas para brindar el acceso a internet y el uso de las TICs a localidades del distrito de Padre Abad en la región de Ucayali, se seleccionaron 13 localidades que no contaban con acceso a internet y cuentan con colegios que pertenecen a al sector del estado siendo nuestra fuente para la selección de las localidades OSIPTEL y MINEDU.

La red está conformada por un nodo Core quien se encargará de sacar todo el tráfico que se genere en la red hacia internet a través de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, ocho nodos Intermedios y cuatro nodos Terminales, los nodos se comunican a través de enlaces punto a punto utilizando radios Cambium Networks PTP 670 que nos ofrece un Throughput de hasta 450 Mbps montadas en torres de 120 metros de altura, los nodos también contarán con antenas sectoriales Punto a Multipunto ePMP 2000 de la marca Cambium Networks para irradiar las localidades beneficiarias y mediante la radio ePMP Force 180 captar la señal radioeléctrica y brindar el servicio a las Instituciones Beneficiarias, adicionalmente en el nodo Core se ubicará un servidor de contenidos R940 de la marca DELL el cual se gestionará con el software Kolibri Studio para brindar contenidos TIC como videos educativos, propaganda del estado, contenido de salud sobre el COVID-19 de manera offline en caso el servicio de internet no se encuentre disponible. Mediante el software LinkPlanner se realizó la simulación y el análisis de los radioenlaces verificando la existencia de línea de vista entre nodos, así como la selección de modulación y verificación que el enlace pueda soportar el throughput de 30 Mbps y con una confiabilidad del 99.9995%.

Palabras clave: Red microondas, TICs, Kolibri Studio

ABSTRACT

This thesis was developed in Lima during the year 2021 in which José Miguel Cuya Benites and Rodrigo Antonio Solis Serrano participated, the purpose of this research consisted in the calculations and simulation of a microwave network in the district of Padre Abad, Ucayali to provide coverage to thirteen locations and can make use of ICTs through internet access and a content server.

For this thesis, the design of a microwave network was developed to provide internet access and the use of ICTs to localities of the Padre Abad district in the Ucayali region, 13 localities that did not have internet access were selected and have with schools that belong to the state sector being our source for the selection of the OSIPTEL and MINEDU localities.

The network is made up of a Core node who will be in charge of taking all the traffic generated in the network to the internet through the National Fiber Optic Backbone Network, eight Intermediate nodes and four Terminal nodes, the nodes communicate through Point-to-point links using Cambium Networks PTP 670 radios that offer Throughput of up to 450 Mbps mounted on 120-meter high towers, the nodes will also have Sectorial Point-to-Multipoint ePMP 2000 antennas from the Cambium Networks brand to irradiate the beneficiary locations and using the ePMP Force 180 radio to capture the radio signal and provide the service to the Beneficiary Institutions, additionally in the Core node a DELL brand R940 content server will be located which will be managed with the Kolibri Studio software to provide ICT content such as educational videos, state propaganda, health content about COVID-19 offline in case the internet service does not is available.

Using the LinkPlanner software, the simulation and analysis of the radio links was carried out, verifying the existence of line of sight between nodes, as well as the selection of modulation and verification that the link can support the throughput of 30 Mbps and with a reliability of 99.9995%.

Keywords: Microwave network, ICTs, Kolibri Studio

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, vivimos en un mundo globalizado golpeado por la pandemia del Covid-19 donde el acceso a internet se volvió una obligación para motivos de aprendizaje y trabajo, en especial con zonas alejadas de centros urbanos.

Por lo tanto, la presente investigación plantea el diseño de una red microondas con servidor de contenidos en el distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, en la región de Ucayali de forma que brinde conectividad a las localidades seleccionadas en este distrito para el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Para esta tesis, el objetivo principal fue diseñar una red microondas con servidor de contenidos para el uso de TICs en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021.

Así mismo, para esta tesis se estructuró de la siguiente forma:

En el capítulo 1 se presenta la formulación del problema, el problema general y problemas específicos, objetivo general y específicos, además de mencionar la importancia y justificación del proyecto, así como los alcances y delimitaciones del mismo.

En el capítulo 2 se hace mención al marco teórico del proyecto, donde se presentan las investigaciones relacionadas con el tema y las bases teóricas.

En el capítulo 3 se describe el diseño metodológico, tipo de investigación, ubicación del lugar de estudio, información referente al acceso a internet y uso de TICS, información socioeconómica, ubicación de nodos y tipos de nodo, diseño de enlaces y equipos empleados.

En el capítulo 4 se realizan los cálculos y simulaciones de los enlaces punto a punto y punto multipunto.

Finalmente, en las conclusiones se describen los resultados obtenidos y se verifica el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de la tesis.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Actualmente en el distrito de Padre Abad, existen 111 localidades sin servicio de internet siendo este un gran problema debido a que la población no puede acudir a clases, trabajos, realizar trámites documentarios en entidades estatales, comisarías entre otros de manera presencial debido a la coyuntura actual del COVID-19. Por otro lado, la falta de servicio de internet y contenidos a nivel local limita a la población a expandir sus horizontes respecto a la educación, estrategia de negocios, producción de alimentos de la zona. Para una solución integral con una red microondas y servidores de contenidos se podrá brindar servicio de internet y alojar contenido educativo, de negocios, producción, cultural entre otros para el desarrollo de las localidades del distrito de Padre Abad.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo diseñar una red microondas con servidor de contenidos para el uso de TICs en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo diseñar una red microondas con servidor de contenidos para acceder a clases online en el distrito de Padre Abad, Ucayali?
- b) ¿Cómo diseñar una red microondas con servidor de contenidos para utilizar plataformas de streaming en el distrito de Padre Abad, Ucayali?
- c) ¿Cómo diseñar una red microondas con servidor de contenidos para E-Gobierno en el distrito de Padre Abad, Ucayali?

1.3. Importancia y justificación del estudio

1.3.1. Importancia del estudio

En el distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali, el servicio de internet es sumamente importante y necesario para el desarrollo y comunicación de las poblaciones ya que el estado peruano

reconoce el derecho al acceso a internet, las tecnologías de información y comunicación.

1.3.2. Justificación del estudio

a) Justificación tecnológica

Mediante tecnología microondas punto a punto y punto multipunto desarrollaremos el diseño de una red la cual brindará servicio de internet y contará con un servidor de contenidos para el uso de manera local, con tres tipos de nodos CORE, DISTRIBUCIÓN Y TERMINAL se formará una red de tipo anillo y tendrá salida hacia internet mediante el uso de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RNDFO).

b) Justificación económica

Diseñar una red microondas en el distrito de Padre Abad, considerado por el INEI un distrito pobre, se hace beneficioso tener acceso a internet para el acceso de información y poder publicitar sus sectores turísticos y actividades culturales para la atracción de turistas e inversión.

c) Justificación social

Esta red beneficiará a las principales instituciones de las localidades del distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali y permitirá estudiar, recibir tele consultas, tener información actualizada del covid-19, tener acceso a los programas sociales del estado con mayor facilidad, entre otros.

1.4. Delimitación del estudio

- a) Delimitación espacial: El diseño a realizar se aplicará para el distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali.
- b) Delimitación tecnológica: Este estudio aplicará el uso de tecnología microondas y de servidores de contenidos.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Diseñar una red microondas con servidor de contenidos para el uso de TICs en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Diseñar una red microondas con servidor de contenidos para acceder a clases online en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021.
- b) Diseñar una red microondas con servidor de contenidos para utilizar plataformas de streaming en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021.
- c) Diseñar una red microondas con servidor de contenidos para E-Gobierno en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Histórico

En el Perú teniendo una población de más de 31 millones de habitantes, de los cuales más de la mitad residen en la Costa generando que esta región tenga un mayor acceso al servicio de internet en comparación con las regiones de Sierra y Selva. El acceso a este servicio en estas regiones está presente, aunque en menor medida y generalmente concentrándose en las capitales importantes de los departamentos y en algunas zonas urbanas de los distritos de estos, teniendo a las zonas rurales con escaso o nulo acceso a este servicio. Lo cual genera brechas de oportunidades educativas, trabajo e información. El estado para solucionar este problema decidió el despliegue de la Red Dorsal, concluyendo operaciones el 2018 concentrando a Lima con 22 capitales de departamento y 180 capitales de provincia. Pero aun con la Red Dorsal, en varias zonas de provincias siguen sin contar con acceso a internet por la escasez de torres de telecomunicaciones. Este problema se hizo evidente con el año 2020 por el inicio de la pandemia del Covid-19 debido a que el Gobierno ordenó suspender toda actividad presencial, entre laboral no esencial y educativa, y continuarla de manera virtual.

Con el inicio de actividades de manera virtual, se dio a conocer que el Gobierno desconocía la situación de conectividad en las zonas más apartadas de las capitales, generando muchas dificultades para los estudiantes de todos los niveles educativos. En un intento de solventar este problema decidieron emplear las señales de radio de algunas emisoras que tienen cobertura en estas zonas para que los estudiantes puedan recibir clases, pero notándose una gran diferencia con los que recibían sus clases por medios televisivos y virtuales.

2.2. Investigación relacionada al tema

2.2.1. Antecedentes internacionales

Collaguazo, M. y Toapanta, D. (2020), en su tesis titulada Implementación y Administración de un servidor de dominio, mediante Security Account Manager, para centralizar los recursos, servicios de las TIC's, del GAD Municipal del Cantón Mejía, para titularse como Ing. en Informática y Sistemas

Computacionales en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador; su trabajo de Grado, tuvo como propósito dar una solución a la administración de recursos informáticos, mediante un Active Directory, permitiendo crear grupos para organizar, administrar y proteger los recursos de los equipos, con el fin de controlar y resguardar la información de los usuarios del GAD, concluyendo que se logró centralizar los principales recursos, es decir los usuarios y la información, además se centralizó las actividades de configuración de los equipos, y las configuraciones importantes de seguridad.

Sequeira, C. y López, J. (2015), en su tesis titulada Diseño de una red WiMAX en la ciudad de Granada, Nicaragua, para titularse como Ing. Electrónicos en la Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua; su trabajo de Grado, tuvo como propósito la realización de una diseño de red para proveer el servicio de datos a la ciudad de Granada por medio de la Tecnología WiMAX. Realizando la planificación de la red WiMAX eligiendo los puntos de acceso para su despliegue, se procedió a realizar distintas predicciones para evaluar el estado inicial de la red, garantizando los niveles de señales mínimos para el acceso de los usuarios. Concluyen que el empleo de la tecnología WiMAX permite amplios beneficios de cobertura, altas tasas de transmisión, fácil despliegue, escalabilidad y calidad de servicio (QoS). De los resultados obtenidos de los estudios de cobertura, para conocer los niveles de señal, la capacidad de cobertura por cada transmisor y la tasa de transmisión de datos, se consiguieron niveles de señal por encima de los -90dBm garantizando que los usuarios tengan una alta garantía de conexión.

Zambrano, H. (2015) , en su tesis titulada Diseño e Implementación de un enlace de comunicaciones con tecnología WIMAX entre el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas y el Centro de Telecomunicaciones de la FAE (CETEL), para titularse como Ing. de Electrónica Digital y Telecomunicaciones en la Universidad Tecnológica de Israel, Ecuador; su trabajo de Grado, tuvo como propósito diseñar e implementar un enlace de comunicación aplicando la tecnología WIMAX para el Comando Conjunto de

las Fuerzas Armadas y el Centro de telecomunicaciones de la FAE, concluye que el sistema implementado es compatible con la infraestructura actual del Comando para la posterior migración sin perder la disponibilidad de los enlaces y la integridad de las comunicaciones, y el uso de la tecnología WIMAX facilitó el acceso a la Red Estratégica de Telecomunicaciones de FF.AA de manera rápida y segura.

2.2.2 Antecedentes nacionales

Cordova, A (2019), en su tesis titulada Diseño de Red de Radioenlaces Vía Microondas para Acceso al Servicio de Internet a los pueblos más alejados del Distrito de Tambogrande, para titularse como Ing. Electrónico y Telecomunicaciones en la Universidad Nacional de Piura, Perú; su trabajo de Grado , tuvo como propósito diseñar una red de radioenlaces vía microondas que permite el acceso de internet a las localidades más alejadas del distrito de Tambogrande, teniendo en cuenta las carencias en servicios básicos, vías de acceso y educación con las que cuentan. La estructura de la red está constituida por un nodo matriz o principal quien suministra el servicio, seguida de un nodo intermedio y finalmente de cuatro nodos terminales, para la comunicación de estos nodos se han aplicado los enlaces PTP (punto a punto) quienes están conformados de equipos conectorizados PTP650 que se acoplan a antenas de diferentes ganancias acorde a las necesidades de cada enlace. Concluye que el rendimiento y disponibilidad de los radioenlaces en el software Link Planer, en él se analizó si existe línea de vista en los enlaces, se ingresó alturas de obstáculos (árboles, estructuras, etc.) y datos técnicos de los equipos. Como requerimiento mínimo que se aplicó para cubrir a cada pueblo es contar con un throughput total de 50 Mbps y una disponibilidad de 99,9995%.

Díaz, R. (2015), en su tesis titulada Diseño de Radioenlace Microondas Isla San Lorenzo- Campus PUCP para el proyecto Perú Magneto, para titularse como Ing. en Telecomunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Perú; su trabajo de Grado, tuvo como propósito implementar una red de transporte para la integración de la estación PM-06, ubicada en la Isla San

Lorenzo, del Proyecto “Perú-Magneto” con la red privada del Instituto de Radioastronomía (INRAS) de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Se indica que se emplea la banda de 5.8 GHz dado que existen equipos de mayor potencia y a menor costo, en comparación a la banda 2.4 GHz. Se emplearon dos módulos fotovoltaicos de 140W, una batería de 104 Amp-H y un controlador de carga para la red de energía. En su topología de red utiliza las radios transmisoras de la marca Mikrotik ya que poseen un sistema operativo flexible de código abierto, RouterOS, para facilitar distintas configuraciones personalizadas. Concluyen que el sistema logra obtener una tasa de transmisión promedio de 2.235 Mbps, con disponibilidad del 97.11% y una autonomía energética de dos días.

Villena, C. (2014), en su tesis titulada Diseño de una red rural de telecomunicación para aplicación en educación asistida por tecnología web en Purús -Ucayali, para titularse como Ing. de las Telecomunicaciones en la Pontificia Universidad Católica, Perú; su trabajo de Grado, tuvo como propósito realizar el diseño de una red troncal y de distribución basados en tecnología WiFi que permita a las estaciones clientes, ubicadas en los colegios, el acceso a internet debido al grado de aislamiento que presenta la localidad de Purús. Sus centros educativos retrasan el inicio de clases debido a que los materiales educativos proveídos por el Estado no llegan a tiempo, generando el ausentismo de los alumnos y profesores. El diseño de la red que se presentó unió a 4 comunidades mediante un enlace de 63.69 km, de manera que se pueda brindar servicio de Internet a los colegios de dichas localidades. Teniendo en cuenta que es una red rural es necesario una tecnología de bajo costo, que permita mantenimiento continuo y robusto, por ello se empleó WiLD que es una variante del tradicional WiFi para largas distancias. Concluyendo que su proyecto está planteado para trabajarse con algunos pocos puntos clientes, pero permite que puedan crearse más puntos donde se pueda brindar el servicio.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1. Red Microondas

El término Radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción del espectro electromagnético en el que se pueden producir ondas electromagnéticas, una onda electromagnética propaga simultáneamente campos eléctricos y magnéticos producidos por una carga eléctrica en movimiento. El flujo saliente de energía de una fuente en forma de ondas electromagnéticas se le denomina radiación electromagnética. La Radiofrecuencia se localiza en el espectro de la radiación electromagnética menos energética, se define como aquella en que las ondas electromagnéticas tienen una frecuencia entre 3 kHz y 300 GHz. Las ondas electromagnéticas son capaces de viajar a través del vacío, a diferencia de las ondas mecánicas que necesitan un medio material para poder hacerlo. Esta radiación electromagnética puede entenderse como el conjunto de ondas eléctricas y magnéticas que conjuntamente se desplazan por el espacio generado por el movimiento de cargas eléctricas que puede tener lugar en un objeto metálico conductor, como una antena. Las ondas electromagnéticas, convenientemente tratadas y moduladas (normalmente, variando de forma controlada la amplitud, fase y/o frecuencia de la onda original), pueden emplearse para la transmisión de información, dando lugar a una forma de telecomunicación. No todas las ondas electromagnéticas tienen el mismo comportamiento en el medio de propagación, la misma procedencia o forma de interacción con la materia. Por ello, el espectro electromagnético de radiofrecuencia se divide convencionalmente en segmentos o bandas de frecuencia, las cuales se atribuyen para diferentes servicios inalámbricos, la gestión y asignación del espectro está en competencia de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (San Román, E., Castillo, P., Sotomayor, M., Gonzales, L., Zenteno, E., 2014, p.10)

2.3.2. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

En líneas generales podríamos decir que las nuevas tecnologías de la información y comunicación son las que giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; pero giran, no

sólo de forma aislada, sino lo que es más significativo de manera interactiva e interconexiónadas, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas (Cabero, 1998, p.198).

2.3.3. Atenuación en el espacio libre (Path Loss):

Hablar de la atenuación del espacio libre entre dos antenas implica suponer que el enlace está despejado y una parte de la señal transmitida se pierde y no llega a la antena receptora. Este concepto es muy importante ya que en realidad eso es lo que ocurre, si analizamos el frente de onda de salida este al avanzar se va aumentando su superficie. En realidad, la señal tiene una densidad de potencia en el momento de salida, es decir una potencia distribuida sobre un área y al avanzar la onda esta área crece y la densidad disminuye. La antena receptora debe ofrecer un área de recepción tan grande como sea posible para recibir la mayor potencia posible (Danizio, 2019, pp.46-47).

Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$A_{EL} = 92.5 \text{ dB} + 20 \log(F \times d) [\text{dB}] \quad \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

F: frecuencia en GHz.

d: distancia en Km.

[dB]: Unidad de medida que expresa todas las atenuaciones y pérdidas.

2.3.4. Potencia de recepción

Según Fernandez (2008, p.6) lo define como: “La potencia de disponible en el receptor depende de la potencia entregada por el transmisor y las diferentes pérdidas y ganancias que aparecen en el trayecto del transmisor al receptor”.

Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$P_r(\text{dBm}) = P_t(\text{dBm}) - A_{c1}(\text{dB}) - A_{g1}(\text{dB}) - G_{a1} \dots\dots\dots(2) \\ (\text{dB}_i) - A_{EL}(\text{dB}) + G_{a2}(\text{dB}_i) - A_{c2}(\text{dB}) - A_{g2}(\text{dB})$$

Donde:

$A_c(\text{dB})$: Atenuación de filtros y conectores.

$A_g(\text{dB})$: Atenuación del cable o la guía de onda.

$A_{EL}(\text{dB})$: Atenuación debida al espacio libre.

$G_a(\text{dB}_i)$: Ganancia de antena.

$P_t(\text{dBm})$: Potencia de transmisión, [dBm]: unidad que expresa la potencia de transmisión o recepción en dB con respecto a 1mW de potencia como nivel de referencia.

En caso de tener la potencia de transmisión o recepción en Watt aplicamos la siguiente fórmula:

$$P_{\text{tor/dBm}}=10\log(x/1\text{mW}) \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

x: potencia a convertir

2.3.5. Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE)

Según Murillo (2013) refiere que la potencia radiada por una antena es el producto de potencias que se le suministra y su ganancia y la diferencia de las pérdidas de la sección de alimentación o circuito de acoplo.

Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{PIRE (dBm)}=P_t(\text{dBm})+G_T(\text{dBi})- A_{g1} (\text{dB}) \dots\dots\dots(4)$$

2.3.6. Margen de desvanecimiento FM

Según Fernandez (2008, p.18) se define como “La diferencia entre la potencia de recepción (P_n) y el umbral del receptor (P_u) (mínimo valor que adquiere la potencia de recepción en donde la señal de información contenida en la portadora transmitida puede ser recuperada)”.

La fórmula de lo indicado anteriormente es la siguiente:

$$\text{FM}=(P_n-P_u) [\text{dB}] \dots\dots\dots(5)$$

2.3.7. Modulación PSK

En la modulación conocida como Conmutación por Corrimiento en Fase (PSK), la característica que varía de la señal portadora es la fase, manteniéndose la amplitud y la frecuencia constantes. Para una modulación multinivel (M-PSK), la señal PSK podrá contar con tantos valores distintos de fase como símbolos se tengan mapeados en la "constelación I-Q". Debido a que entre cada señal existe una diferencia de fase de $2\pi/m$ radianes, donde p es constante y m es el número de símbolos posibles, cada símbolo mapeado podrá

componerse de una componente "en fase" y una componente "en cuadratura" (Fernandez, 2008, p.33).

Obsérvese la siguiente figura de los diagramas de constelaciones BPSK y QPSK.

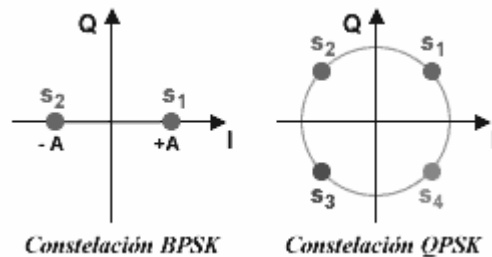


Figura N° 1: Diagramas de las constelaciones BPSK y QPSK.

Fuente: DISEÑO DE UN ENLACE DE MICROONDAS Y ESTACIÓN TELEDIFUSORA MECEDORES-AGUA FRIA-CARICUAO PARALA C.A. VENEZOLANA DE TELEVISIÓN (Fernandez, 2008, p.33)

2.3.8. Modulación QAM

Entre los formatos de modulación digital destaca el método conocido como Modulación en Amplitud por Cuadratura (QAM, por sus siglas en inglés) que es un esquema de modulación multinivel en donde se envían señales, con distintas combinaciones de amplitud y fase. Utilizando múltiples niveles, tanto en la modulación en amplitud como en la modulación en fase, es posible la transmisión de grupos de bits, de manera que cada uno de estos grupos será representativo de un conjunto nivel-fase característico de la portadora de la señal, mismo que dará cabida a un símbolo. Una de las características principales de la modulación QAM es que modula la mitad de los símbolos con una frecuencia y la otra mitad con la misma frecuencia, pero desfasada 90° . El resultado de las componentes después se suma, dando lugar a la señal QAM. De esta forma, QAM permite llevar dos canales en una misma frecuencia mediante la transmisión ortogonal de uno de ellos con relación al otro (Fernandez, 2008, p.34).

La siguiente figura representa lo mencionado anteriormente:

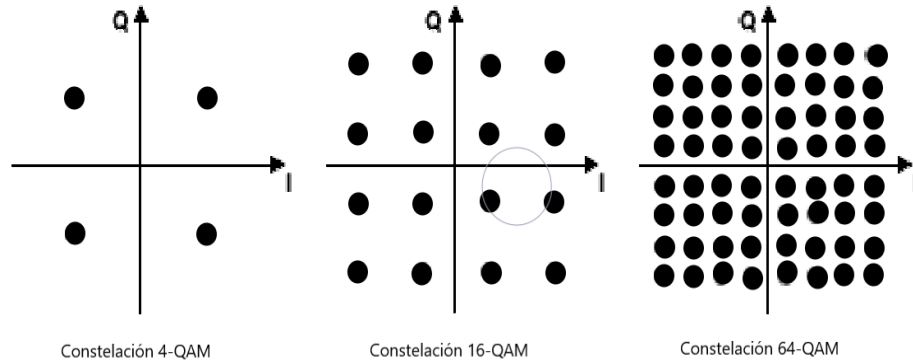


Figura N° 2: Ejemplos de constelaciones QAM.

Fuente: Diseño de un enlace de microondas y estación teledifusora mecedores - agua fría -Caricuaio para la C.A. Venezolana de televisión (Fernandez, 2008, p.34)

2.3.8. Zona de Fresnel

Según Fernandez (2018, p10) menciona que “...el frente de onda propagado por la antena transmisora experimenta un desfase a medida que se aleja el eje longitudinal de propagación diferenciando”.

La siguiente formula se utiliza para el cálculo de la zona de Fresnel:

$$R = 8.657 \sqrt{\frac{D}{F}} \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

R= radio de Fresnel en metros.

D= distancia entre los puntos en kilómetros.

F= frecuencia en GHz.

2.4 Definición de términos básicos

2.4.1. Antena

Baja y Sanz (1995, p.63) mencionan “Una antena puede ser definida como la región de tránsito de una onda electromagnética entre el espacio libre y una línea de transmisión o guía de onda”.

2.4.2. Enlaces Punto a Punto

Según Díaz (2015) un sistema de radio punto-a-punto, un único transmisor se comunica con un único receptor. Tales sistemas generalmente usan antenas de

alta ganancia con posiciones fijas para maximizar la potencia recibida y minimizar la interferencia que podrían estar operando aledañosamente en el mismo rango de frecuencia.

2.4.3. Línea de vista

Según Tomasi (2003, p.781) la define como: “La trayectoria en el espacio libre es la trayectoria de línea de vista, directamente entre las antenas transmisoras y receptoras”.

2.4.4. Difracción

Según Vargas (2015) la define como una onda de radio dispersa energía en la vecindad del límite de la línea de vista en el horizonte, dando un rango ligeramente más lejano al horizonte. Este efecto es usualmente muy pequeño para frecuencias de microondas. Por supuesto, cuando obstáculos como cerros, montañas, o construcciones están en el camino de propagación, los efectos de difracción son más fuertes.

2.4.5. Absorción

Baja y Sanz (1995, p.83) mencionan “Cuando una onda electromagnética pasa a través de un medio, su amplitud decrece exponencialmente. Cuando esta variación ocurre, corrientes inducidas por el medio producen pérdidas óhmicas y calentamiento del material”.

2.4.6. Reflexión

Baja y Sanz (1995, p.84) mencionan “Las pérdidas por reflexión en la unión entre dos medios está relacionada con la diferencia de impedancia característica entre los medios”.

2.4.7. Modulación

La modulación es el proceso de variar una o más propiedades de una señal que se denomina portadora con otra señal denominada moduladora para generar otra llamada onda modulada (Tomasi, 2003). Después de este proceso la señal portadora tendrá su amplitud, frecuencia y fase, quedarán modificadas en relación con la señal moduladora.

2.4.8. Throughput

También se le conoce como tasa de transferencia efectiva, la Real Academia de Ingeniería (s.f.) lo define como “Caudal o tasa neta de información de usuario transmitida por una red de telecomunicación digital.”

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipificación de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Según Hernández y otros (2014) existen dos tipos o clases de investigación fundamentales según el propósito de investigación:

- Investigación básica: Produce nuevo conocimiento, nuevas teorías que se agregan a la información ya existente.
- Investigación aplicada: Resuelve un determinado problema o planteamiento específico utilizando como base el conocimiento existente.

La presente investigación está considerada como investigación aplicada debido a que se aplicará conocimientos existentes para resolver un determinado problema o planteamiento específico.

3.1.2 Nivel de investigación

Según Hernández y otros (2014), los niveles de investigación resultan de la revisión de la literatura y de la perspectiva del estudio, y dependen de los objetivos del investigador para combinar los elementos del estudio, por lo que señala que existen cuatro niveles:

- Exploratorio: Investiga problemas poco estudiados, e indagan desde una perspectiva innovadora.
- Descriptivo: Describe al fenómeno estudiado y sus componentes, miden conceptos, y definen variables.
- Correlacional: Asocia conceptos y variables, cuantificando las relaciones entre estos.
- Explicativo: Determinan las causas de los fenómenos o del objeto de estudio.

Por lo cual, se puede determinar que la presente investigación es una investigación de Nivel Descriptivo y Explicativo.

3.2. Ubicación del lugar de estudio

La presente investigación tiene como lugar de estudio el distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, Región Ucayali.

Con coordenadas geográficas se sitúan entre 09°02'13" latitud Sur y 75°30'29" de longitud Oeste a una altitud de 300 msnm y con una superficie de 2151.86 Km cuadrados.

El distrito se encuentra limitado por el Norte con la provincia de Ucayali y el Departamento de Loreto. Por el Este con el distrito de Calleria, de la Provincia de Coronel Portillo, y con la Provincia de Pachitea, del Departamento de Huánuco. Por el Sur, las altas cumbres de la Cordillera Azul, que sirven de límite con la Provincia Leoncio Prado, del Departamento de Huánuco. Por el Oeste, las altas cumbres de la Cordillera Azul, que sirven de límite con la Provincia Mariscal Cáceres, del Departamento de San Martín, siguiendo hasta los límites con la Provincia de Ucayali, donde comienza esta delimitación (Ley N° .13723, 1961).

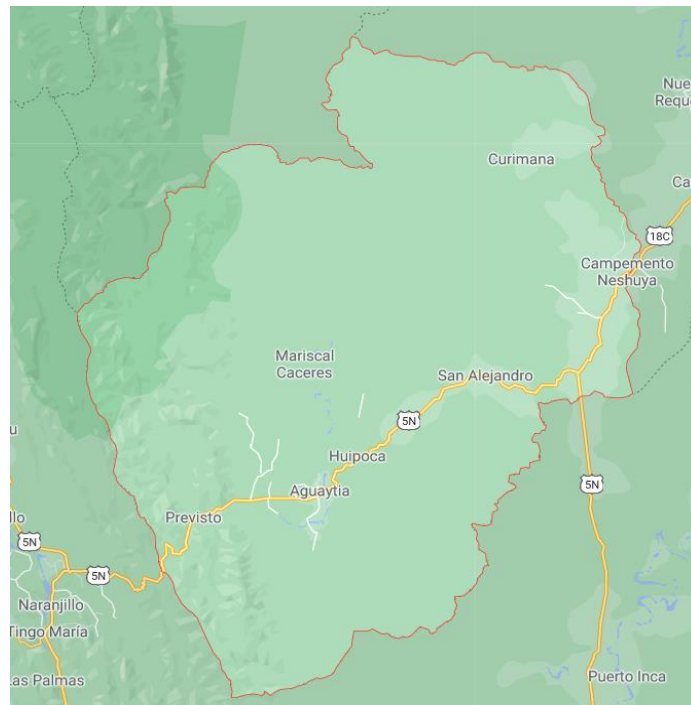


Figura N° 3: Mapa del distrito de Padre Abad

Fuente: Google Maps

3.3. Información referente al acceso a internet y uso de TICS en el distrito de Padre Abad, Ucayali

En el distrito de Padre Abad según la información brindada mediante el acceso a la información pública de OSIPTEL existen 110 localidades que no cuentan con el servicio de internet y no tienen acceso al uso de las TICS como streaming, telemedicina, teleeducación, entre otros de las cuales se han seleccionado 13 de ellas para el desarrollo de esta investigación debido según la información brindada mediante el acceso a la información pública del MINEDU cuentan con instituciones educativas públicas sumando un total de 2500 alumnos, además estas localidades según la información obtenida mediante el acceso a la información pública de OSINERMIN cuentan con energía eléctrica.

Tabla N°1: Lista de Localidades Seleccionadas

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CENTRO POBLADO	LATITUD	LONGITUD
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	AGUAYTIA	-9.033084°	-75.510990°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	ERIKA	-9.054999°	-75.619947°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	ALTO SHAMBILLO	-9.023501°	-75.635604°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	LA LIBERTAD	-9.053844°	-75.601895°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	MARIELA	-9.056346°	-75.536145°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	CENTRO YURAC	-9.053535°	-75.522194°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	BARRIO UNIDO	-9.036869°	-75.495213°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	MIGUEL GRAU	-9.005521°	-75.483753°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	HUIPOCA	-8.978744°	-75.447715°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	BOQUERÓN	-9.059424°	-75.641213°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	NUEVO JORDAN	-8.987786°	-75.436044°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	CEDRUYO	-9.067993°	-75.473802°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	BAJO SHAMBILLO	-9.012339°	-75.615017°

Fuente: OSIPTEL/ Elaboración propia

3.4. Información socioeconómica del distrito de Padre Abad, Ucayali.

Según INEI (2017) en su último informe del censo realizado en el país, el distrito Padre Abad cuenta con una población de 29 440 habitantes, encontrándose en las zonas rurales 6 398 habitantes y en las zonas urbanas 23 042 habitantes.

Así mismo el INEI informe el nivel educativo de la población del distrito Padre Abad se encuentra que 2 313 personas no tienen estudios, 1 800 con estudios iniciales completos, 10 421 con estudios primarios completos, 9 566 con estudios secundarios completos, 36 con básica especial, 727 con estudios superiores no universitarios incompletos, 894 con estudios superiores no universitarios completos, 624 con estudios superiores universitarios incompletos, 1 089 con estudios superiores universitarios completos y 97 cuentan con Maestría/Doctorado.

Igualmente, el INEI califica a la provincia de Padre Abad en situación de pobreza extrema.

El Ministerio de Educación (2017) menciona que en la provincia de Padre Abad solo el 31.15% de los locales públicos de educación básica cuentan con los tres servicios básicos.

Así mismo, el MINEDU menciona con respecto al acceso a Internet que, en la provincia de Padre Abad, el 10.20% de las escuelas de primera y el 45% de las escuelas de secundaria cuentan con este servicio. Esto genera una brecha en la calidad de la educación que reciben los alumnos.

El OSIPTEL cataloga estas localidades como rural o urbano. Además, según la Resolución Ministerial N°690-2021-MTC/01 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones establece que para las frecuencias de 5.8Ghz la Potencia isotrópica radiada equivalente máxima será de 36dB (4W)

3.5. Ubicación de los nodos y tipos de nodo

Tipos de Nodos

Nodo Core: El nodo Core está ubicado en la localidad de Aguaytía debido a que en esta localidad cuenta con un nodo de distribución de la Red Dorsal Nacional De Fibra Óptica (RDNFO) siendo esta red la que nos permitirá salir a internet.

Tabla N°2: Lista Nodo Core

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CENTRO POBLADO	TIPO NODO	LATITUD	LONGITUD
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	AGUAYTIA	CORE	-9.033084°	-75.510990°

Fuente: OSIPTEL/ Elaboración propia

Nodos Intermedios: Los nodos intermedios son los que se encargan de retransmitir la señal que viene directa o independientemente del nodo Core para que se retransmita a un nodo terminal, este nodo también puede contar con un punto de presencia (PoP).

Tabla N°3: Lista de nodos Intermedios

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CENTRO POBLADO	TIPO NODO	LATITUD	LONGITUD
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	ERIKA	INTERMEDIO	-9.054999°	-75.619947°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	ALTO SHAMBILLO	INTERMEDIO	-9.023501°	-75.635604°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	LA LIBERTAD	INTERMEDIO	-9.053844°	-75.601895°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	MARIELA	INTERMEDIO	-9.056346°	-75.536145°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	CENTRO YURAC	INTERMEDIO	-9.053535°	-75.522194°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	BARRIO UNIDO	INTERMEDIO	-9.036869°	-75.495213°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	MIGUEL GRAU	INTERMEDIO	-9.005521°	-75.483753°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	HUIPOCA	INTERMEDIO	-8.978744°	-75.447715°

Fuente: OSIPTEL/ Elaboración propia

Nodos terminales: Los nodos terminales son aquellos que cuentan con un punto de presencia (PoP) y distribuyen la señal inalámbrica a los beneficiarios.

Tabla N°4: Lista de Nodos Terminales

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CENTRO POBLADO	TIPO NODO	LATITUD	LONGITUD
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	BOQUERÓN	TERMINAL	-9.059424°	-75.641213°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	NUEVO JORDAN	TERMINAL	-8.987786°	-75.436044°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	CEDRUYO	TERMINAL	-9.067993°	-75.473802°
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	BAJO SHAMBILLO	TERMINAL	-9.012339°	-75.615017°

Fuente: OSIPTEL/ Elaboración propia

3.6. Diseño de enlaces punto a punto (PTP)

El diseño de la red microondas cuenta con doce (12) enlaces punto a punto los cuales están dados entre dos nodos y separados una determinada distancia tal como se muestra en la Tabla N°5.

Tabla N°5: Lista de Enlaces PtP

ENLACES	LATITUD NODO A	LONGITUD NODO A	LATITUD NODO B	LONGITUD NODO B	DISTANCIA ENTRE NODOS(KM)
BAJO SHAMBILLO - ALTO SHAMBILLO	-9.012339°	-75.615017°	-9.023501°	-75.635604°	2.578
ALTO SHAMBILLO- ERIKA	-9.023501°	-75.635604°	-9.054999°	-75.619947°	3.886
ERIKA - BOQUERON	-9.054999°	-75.619947°	-9.059424°	-75.641213°	2.388
ERIKA - LA LIBERTAD	-9.054999°	-75.619947°	-9.053844°	-75.601895°	1.99
LA LIBERTA - MARIELA	-9.053844°	-75.601895°	-9.056346°	-75.536145°	7.233
MARIELA - CENTRO YURAC	-9.056346°	-75.536145°	-9.053535°	-75.522194°	1.566
CENTRO YURAC - AGUAYTIA	-9.053535°	-75.522194°	-9.033084°	-75.510990°	2.576

AGUAYTIA - BARRIO UNIDO	-9.033084°	-75.510990°	-9.036869°	-75.495213°	1.785
BARRIO UNIDO - CEDRUYO	-9.036869°	-75.495213°	-9.067993°	-75.473802°	4.17
BARRIO UNIDO - MIGUEL GRAU	-9.036869°	-75.495213°	-9.005521°	-75.483753°	3.689
MIGUEL GRAU - HUIPOCA	-9.005521°	-75.483753°	-8.978744°	-75.447715°	4.947
HUICOPA - NUEVO JORDAN	-8.978744°	-75.447715°	-8.987786°	-75.436044°	1.628

Fuente: OSIPTEL/ Elaboración propia

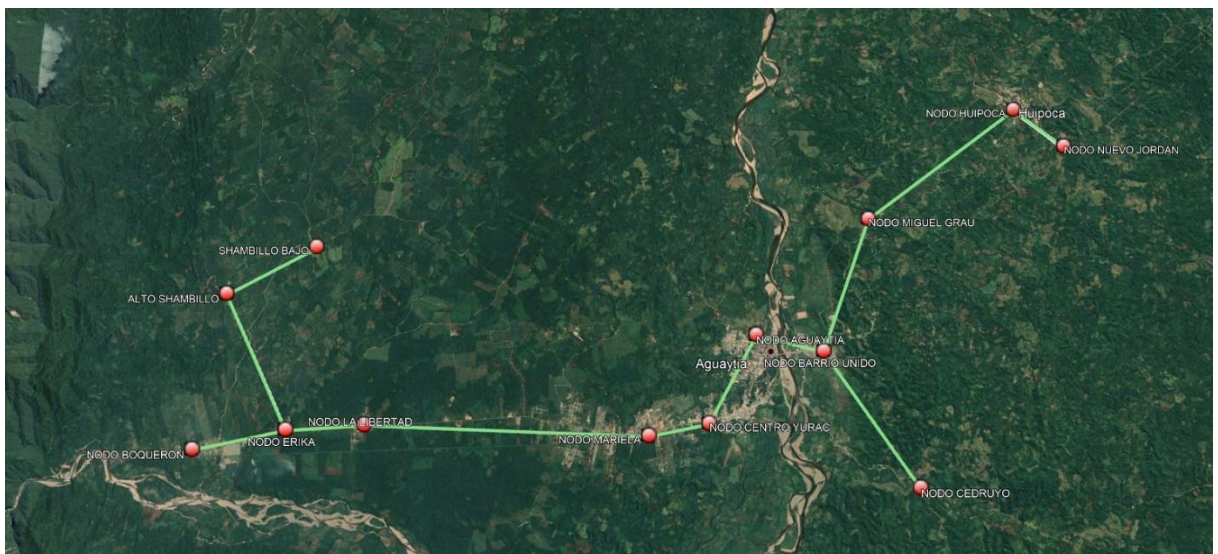


Figura N° 4: Diagrama de Red

Fuente: Elaboración Propia

3.7. Diseño De Los Enlaces Punto A Multipunto

El diseño cuenta con trece (13) enlaces punto a multipunto los cuales están dados entre los nodos y las instituciones beneficiarias y separados una determinada distancia como se indica en la tabla N°6.

Tabla N°6: Lista de Instituciones Beneficiarias

CENTRO POBLADO	NOMBRE LA INSTITUCIÓN BENEFICIARIA	NIVEL ESCOLAR	DIRECCIÓN	ALUMNOS	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA AL NODO
AGUAYTIA	IE. JOSE CARLOS MARIATEGUI	SECUNDARIA	JIRON RIO NEGRO 345	680	-9.039382°	-75.512016°	0.706
ERIKA	IE.534	INICIAL-PRIMARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM. 178	29	-9.05394989	-75.619726	0.119
ALTO SHAMBILLO	IE.65216	PRIMARIA	AUTOPISTA FEDERICO BASADRE INT 6.30 KM KM 176	12	-9.022709°	-75.635717°	0.088
LA LIBERTAD	IE.64801	PRIMARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM 173	33	-9.054671°	-75.600583°	0.171
MARIELA	IE.65059 WALTER PEÑALOZA RAMELLA	PRIMARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM 166	208	-9.054809°	-75.535694°	0.178
CENTRO YURAC	IE. PILOTO PAMPA YURAC	SECUNDARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM 164.5	344	-9.050804°	-75.518316°	0.522
BARRIO UNIDO	IE.314	INICIAL-PRIMARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM 163 MZ 201 LOTE 9	93	-9.037301°	-75.498959°	0.415
MIGUEL GRAU	IE.64672	PRIMARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM 155	14	-9.003666°	-75.484367°	0.216
HUIPOCA	IE. ELIAS AGUIRRE	PRIMARIA/SECUNDARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM 149	627	-8.976729°	-75.449418°	0.29
BOQUERÓN	IE. AGROPECUARIO PADRE ABAD	PRIMARIA/SECUNDARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM 178	546	-9.060647°	-75.640861°	0.141
NUEVO JORDAN	IE.663	INICIAL-PRIMARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM 148	17	-8.986912°	-75.437569°	0.194
CEDRUYO	IE.64740	PRIMARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE INT 5 KM KM 162	16	-9.068275°	-75.472622°	0.133

BAJO SHAMBIL LO	IE.64739	PRIMARIA/SECUNDARIA	CARRETERA FEDERICO BASADRE KM 178	263	-9.012687°	-75.616622°	0.18
-----------------	----------	---------------------	-----------------------------------	-----	------------	-------------	------

Fuente: MINEDU/Elaboración Propia

3.8. Solución del servidor de contenidos para el uso de las TICs

Para brindar acceso al uso de las TICs como videos educativos, programas de televisión del estado como “Sucedió en el Perú”, contenido educativo del MINEDU como “Aprendo en Casa (nivel Inicial, Primaria, Secundaria)”, entre otros de manera offline, seleccionamos el servidor marca Dell modelo 940 el cual nos brinda 14TB de disco duro para almacenamiento, 256 Gb de ram entre otras características mencionadas en la tabla N°7 y está ubicado en el nodo Core de Aguaytía, el software de gestión que utilizamos es Kolibri estudio que está diseñado para el aprendizaje y la gestión de contenidos.

Se evaluaron los gestores de contenidos WordPress y el Kolibri Studio.

- WordPress

Es el gestor de contenido más utilizado en todo el mundo. Creado originariamente como sistema para blogs, hoy la instalación básica cuenta con diversas extensiones que convierten al software en un completo sistema de gestión de contenidos.

Al ser el gestor de contenidos más popular tiene una gran variedad de temas, plugins y widgets, que puede ser visto como algo positivo, pero esto lo termina volviendo un sistema más complejo, lento y confuso. De la misma manera el ser muy famoso lo convierte en un objeto predilecto para los ataques de hackers, lo que obliga siempre tener acceso a internet para poder descargar actualizaciones de seguridad.

- Kolibri Studio

Es un conjunto adaptable de soluciones abiertas especialmente desarrolladas para apoyar el aprendizaje y la gestión de contenido con la posibilidad de realizarlo sin acceso a Internet. Utilizado en más de 200 países centrado en una plataforma de aprendizaje sin conexión que se ejecuta en una variedad de dispositivos heredados.

Entre sus características tiene:

- Crear, administrar, distribuir y controlar el uso de recursos de aprendizaje digitales en línea y fuera de línea.
- Registrar y administrar alumnos y docentes.
- Gestionar contenidos y recursos digitales.
- Realizar el seguimiento de actividades formativas.
- Generar informes de uso.
- Analizar específicamente los avances y estado de cada estudiante.
- Sincronizar datos individualizados con dispositivos móviles que permitan el consumo sin conectividad.

Para esta tesis decidimos escoger al Kolibri ya que se adecua más a nuestras necesidades, pudiéndose usar tanto para el sector educativo, así como otros.

3.9. Equipos a utilizar en los nodos de comunicación, el servidor y el gestor de contenidos para el uso de las TICS

3.9.1. Comparación del equipo servidor

A continuación, se detallaron las características de los equipos y antenas propuestos en el desarrollo de la red tanto para radioenlaces punto a punto como también punto multi punto.

Equipo Servidor

Se compararon las especificaciones técnicas de las marcas Lenovo y Dell tal como se observa en el siguiente cuadro.

Tabla N°7: Comparativo de los servidores Lenovo y Dell

Especificación técnica	Lenovo SR850	Dell R940
Memoria RAM	128GB	256GB
Procesador	4 procesadores físicos de 2.2GHz Cada procesador debe contar con 16 núcleos	4 procesadores físicos de 2.4GHz Cada procesador debe contar con 24 núcleos

Interfaz de transferencia de datos	Serial Attached SCSI 2 (SAS)	Serial Attached SCSI 2 (SAS)
Memoria caché	35MB L3	35.75MB L3
Operación	Hot – swap	Hot – swap (discos duros y fuentes)
Energía	CA 100 - 240 V 50 / 60 Hz Fuente de poder redundante	CA 100 - 240 V 50 / 60 Hz Fuente de poder redundante
Almacenamiento	10TB	14.4TB
Conexión a Red	2 puertos de 10GB Ethernet	6 puertos de 10GB Ethernet
Puertos de conectividad	2 puertos USB	4 puertos USB
Soporte de KVM	Soporta conexiones por KVM	Soporta conexiones por KVM
Sistema de ventilación	No registra	Ventiladores de refrigeración intercambiables Hot - swap
Sistema Operativo	Windows Server 2016	Windows Server 2019

Fuente: Fichas técnicas de los servidores Lenovo SR850 y Dell R940

Decidimos escoger el servidor Dell R940 por las siguientes razones:

- Memoria RAM de 256GB.
- Mayor capacidad de almacenamiento en comparación con el Lenovo SR850.
- Mayor cantidad de puertos de Red.

- Mayor cantidad de puertos de conectividad.
- Incluye un sistema de refrigeración de fábrica.
- Su sistema operativo es más actual.



Figura N° 5: Servidor Dell R940

Fuente: Dell

3.9.2. Tecnología De Red PtP

- Equipo de Radio PTP670

En el diseño de la red de radioenlaces se simulo con el equipo PTP670 en vista a las diferentes longitudes de los enlaces punto a punto permitiendo este equipo poder buscar y acoplar una antena con la ganancia adecuada para cada enlace.



Figura N° 6: PTP670

Fuente: Cambium Networks

Principales características del equipo:

- Banda de operación: 4.9 a 6.05 GHz.
- Tamaños de canal: 5, 10, 15, 20, 30, 40, y de 45 MHz.
- Ganancia: 23 dBi.
- Potencia de transmisión: 23 dBm hasta 27 dBm.

- Corrección de errores/ Mod: Modulación adaptable preventiva y rápida con 13 niveles de modulación / FEC que van desde BPSK a 256 QAM “dual payload” MIMO.

- Rango: 250 Km.

- Transferencia de datos hasta 450 Mbps.

- Antena parabólica RDH4508C

Principales características del equipo:

- Banda de operación: 5.25-5.85 GHz

- Ganancia: 28.3 - 29.3 dBi

- Peso: 12.2 Kg

- Azimut: +/- 10°

- Elevación: +/- 30°

- Rango de temperatura de operación: -40°C a 60°C.

- Antena parabólica RDH4509C

- Banda de operación: 4.9-6 GHz

- Ganancia: 32.8 dBi

- Conectores: 2x TipoN

- VSWR: 1.5:1

- Tamaño del plato: 0.9m

- Antena parabólica RDH4510C

- Banda de operación: 4.9-6 GHz

- Ganancia: 34.7 dBi

- Conectores: 2x TipoN

- VSWR: 1.5:1

- Tamaño del plato: 1.2m

3.9.3. Tecnología de Red PMP

En esta sección se especifica los equipos usados en los enlaces punto multi punto, a continuación, detallamos características de los mismos.

- Radio ePMP2000

Este equipo estará instalado en los nodos a una altura de 60 metros.



Figura N° 7: ePmP 2000.

Fuente: Cambium Networks

Principales características del equipo:

- Banda de operación: 5.15-5.97 GHz
- Tamaños de canal: 5, 10, 20, 40 MHz
- Máxima Potencia de transmisión: 30dBm
- Niveles de Modulación: Adaptable, desde MCS0 (BPSK) a MCS15 (64QAM 5/6)
- Peso neto: 0.7 kg

- ePMP Force180

Este equipo se encontrará instalado en las torres ventadas de altura de 20 metros de las instituciones beneficiarias.



Figura N° 8: ePMP Force180

Fuente: Cambium Network

Principales características del equipo:

- Banda de operación: 4.91-5.97 GHz
- Tamaños de canal: 5, 10, 20 y 40 MHz
- Máxima potencia de transmisión: 30 dBm
- Niveles de Modulación: Adaptable, desde MCS0 (BPSK) a MCS15 (64QAM 5/6)
- Peso neto: 0.5 Kg
- Ganancia: 16 dBi

CAPÍTULO IV: CÁLCULOS Y RESULTADOS

4.1. Cálculos y simulación de enlaces punto a punto

-Bajo Shambillo - Alto Shambillo (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 2.578 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB} + 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \qquad \qquad \qquad d=2.578\text{km}$$

$$AEL=92,5\text{dB} + 20\log (5.8 \times 2.578) \text{ [dB]}$$

$$AEL=115.994\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=115.994\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-54.794\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Table 90 5.8 GHz IP mode: system threshold per channel bandwidth and output power (dBm)

Modulation mode	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	45 MHz	P (all bands)
BPSK 0.63 single	-94.6	-92.6	-90.8	-89.6	-87.8	-86.6	-86.1	29
QPSK 0.63 single	-91.1	-89.1	-87.3	-86.1	-84.3	-83.1	-82.6	28
QPSK 0.87 single	-87.1	-85.1	-83.3	-82.1	-80.3	-79.1	-78.5	27
16QAM 0.63 single	-85.2	-83.2	-81.4	-80.1	-78.4	-77.1	-76.6	26
16QAM 0.63 dual	-80.6	-78.6	-76.9	-75.6	-73.9	-72.6	-72.1	26
16QAM 0.87 single	-80.4	-78.4	-76.7	-75.4	-73.7	-72.4	-71.9	25
16QAM 0.87 dual	-77.4	-75.4	-73.6	-72.4	-70.6	-69.3	-68.8	25
64QAM 0.75 single	-77.5	-75.5	-73.7	-72.5	-70.7	-69.4	-68.9	24
64QAM 0.75 dual	-74.4	-72.3	-70.6	-69.3	-67.6	-66.3	-65.8	24
64QAM 0.92 single	-73.6	-71.6	-69.9	-68.6	-66.9	-65.6	-65.1	24
64 QAM 0.92 dual	-70.3	-68.3	-66.6	-65.3	-63.6	-62.3	-61.8	24
256QAM 0.81 single	-70.3	-68.3	-66.5	-65.2	-63.5	-62.2	-61.7	24
256QAM 0.81 dual	-66.6	-64.6	-62.8	-61.6	-59.8	-58.6	-58.1	24

Figura N° 9: Modulation Mode/Coding schemes PTP670

Fuente: PTP 670 Series User Guide (Cambium Network,2019, p.203)

Table 130 Throughput at zero link range (Mbit/s), symmetry 1:1, optimization IP

Modulation mode	45 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		40 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			
256QAM 0.81 dual	225.56	225.56	451.11	205.84	205.84	411.68
64QAM 0.92 dual	190.04	190.04	380.07	173.42	173.42	346.85
64QAM 0.75 dual	155.29	155.29	310.59	141.72	141.72	283.44
16QAM 0.87 dual	120.81	120.81	241.63	110.25	110.25	220.51
16QAM 0.63 dual	86.85	86.85	173.70	79.26	79.26	158.52
256QAM 0.81 single	112.78	112.78	225.55	102.92	102.92	205.83
64QAM 0.92 single	95.02	95.02	190.03	86.71	86.71	173.42
64QAM 0.75 single	77.65	77.65	155.29	70.86	70.86	141.72
16QAM 0.87 single	60.40	60.40	120.81	55.12	55.12	110.25
16QAM 0.63 single	43.42	43.42	86.85	39.63	39.63	79.25
QPSK 0.87 single	30.20	30.20	60.40	27.56	27.56	55.12
QPSK 0.63 single	21.71	21.71	43.42	19.81	19.81	39.62
BPSK 0.63 single	10.85	10.85	21.71	9.90	9.90	19.81

Figura N°10: Throughput PTP670

Fuente: PTP 670 Series User Guide (Cambium Network, 2019, p.228)

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 30 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Single tiene una capacidad de Throughput de 79.25 Mbps y una potencia umbral -77.1dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5.

$$FM = P_n - P_u(\text{dB})$$

$$FM = -54.794 - (-77.1)$$

$$FM = 22.306\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R = 8.657\sqrt{(D/F)}$$

$$D = 2.578\text{Km}$$

$$F = 5.8\text{Ghz}$$

$$R = 5.77 \text{ metros}$$

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 5.77 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

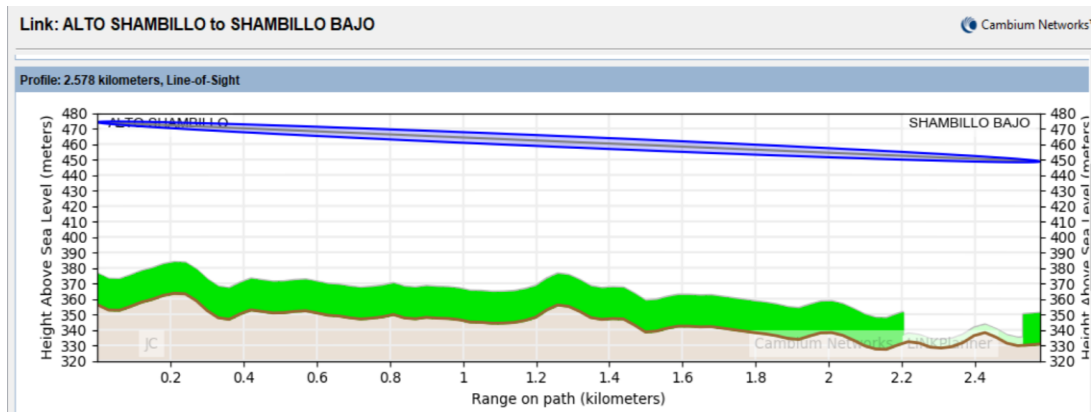


Figura N° 11: Perfil de Enlace Alto Shambillo-Bajo Shambillo

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°12, cómo hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Single para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 79.03Mbps y un margen de desvanecimiento de 26.61dB con una confiabilidad del 100%.

Performance Details													
Charts		Details											
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.83	0.75	0.87	0.83	0.87	0.63	0.83
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	410.51	345.87	282.84	219.88	205.25	172.93	158.07	141.32	109.94	79.03	54.97	39.51	19.78
Performance to ALTO SHAMBILLO													
Max IP Throughput (Mbps):	205.28	172.93	141.32	109.94	102.63	86.47	79.04	70.66	54.97	39.52	27.48	19.78	9.88
Fade Margin (dB):	8.05	11.78	15.91	19.03	11.71	15.08	22.66	19.03	22.10	26.81	28.93	32.95	36.06
Mode Availability (%):	99.9990	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9990	0.0005	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to SHAMBILLO BAJO													
Max IP Throughput (Mbps):	205.28	172.93	141.32	109.94	102.63	86.47	79.04	70.66	54.97	39.52	27.48	19.78	9.88
Fade Margin (dB):	8.05	11.78	15.91	19.03	11.71	15.08	22.66	19.03	22.10	26.81	28.93	32.95	36.06
Mode Availability (%):	99.9990	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9990	0.0005	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 12: Detalle de Rendimiento del Enlace Alto Shambillo - Bajo Shambillo

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Alto Shambillo - Erika (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 3.886 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \qquad d=3.886\text{km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 3.886) \text{ [dB]}$$

$$AEL=119.559\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=119.559\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-58.359\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 60 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Single tiene una capacidad de Throughput de 79.25 Mbps y una potencia umbral -77.1dB como indica la figura N° 9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5.

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-58.359-(-77.1)$$

$$FM=18.741\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

D=3.886Km

F=5.8Ghz

R=7.09 metros

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 7.09 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

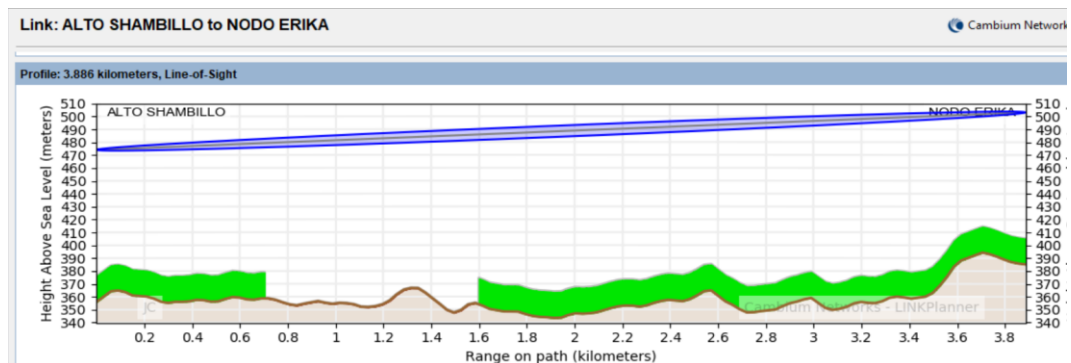


Figura N° 13: Perfil de Enlace Alto Shambillo - Erika

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°14, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Single para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 78.81Mbps y un margen de desvanecimiento de 23.03dB con una confiabilidad del 100%.

Performance Details													
Charts		Details											
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.83	0.75	0.87	0.83	0.87	0.83	0.83
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	409.35	344.89	281.84	219.26	204.67	172.44	157.82	140.92	109.83	78.81	54.81	39.40	19.70
Performance to ALTO SHAMBILLO													
Max IP Throughput (Mbps):	204.68	172.45	140.92	109.83	102.34	86.22	78.81	70.48	54.81	39.40	27.41	19.70	9.85
Fade Margin (dB):	4.47	8.20	12.33	15.45	8.13	11.50	19.08	15.45	18.52	23.03	25.35	29.37	32.48
Mode Availability (%):	99.8999	99.9991	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.8999	0.0992	0.0004	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO ERIKA													
Max IP Throughput (Mbps):	204.68	172.45	140.92	109.83	102.34	86.22	78.81	70.48	54.81	39.40	27.41	19.70	9.85
Fade Margin (dB):	4.47	8.20	12.33	15.45	8.13	11.50	19.08	15.45	18.52	23.03	25.35	29.37	32.48
Mode Availability (%):	99.8999	99.9991	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.8999	0.0992	0.0004	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 14: Detalle de Rendimiento del Enlace Alto Shambillo - Erika

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Erika - Boqueron (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 2.388 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \quad d=2.388\text{km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 2.388) \text{ [dB]}$$

$$AEL=115.329\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=115.329\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-54.129\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 30 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Single tiene una capacidad de Throughput de 79.25 Mbps y una potencia umbral -77.1dB como indica la figura N° 9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-54.129-(-77.1)$$

$$FM=22.971\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

$$D=2.388\text{Km}$$

$$F=5.8\text{Ghz}$$

$$R=5.55\text{metros}$$

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 5.76 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

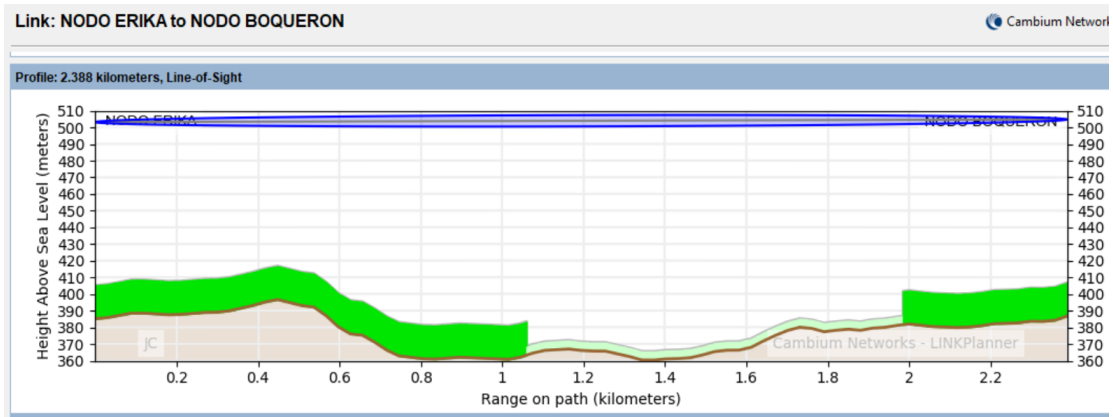


Figura N° 15: Perfil de Enlace Erika - Boqueron

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°16, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Single para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 79.03Mbps y un margen de desvanecimiento de 27.27dB con una confiabilidad del 100%.

Performance Details													
Charts		Details											
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.63	0.75	0.87	0.63	0.87	0.83	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	410.51	345.87	282.84	219.88	205.25	172.93	158.07	141.32	109.94	79.03	54.97	39.51	19.76
Performance to NODO ERIKA													
Max IP Throughput (Mbps):	205.26	172.93	141.32	109.94	102.63	86.47	79.04	70.86	54.97	39.52	27.48	19.76	9.88
Fade Margin (dB):	8.71	12.45	16.58	19.70	12.37	15.74	23.32	19.70	22.76	27.27	29.60	33.62	36.73
Mode Availability (%):	99.9992	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9992	0.0003	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO BOQUERON													
Max IP Throughput (Mbps):	205.26	172.93	141.32	109.94	102.63	86.47	79.04	70.86	54.97	39.52	27.48	19.76	9.88
Fade Margin (dB):	8.71	12.45	16.58	19.70	12.37	15.74	23.32	19.70	22.76	27.27	29.60	33.62	36.73
Mode Availability (%):	99.9992	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9992	0.0003	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 16: Detalle de Rendimiento del Enlace Erika - Boqueron

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Erika - La Libertad (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 1.99 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHz}$$

$$d=1.99\text{km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 1.99) [\text{dB}]$$

$$AEL=113.746\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2.

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=113.746\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-52.546\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4.

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 120 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Dual tiene una capacidad de Throughput de 158.52 Mbps y una potencia umbral -72.6dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5.

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-52.546-(-72.6)$$

$$FM=20.054\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

D=1.99Km

F=5.8Ghz

R=5.07 metros

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 5.07 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

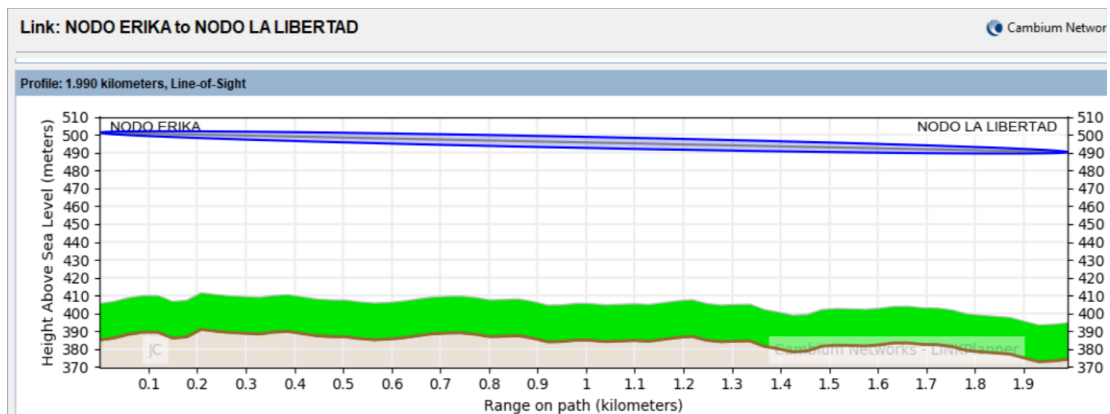


Figura N° 17: Perfil de Enlace Erika – La Libertad

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°18, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Dual para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 158.07Mbps y un margen de desvanecimiento de 24.91dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details													
Charts Details													
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.83	0.75	0.87	0.83	0.87	0.63	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	410.51	345.87	282.64	219.88	205.25	172.93	158.07	141.32	109.94	79.03	54.97	39.51	19.76
Performance to NODO ERIKA													
Max IP Throughput (Mbps):	205.26	172.93	141.32	109.94	102.63	86.47	79.04	70.66	54.97	39.52	27.48	19.76	9.88
Fade Margin (dB):	10.30	14.04	18.18	21.29	13.96	17.33	24.91	21.29	24.35	28.86	31.19	35.21	38.31
Mode Availability (%):	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9994	0.0001	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO LA LIBERTAD													
Max IP Throughput (Mbps):	205.26	172.93	141.32	109.94	102.63	86.47	79.04	70.66	54.97	39.52	27.48	19.76	9.88
Fade Margin (dB):	10.30	14.04	18.18	21.29	13.96	17.33	24.91	21.29	24.35	28.86	31.19	35.21	38.31
Mode Availability (%):	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9994	0.0001	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 18: Detalle de Rendimiento del Enlace Erika – La Libertad

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- La Libertad - Mariela (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 7.233 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \quad d=7.233\text{km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 7.233) \text{ [dB]}$$

$$AEL=124.955\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=2\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=34.9\text{dBi} \quad Ga2=34.9\text{dBi}$$

$$AEL=124.955\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-57.155\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=2+34.9-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.9\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 150 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Dual tiene una capacidad de Throughput de 158.52 Mbps y una potencia umbral -73.1dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-57.155-(-73.1)$$

$$FM=15.945\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

$$D=7.233\text{Km}$$

$$F=5.8\text{Ghz}$$

$$R=9.67\text{metros}$$

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 9.67 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 2dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 34.9dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

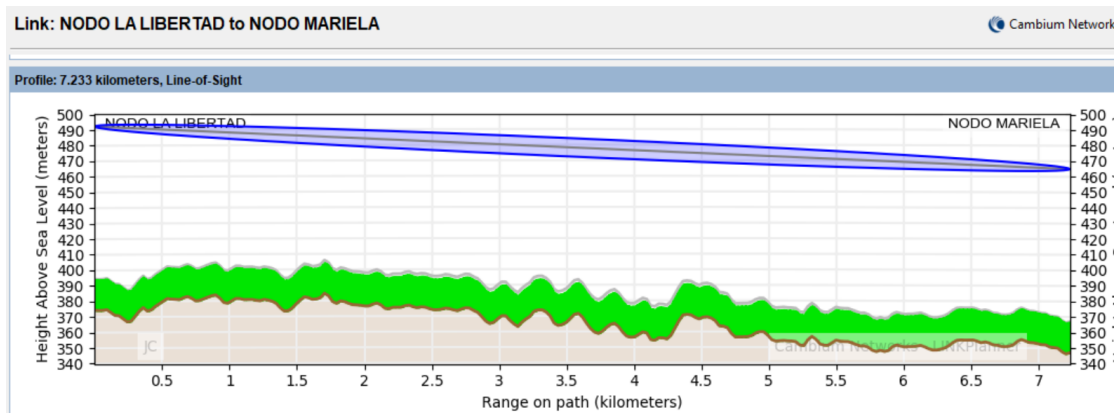


Figura N°19: Perfil de Enlace La Libertad - Mariela

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°20, cómo hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Dual para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 156.74Mbps y un margen de desvanecimiento de 20.31dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details													
Charts		Details											
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.63	0.75	0.87	0.63	0.87	0.63	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	407.05	342.95	280.26	218.03	203.52	171.47	156.74	140.13	109.01	78.37	54.51	39.18	19.59
Performance to NODO LA LIBERTAD													
Max IP Throughput (Mbps):	203.53	171.48	140.13	109.01	101.76	85.74	78.37	70.06	54.51	39.18	27.25	19.59	9.79
Fade Margin (dB):	5.70	9.43	13.56	16.68	9.36	12.73	20.31	16.68	19.75	24.26	26.58	30.60	33.71
Mode Availability (%):	99.9868	99.9990	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9868	0.0121	0.0005	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO MARIELA													
Max IP Throughput (Mbps):	203.53	171.48	140.13	109.01	101.76	85.74	78.37	70.06	54.51	39.18	27.25	19.59	9.79
Fade Margin (dB):	5.70	9.43	13.56	16.68	9.36	12.73	20.31	16.68	19.75	24.26	26.58	30.60	33.71
Mode Availability (%):	99.9868	99.9990	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9868	0.0121	0.0005	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N°20: Detalle de Rendimiento del Enlace La Libertad – Mariela

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Mariela - Centro Yurac (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 1.566 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHz} \quad d = 1.566 \text{ km}$$

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (5.8 \times 1.566) \text{ [dB]}$$

$$AEL=111.664\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2.

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=111.664\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-50.464\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 180 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.87 Dual tiene una capacidad de Throughput de 220.51Mbps y una potencia umbral -69.3dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5.

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-50.464-(-69.3)$$

$$FM=18.836\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

$$D=1.566\text{Km}$$

F=5.8Ghz

R=4.50 metros

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 4.50 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

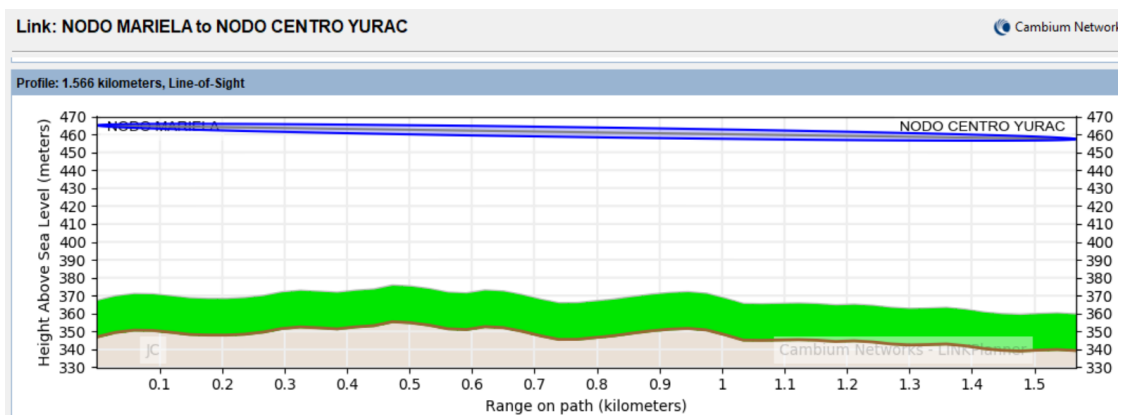


Figura N° 21: Perfil de Enlace Mariela - Centro Yurac

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°22, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.87 Dual para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 220.20Mbps y un margen de desvanecimiento de 23.37dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details													
Charts		Details											
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.83	0.75	0.87	0.83	0.87	0.83	0.83
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	411.10	346.36	283.04	220.20	205.55	173.18	158.29	141.52	110.10	79.15	55.05	39.57	19.78
Performance to NODO MARIELA													
Max IP Throughput (Mbps):	205.55	173.18	141.52	110.10	102.77	88.59	79.15	70.76	55.05	39.57	27.52	19.79	9.89
Fade Margin (dB):	12.39	16.12	20.25	23.37	16.04	19.42	27.00	23.37	26.44	30.94	33.27	37.29	40.40
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO CENTRO YURAC													
Max IP Throughput (Mbps):	205.55	173.18	141.52	110.10	102.77	88.59	79.15	70.76	55.05	39.57	27.52	19.79	9.89
Fade Margin (dB):	12.39	16.12	20.25	23.37	16.04	19.42	27.00	23.37	26.44	30.94	33.27	37.29	40.40
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 22: Detalle de Rendimiento del Enlace Mariela - Centro Yurac

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Aguaytia - Barrio Unido (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 1.785 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \quad d=1.785 \text{ km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 1.785) \text{ [dB]}$$

$$AEL=112.801\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=112.801\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-51.601\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 150 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Dual tiene una capacidad de Throughput de 158.52 Mbps y una potencia umbral -72.6dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-51.601-(-72.6)$$

$$FM=20.999\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

$$D=1.785\text{Km}$$

$$F=5.8\text{Ghz}$$

$$R=4.80\text{ metros}$$

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 4.80 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

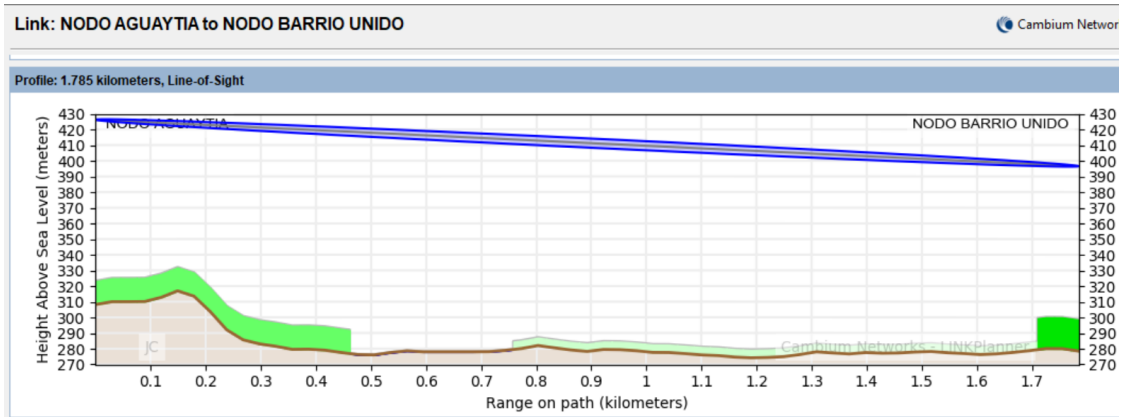


Figura N° 23: Perfil de Enlace Aguaytia - Barrio Unido

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°24, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Dual para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 158.07Mbps y un margen de desvanecimiento de 25.86dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Charts		Details												
Common details														
Mode:	256QAM	84QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.63	0.75	0.87	0.63	0.87	0.63	0.63	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	410.51	345.87	282.64	219.88	205.25	172.93	158.07	141.32	109.94	79.03	54.97	39.51	19.78	9.88
Performance to NODO AGUAYTIA														
Max IP Throughput (Mbps):	205.26	172.93	141.32	109.94	102.63	86.47	79.04	70.66	54.97	39.52	27.48	19.78	9.88	
Fade Margin (dB):	11.25	14.98	19.11	22.23	14.90	18.28	25.86	22.23	25.30	29.81	32.13	36.15	39.28	
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Performance to NODO BARRIO UNIDO														
Max IP Throughput (Mbps):	205.26	172.93	141.32	109.94	102.63	86.47	79.04	70.66	54.97	39.52	27.48	19.78	9.88	
Fade Margin (dB):	11.25	14.98	19.11	22.23	14.90	18.28	25.86	22.23	25.30	29.81	32.13	36.15	39.28	
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Figura N° 24: Detalle de Rendimiento del Enlace Aguaytia - Barrio Unido

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Barrio Unido - Miguel Grau (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 3.689 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \qquad d=3.689 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 3.689) [\text{dB}]$$

$$AEL=119.107\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=119.107\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-57.907\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 90 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Dual tiene una capacidad de Throughput de 158.52 Mbps y una potencia umbral -72.6dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-57.907-(-72.6)$$

$$FM=14.693\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

D=3.689Km

F=5.8GHz

R=6.90metros

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 6.90 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

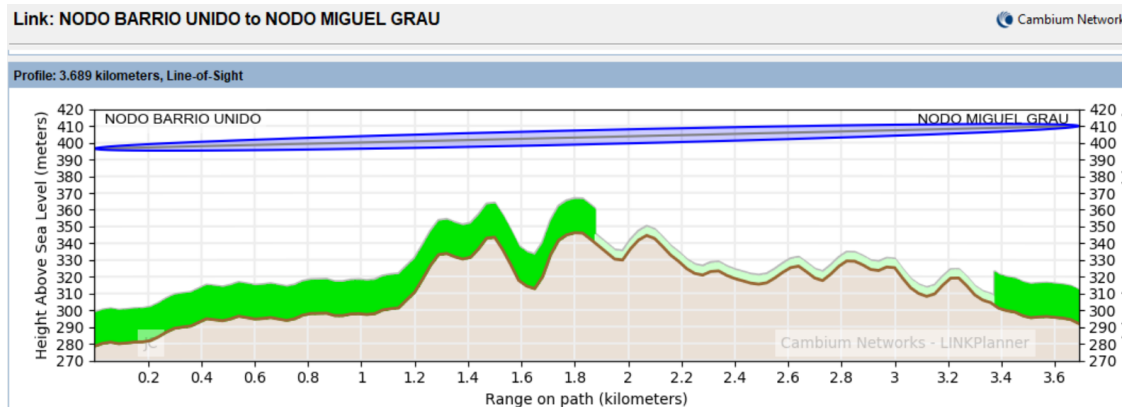


Figura N° 25: Perfil de Enlace Barrio Unido - Miguel Grau

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°26, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Dual para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 157.62Mbps y un margen de desvanecimiento de 19.53dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details													
Charts		Details											
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.63	0.75	0.87	0.63	0.87	0.63	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	409.35	344.89	281.84	219.28	204.67	172.44	157.62	140.92	109.63	78.81	54.81	39.40	19.70
Performance to NODO BARRIO UNIDO													
Max IP Throughput (Mbps):	204.68	172.45	140.92	109.63	102.34	88.22	78.81	70.46	54.81	39.40	27.41	19.70	9.85
Fade Margin (dB):	4.92	8.86	12.78	15.91	8.58	11.95	19.53	15.91	18.97	23.48	25.80	29.83	32.93
Mode Availability (%):	99.9648	99.9992	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9648	0.0347	0.0003	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO MIGUEL GRAU													
Max IP Throughput (Mbps):	204.68	172.45	140.92	109.63	102.34	88.22	78.81	70.46	54.81	39.40	27.41	19.70	9.85
Fade Margin (dB):	4.92	8.86	12.78	15.91	8.58	11.95	19.53	15.91	18.97	23.48	25.80	29.83	32.93
Mode Availability (%):	99.9648	99.9992	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9648	0.0347	0.0003	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 26: Detalle de Rendimiento del Enlace Barrio Unido - Miguel Grau

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- BARRIO UNIDO - CEDRUYO (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 4.17 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \quad d=4.17 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 4.17) \text{ [dB]}$$

$$AEL=120.171\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2.

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=120.171\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-58.971\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 30 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Single tiene una capacidad de Throughput de 79.25 Mbps y una potencia umbral -77.1dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-58.971-(-77.1)$$

$$FM=18.129\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

$$D=4.17\text{Km}$$

$$F=5.8\text{Ghz}$$

$$R=7.34 \text{ metros}$$

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 7.34 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

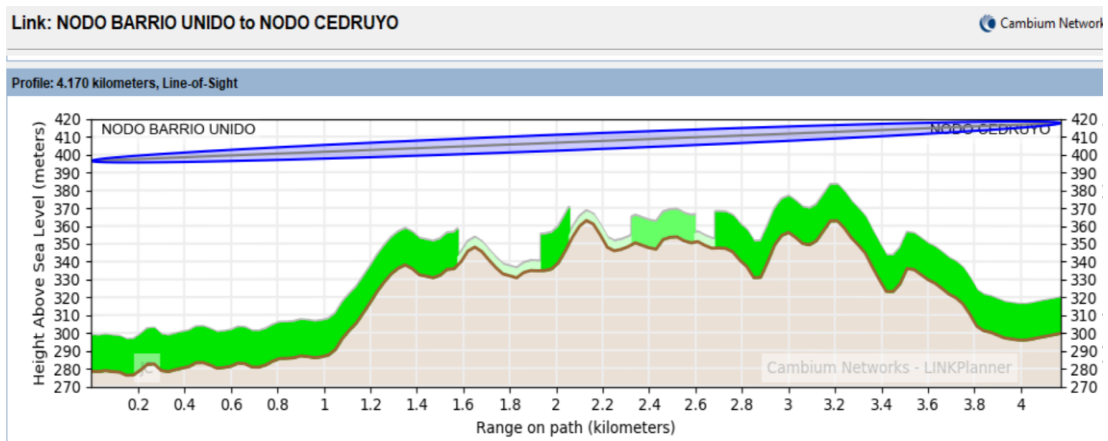


Figura N° 27: Perfil de Enlace Barrio Unido - Cedruyo

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°28, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Single para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 78.81Mbps y un margen de desvanecimiento de 22.41dB con una confiabilidad del 100%.

Performance Details													
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.63	0.75	0.87	0.83	0.87	0.83	0.83
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	409.35	344.89	281.84	219.28	204.67	172.44	157.62	140.92	109.63	78.81	54.81	39.40	19.70
Performance to NODO BARRIO UNIDO													
Max IP Throughput (Mbps):	204.68	172.45	140.92	109.63	102.34	86.22	78.81	70.46	54.81	39.40	27.41	19.70	9.85
Fade Margin (dB):	3.85	7.59	11.71	14.84	7.51	10.88	18.48	14.84	17.90	22.41	24.74	28.78	31.87
Mode Availability (%):	99.7038	99.9988	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.7038	0.2950	0.0008	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO CEDRUYO													
Max IP Throughput (Mbps):	204.68	172.45	140.92	109.63	102.34	86.22	78.81	70.46	54.81	39.40	27.41	19.70	9.85
Fade Margin (dB):	3.85	7.59	11.71	14.84	7.51	10.88	18.48	14.84	17.90	22.41	24.74	28.78	31.87
Mode Availability (%):	99.7038	99.9988	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.7038	0.2950	0.0008	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 28: Detalle de Rendimiento del Enlace Barrio Unido - Cedruyo

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Huicopa - Nuevo Jordan (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 1.628 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \qquad d=1.628 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 1.628) [\text{dB}]$$

$$AEL=112.002\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=112.002\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-50.802\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 30 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Single tiene una capacidad de Throughput de 79.25 Mbps y una potencia umbral -77.1dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5.

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-50.802-(-77.1)$$

$$FM=26.298\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

D=1.628Km

F=5.8Ghz

R=4.59 metros

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 4.59 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

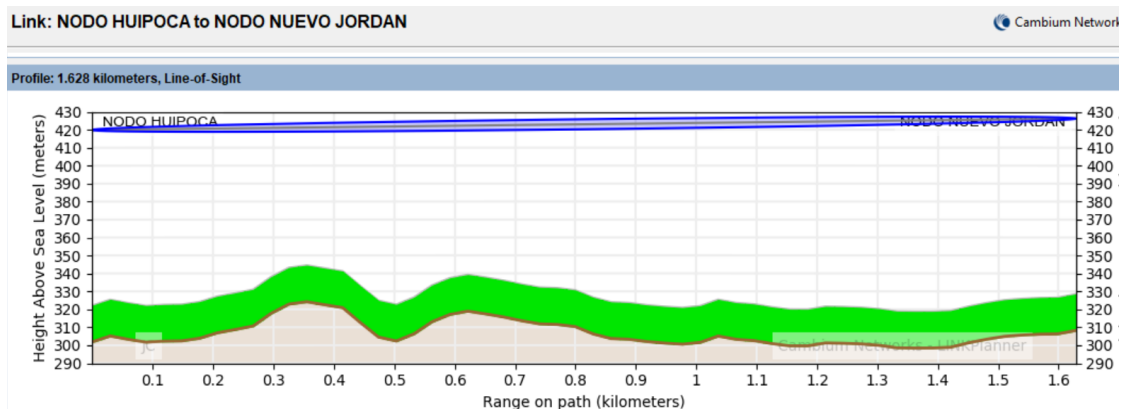


Figura N° 29: Perfil de Enlace Huipoca - Nuevo Jordan

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°30, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Single para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 79.15 Mbps y un margen de desvanecimiento de 30.60dB con una confiabilidad del 100%.

Performance Details													
Charts		Details											
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.83	0.75	0.87	0.83	0.87	0.83	0.83
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	411.10	348.38	283.04	220.20	205.55	173.18	158.29	141.52	110.10	79.15	55.05	39.57	19.78
Performance to NODO HUIPOCA													
Max IP Throughput (Mbps):	205.55	173.18	141.52	110.10	102.77	88.59	79.15	70.78	55.05	39.57	27.52	19.79	9.89
Fade Margin (dB):	12.05	15.78	19.91	23.03	15.70	19.08	28.88	23.03	28.10	30.80	32.93	38.95	40.08
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO NUEVO JORDAN													
Max IP Throughput (Mbps):	205.55	173.18	141.52	110.10	102.77	88.59	79.15	70.78	55.05	39.57	27.52	19.79	9.89
Fade Margin (dB):	12.05	15.78	19.91	23.03	15.70	19.08	28.88	23.03	28.10	30.80	32.93	38.95	40.08
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 30: Detalle de Rendimiento del Enlace Huipoca - Nuevo Jordan

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Centro Yurac - Aguaytia (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 2.576 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB} + 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \quad d=2.576 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB} + 20\log (5.8 \times 2.576) \text{ [dB]}$$

$$AEL=115.987\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=4\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=32.6\text{dBi} \quad Ga2=32.6\text{dBi}$$

$$AEL=115.987\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-50.787\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=4+32.6-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.6\text{Bm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 210 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.87 Dual tiene una capacidad de Throughput de 220.51 Mbps y una potencia umbral -69.3dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5.

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-50.787-(-69.3)$$

$$FM=18.513\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

$$D=2.576\text{Km}$$

$$F=5.8\text{Ghz}$$

$$R=5.77 \text{ metros}$$

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 5.98 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 4dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 32.6dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

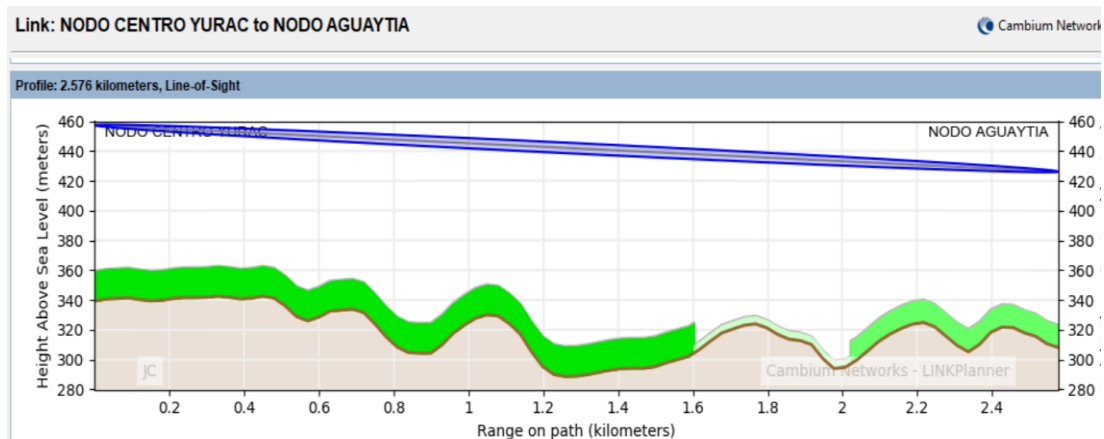


Figura N° 31: Perfil de Enlace Centro Yurac - Aguaytia

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°32, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.87 Dual para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 240.60Mbps y un margen de desvanecimiento de 22.53dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details													
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.83	0.75	0.87	0.83	0.87	0.83	0.83
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	449.20	378.46	309.27	240.60	224.60	189.23	172.97	154.64	120.30	86.48	60.15	43.24	21.62
Performance to NODO CENTRO YURAC													
Max IP Throughput (Mbps):	224.60	189.23	154.64	120.30	112.30	94.61	86.48	77.32	60.15	43.24	30.07	21.62	10.81
Fade Margin (dB):	11.54	15.28	19.40	22.53	15.20	18.57	26.15	22.52	25.59	30.10	32.42	36.45	39.55
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO AGUAYTIA													
Max IP Throughput (Mbps):	224.60	189.23	154.64	120.30	112.30	94.61	86.48	77.32	60.15	43.24	30.07	21.62	10.81
Fade Margin (dB):	11.54	15.28	19.40	22.53	15.20	18.57	26.15	22.52	25.59	30.10	32.42	36.45	39.55
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 32: Detalle de Rendimiento del Enlace Centro Yurac - Aguaytia

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Miguel Grau - Huipoca (PtP)

La distancia que separa los dos nodos del enlace es de 4.947 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHz}$$

$$d=4.947 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 4.947) [\text{dB}]$$

$$AEL=121.655\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=7\text{dBm}$$

$$Ac1=1\text{dB} \quad Ac2=1\text{dB}$$

$$Ag1=1\text{dB} \quad Ag2=1\text{dB}$$

$$Ga1=29.1\text{dBi} \quad Ga2=29.1\text{dBi}$$

$$AEL=121.655\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-60.455\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=7+29.1-1$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.1\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 60 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante mencionadas en la figura N°10 para un ancho de canal de 40 MHz la modulación 16QAM 0.63 Single tiene una capacidad de Throughput de 79.25 Mbps y una potencia umbral -77.1dB como indica la figura N°9, con estos datos procedemos a calcular el Margen de Desvanecimiento utilizando la fórmula N°5.

$$FM= Pn - Pu(\text{dB})$$

$$FM=-60.455-(-77.1)$$

$$FM=16.645\text{dB}$$

Ahora procederemos a calcular el radio de Fresnel utilizando la fórmula N°6

$$R=8.657\sqrt{(D/F)}$$

$$D=4.947\text{Km}$$

$$F=5.8\text{Ghz}$$

$$R=8.00 \text{ metros}$$

Simulación del Enlace

Para tener línea de vista en este enlace estamos considerando que existen árboles con una altura aproximada de 20 metros y el radio de Fresnel de 8.00 metros para que no existan obstrucciones en más del 60% de la primera zona de Fresnel utilizamos torres de 120 metros debido a su gran capacidad de carga portante y resistencia a fuertes vientos además las antenas están ubicadas a 118 metros para ambas torres. Las radios PTP 670 instaladas en ambas torres operan con una potencia de transmisión de 7dBm, cuentan con una antena externa con ganancia de 29.1dBi y trabajan con una frecuencia de operación de 5.8 GHz.

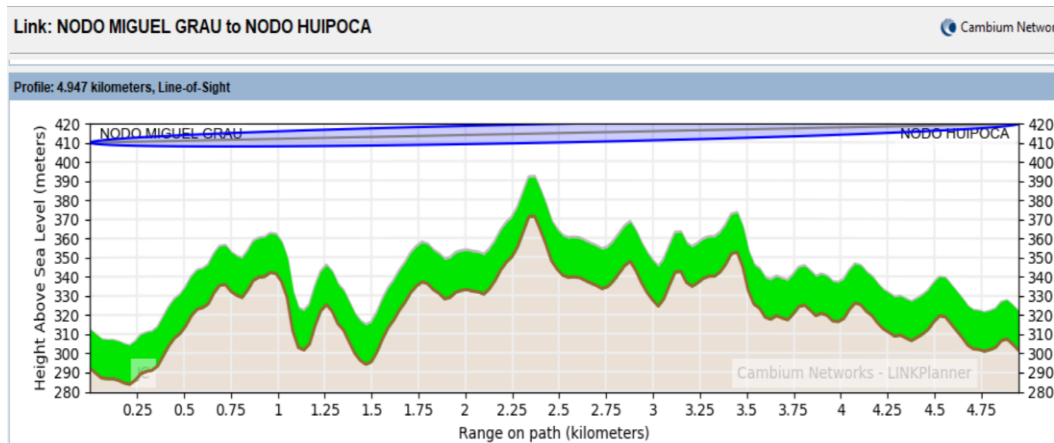


Figura N° 33: Perfil de Enlace Miguel Grau - Huipoca

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°34, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 0.63 Single para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 78.70 Mbps y un margen de desvanecimiento de 20.92dB con una confiabilidad del 100%.

Performance Details													
Charts		Details											
Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	256QAM	64QAM	16QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code Rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.81	0.92	0.83	0.75	0.87	0.83	0.87	0.83	0.83
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	408.77	344.40	281.44	218.95	204.39	172.20	157.40	140.72	109.47	78.70	54.74	39.35	19.87
Performance to NODO MIGUEL GRAU													
Max IP Throughput (Mbps):	204.39	172.20	140.72	109.48	102.19	88.10	78.70	70.38	54.74	39.35	27.37	19.87	9.84
Fade Margin (dB):	2.36	6.10	10.22	13.35	6.02	9.39	16.97	13.35	16.41	20.92	23.24	27.27	30.37
Mode Availability (%):	96.1727	99.9933	99.9993	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	96.1727	3.8208	0.0081	0.0002	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO HUIPOCA													
Max IP Throughput (Mbps):	204.39	172.20	140.72	109.48	102.19	88.10	78.70	70.38	54.74	39.35	27.37	19.87	9.84
Fade Margin (dB):	2.36	6.10	10.22	13.35	6.02	9.39	16.97	13.35	16.41	20.92	23.24	27.27	30.37
Mode Availability (%):	96.1727	99.9933	99.9993	99.9995	0.0005	0.0005	99.9995	0.0005	0.0005	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Receive Time in Mode (%):	96.1727	3.8208	0.0081	0.0002	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 34: Detalle de Rendimiento del Enlace Miguel Grau - Huipoca

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

4.2. Cálculos y simulación de enlaces Punto A Multipunto

- Nodo Aguaytia a IE. Jose Carlos Mariategui (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.706Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB} + 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \quad d=0.706 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB} + 20\log (5.8 \times 0.706) \text{ [dB]}$$

$$AEL=104.745\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-$$

$$Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=18\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=104.745\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-53.245\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=18+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=33.5\text{dBm}$$

Table 194 Throughput for ePMP 50/50 Ratio)

MCS	Spatial Streams	Mod. Type	Coding Rate	5 MHz		10 MHz		20 MHz		40 MHz	
				DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL	UL
MCS 15	2	64-QAM	5/6	10.5	11.4	25.9	26.9	56.5	58.4	115	114
MCS 14	2	64-QAM	3/4	9.35	10.3	23.4	24.2	50.6	51.8	104	105
MCS 13	2	64-QAM	2/3	8.19	9.17	21.1	21.5	44.6	46.7	94.2	95.7
MCS 12	2	16-QAM	3/4	6.23	6.9	15.6	16	33.6	34.8	70.4	72.3
MCS 11	2	16-QAM	1/2	4.09	4.56	10.5	10.6	22.4	23.1	46.9	47.8
MCS 10	2	QPSK	3/4	3.12	3.38	7.84	8.01	16.4	17.1	35.2	35.9
MCS 9	2	QPSK	1/2	1.95	2.24	5.08	5.27	11.1	11.3	23.4	23.5
MCS 7	1	64-QAM	5/6	5.26	5.85	12.9	13.7	28.2	28.7	58.9	60.8
MCS 6	1	64-QAM	3/4	4.68	5.33	11.7	12.2	25.8	25.9	54.1	53.7
MCS 5	1	64-QAM	2/3	4.21	4.69	10.5	10.7	22.3	23.1	47.1	48
MCS 4	1	16-QAM	3/4	3.12	3.45	7.82	8.01	16.8	17.1	35.2	36
MCS 3	1	16-QAM	1/2	2	2.26	5.16	5.3	11.1	11.3	23.4	23.8
MCS 2	1	QPSK	3/4	1.55	1.66	3.75	3.91	8.22	8.47	17.6	17.9
MCS 1	1	QPSK	1/2	0.938	1.07	2.35	2.35	5.49	5.63	11.8	11.8

Figura N° 35: Tabla de Throughput para ePMP 50/50

Fuente: User Guide ePMP 1000|ePMP 2000,Force 110|130|180|190|200. (Cambium Network, 2019, p.478)

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

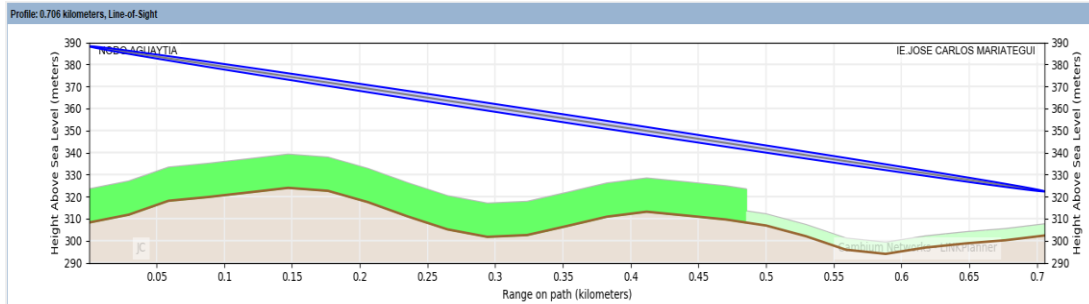


Figura N° 36: Perfil de Enlace Nodo Aguaytia – IE. Jose Carlos Mariategui

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°37, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 1/2 (MCS11) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 49.55Mbps y un margen de desvanecimiento de 21.4dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	99.14	74.41	49.55	37.18	24.78	81.98	55.77	49.55	37.18	24.78	18.58	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.96	49.74	37.35	24.87	18.85	12.44	31.09	27.98	24.87	18.85	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	13.4	15.4	16.4	20.4	22.4	25.4	29.4	15.4	17.4	19.4	22.4	25.4	30.4	32.4
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	81.79	55.82	49.40	37.08	24.68	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	9.4	12.4	14.4	18.4	21.4	24.4	27.4	12.4	14.4	16.4	20.4	24.4	28.4	29.4
Mode Availability (%):	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9994	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 37: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Aguaytia – IE. Jose Carlos Mariategui

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Erika a IE.534 (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.119 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \qquad \qquad \qquad d=0.119 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 0.119) \text{ [dB]}$$

$$AEL=89.279\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=15\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=89.279\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-40.779\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=15+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=30.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 15dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

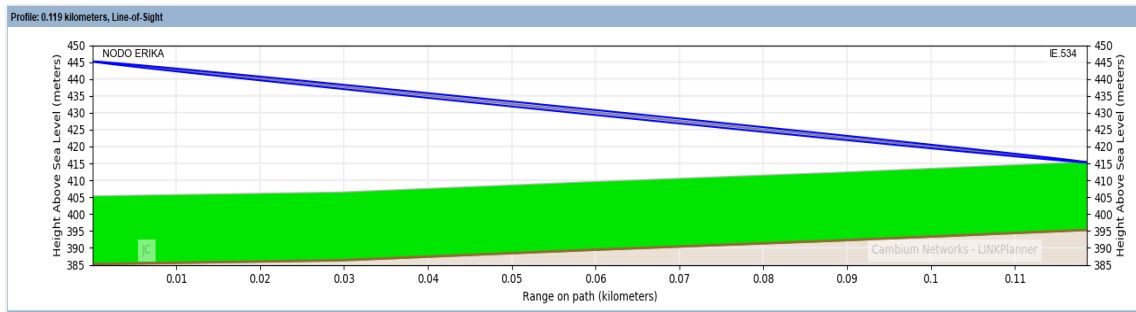


Figura N° 38: Perfil de Enlace Nodo Erika - IE.534

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°39, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 1/2 (MCS11) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 49.55Mbps y un margen de desvanecimiento de 22.1dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS8	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	99.14	74.41	49.55	37.16	24.78	61.98	55.77	49.55	37.16	24.78	18.56	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.98	49.74	37.35	24.87	18.85	12.44	31.09	27.98	24.87	18.85	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	13.1	15.1	16.1	20.1	22.1	25.1	29.1	15.1	17.1	19.1	22.1	25.1	30.1	32.1
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.62	49.40	37.06	24.68	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	12.1	15.1	17.1	21.1	24.1	27.1	30.1	15.1	17.1	19.1	23.1	27.1	31.1	32.1
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 39: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Erika - IE.534

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Alto Shambillo a IE.65216 (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.088 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHZ} \quad d = 0.088 \text{ Km}$$

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (5.8 \times 0.088) \text{ [dB]}$$

$$AEL = 86.658 \text{ dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=15\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=86.658\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-38.158\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=15+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=30.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 15dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

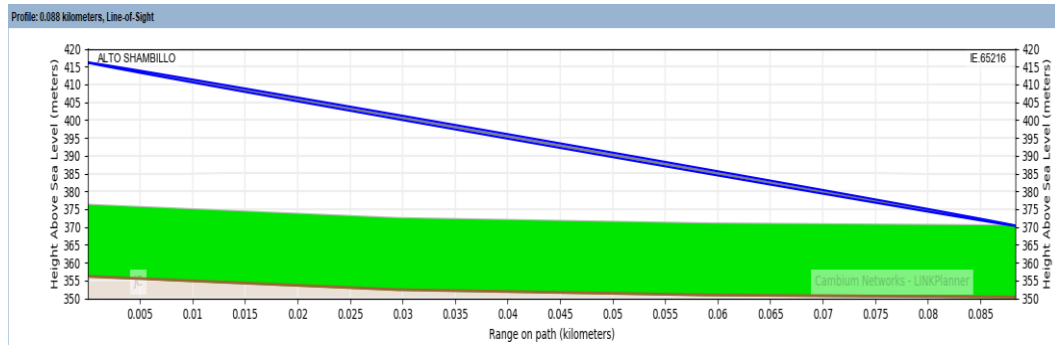


Figura N° 40: Perfil de Enlace Nodo Alto Shambillo – IE.65216

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°41, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 1/2 (MCS11) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 52.85Mbps y un margen de desvanecimiento de 24.5dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	132.03	116.87	105.87	79.28	52.85	39.64	26.42	66.06	59.46	52.85	39.64	26.42	19.78	13.21
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	66.16	59.58	52.97	39.74	26.50	19.89	13.26	33.13	29.83	26.50	19.89	13.28	9.93	6.63
Fade Margin (dB):	13.5	15.5	16.5	20.5	22.5	25.5	29.5	15.5	17.5	19.5	22.5	25.5	30.5	32.5
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	65.87	59.29	52.70	39.52	26.35	19.75	13.16	32.93	29.63	26.35	19.75	13.16	9.85	6.58
Fade Margin (dB):	12.5	15.5	17.5	21.5	24.5	27.5	30.5	15.5	17.5	19.5	23.5	27.5	31.5	32.5
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 41: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Alto Shambillo – IE.65216

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo La Libertad a IE.64801 (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.171 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHZ} \quad d = 0.171 \text{ Km}$$

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (5.8 \times 0.171) \text{ [dB]}$$

$$AEL=92.428\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=20\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=92.428\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-38.928\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=20+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 20dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

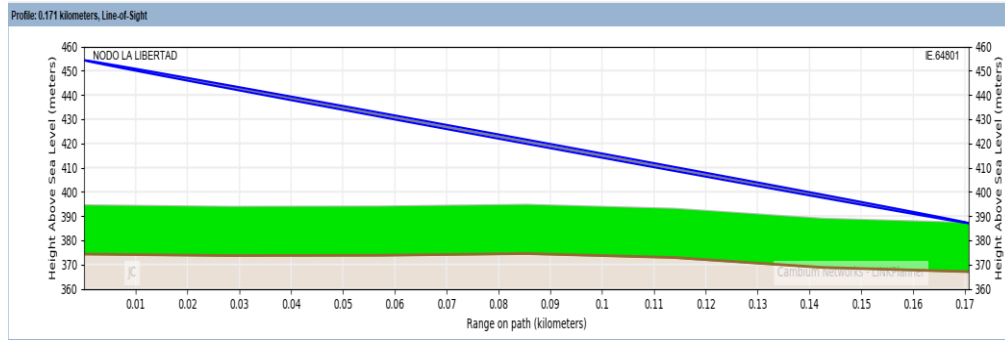


Figura N° 42: Perfil de Enlace Nodo La Libertad - IE.64801

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°43, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 1/2 (MCS11) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 49.55Mbps y un margen de desvanecimiento de 16.9dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MC S:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS8	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.56	99.14	74.41	49.55	37.18	24.78	61.98	55.77	49.55	37.16	24.78	18.58	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.96	49.74	37.35	24.87	18.65	12.44	31.09	27.98	24.87	18.65	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	10.9	12.9	13.9	17.9	19.9	22.9	26.9	12.9	14.9	16.9	19.9	22.9	27.9	29.9
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.82	49.40	37.06	24.88	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	4.9	7.9	8.9	13.9	16.9	19.9	22.9	7.9	9.9	11.9	15.9	19.9	23.9	24.9
Mode Availability (%):	99.9830	99.9990	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9836	0.0353	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 43: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo La Libertad - IE.64801

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Mariela a IE.65059 Walter Peñaloza Ramella (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.178 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHZ} \quad d = 0.178 \text{ Km}$$

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (5.8 \times 0.178) \text{ [dB]}$$

$$AEL = 92.777 \text{ dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=20\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=92.777\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-39.277\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=20+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación QPSK 3/4 (MSC 10) tiene una capacidad de throughput de 33.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 20 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

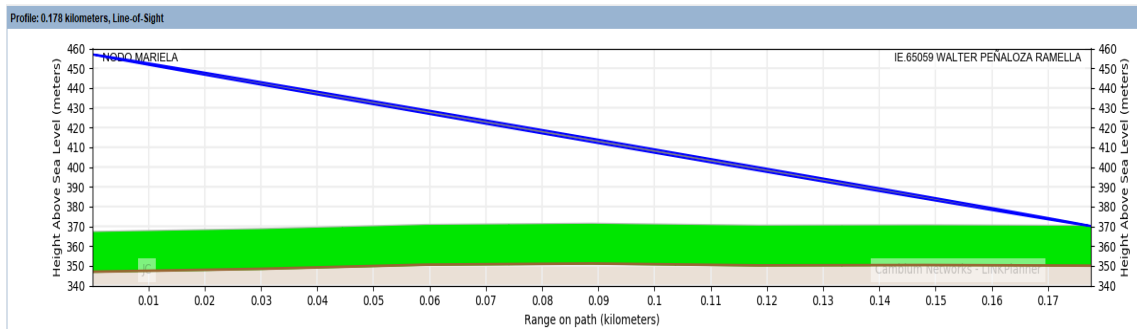


Figura N° 44: Perfil de Enlace Nodo Mariela - IE.65059 Walter Peñaloza Ramella

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°45, como hemos seleccionado la modulación de QPSK 3/4 (MCS10) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 37.16Mbps y un margen de desvanecimiento de 19.8dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	89.14	74.41	49.55	37.16	24.78	61.58	55.77	49.55	37.16	24.78	18.56	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.96	49.74	37.35	24.87	18.65	12.44	31.09	27.98	24.87	18.65	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	10.8	12.8	13.8	17.8	19.8	22.8	26.8	12.8	14.8	16.8	19.8	22.8	27.8	29.8
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.62	49.40	37.06	24.68	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	4.8	7.8	9.8	13.8	15.8	19.8	22.8	7.8	9.8	11.8	15.8	19.8	23.8	24.8
Mode Availability (%):	99.9426	99.9989	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9426	0.0562	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 45: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Mariela - IE.65059 Walter Peñaloza Ramella

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Centro Yurac a IE. Piloto Pampa Yurac (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.522 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHZ} \quad d = 0.522 \text{ Km}$$

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (5.8 \times 0.522) \text{ [dB]}$$

$$AEL=102.122\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=15\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=102.122\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-53.622\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=15+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=30.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación QPSK 3/4 (MSC 10) tiene una capacidad de throughput de 33.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 15 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

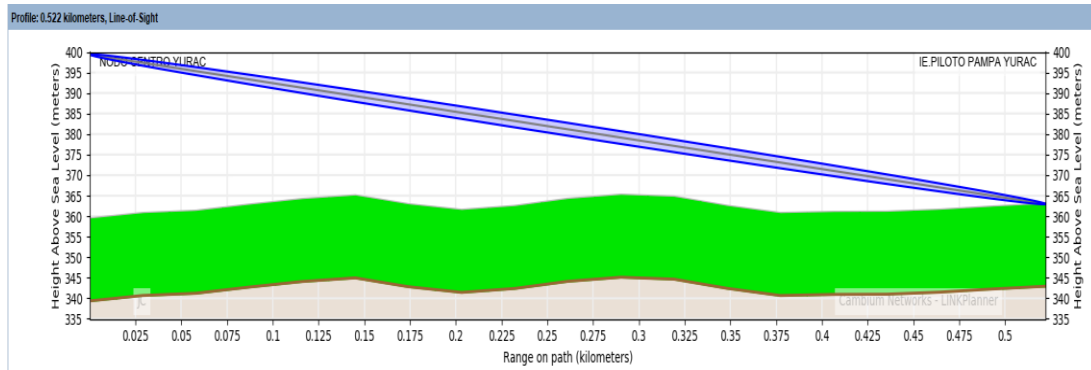


Figura N° 46: Perfil de Enlace Nodo Centro Yurac – IE. Piloto Pampa Yurac

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°47, como hemos seleccionado la modulación de QPSK 3/4 (MSC10) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 37.16Mbps y un margen de desvanecimiento de 27.5dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	89.14	74.41	49.55	37.16	24.78	61.58	55.77	49.55	37.16	24.78	18.56	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.96	49.74	37.35	24.87	18.65	12.44	31.09	27.98	24.87	18.65	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	13.5	15.5	16.5	20.5	22.5	25.5	29.5	15.5	17.5	19.5	22.5	25.5	30.5	32.5
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.62	49.40	37.06	24.68	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	12.5	15.5	17.5	21.5	24.5	27.5	30.5	15.5	17.5	19.5	23.5	27.5	31.5	32.5
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 47: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Centro Yurac – IE. Piloto Pampa Yurac

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Barrio Unido a IE.314 (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.415 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ}$$

$$d=0.415 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 0.415) \text{ [dB]}$$

$$AEL=100.13\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=14\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=100.13\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-52.63\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=14+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=29.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 14 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

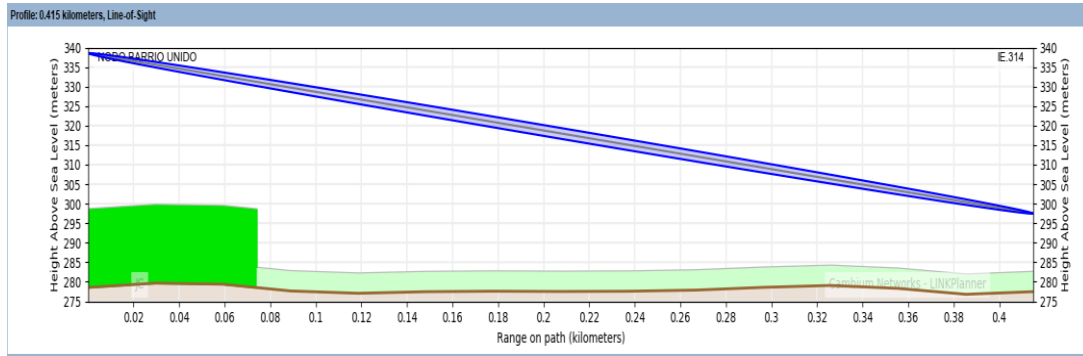


Figura N° 48: Perfil de Enlace Nodo Barrio Unido – IE. 314

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°49, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 1/2 (MCS11) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 49.55Mbps y un margen de desvanecimiento de 25.6dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS8	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	99.14	74.41	49.55	37.16	24.78	61.98	55.77	49.55	37.16	24.78	18.56	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.96	49.74	37.35	24.87	18.65	12.44	31.09	27.98	24.87	18.65	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	13.6	15.6	16.6	20.6	22.6	25.6	29.6	15.6	17.6	19.6	22.6	25.6	30.6	32.6
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.62	49.40	37.06	24.68	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	13.6	16.6	18.6	22.6	25.6	28.6	31.6	16.6	18.6	20.6	24.6	28.6	32.6	33.6
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 49: Detalle de Rendimiento del Enlace Nodo Barrio Unido – IE. 314

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Miguel Grau a IE.64672 (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.216 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHZ}$$

$$d = 0.216 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 0.216) \text{ [dB]}$$

$$AEL=94.458\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=20\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=94.458\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-40.958\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=20+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 20 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

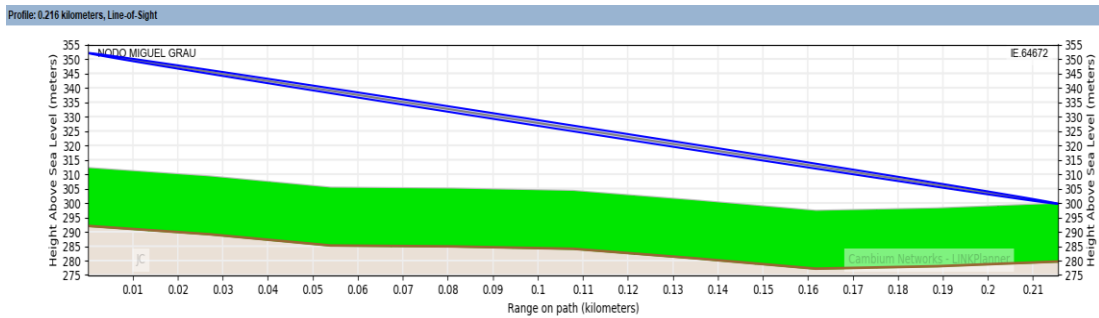


Figura N° 50: Perfil de Enlace Nodo Miguel Grau – IE. 64672

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°51, como hemos seleccionado la modulación de QPSK 3/4 (MSC10) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 37.10Mbps y un margen de desvanecimiento de 22.4dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS8	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	99.14	74.41	49.55	37.16	24.78	61.98	55.77	49.55	37.16	24.78	18.56	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.96	49.74	37.35	24.87	18.65	12.44	31.09	27.98	24.87	18.65	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	13.4	15.4	16.4	20.4	22.4	25.4	29.4	15.4	17.4	19.4	22.4	25.4	30.4	32.4
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.82	49.40	37.06	24.68	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	7.4	10.4	12.4	16.4	19.4	22.4	25.4	10.4	12.4	14.4	18.4	22.4	26.4	27.4
Mode Availability (%):	99.9986	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9986	0.0008	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 51: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Miguel Grau – IE. 64672

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Huipoca a IE. Elias Aguirre (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.29 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHZ}$$

$$d = 0.29 \text{ Km}$$

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (5.8 \times 0.29) \text{ [dB]}$$

$$AEL=97.017\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=18\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=97.017\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-45.517\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=18+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=33.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación QPSK 3/4 (MSC 10) tiene una capacidad de throughput de 33.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

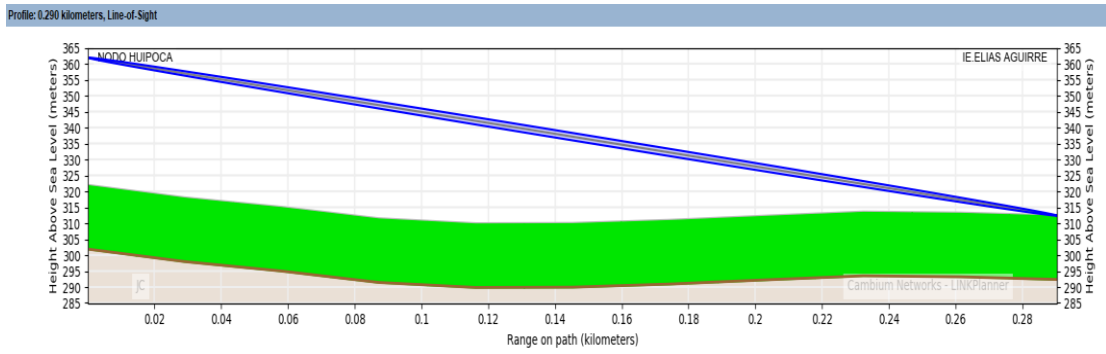


Figura N° 52: Perfil de Enlace Nodo Huipoca – IE. Elias Aguirre

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°53, como hemos seleccionado la modulación de QPSK 3/4 (MCS10) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 37.16Mbps y un margen de desvanecimiento de 24.2 dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS8	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	99.14	74.41	49.55	37.16	24.78	61.98	55.77	49.55	37.16	24.78	18.58	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.98	49.74	37.35	24.87	18.85	12.44	31.09	27.98	24.87	18.85	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	13.2	15.2	16.2	20.2	22.2	25.2	29.2	15.2	17.2	19.2	22.2	25.2	30.2	32.2
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.62	49.40	37.06	24.88	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	9.2	12.2	14.2	18.2	21.2	24.2	27.2	12.2	14.2	16.2	20.2	24.2	28.2	29.2
Mode Availability (%):	99.9993	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9993	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 53: Detalle de Rendimiento del Enlace Nodo Huipoca – IE. Elias Aguirre

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Boquerón a IE. Agropecuario Padre Abad (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.141 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHZ} \qquad d = 0.141 \text{ Km}$$

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (5.8 \times 0.141) \text{ [dB]}$$

$$AEL=90.753\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=16\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=90.753\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-41.253\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=16+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=31.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 16 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

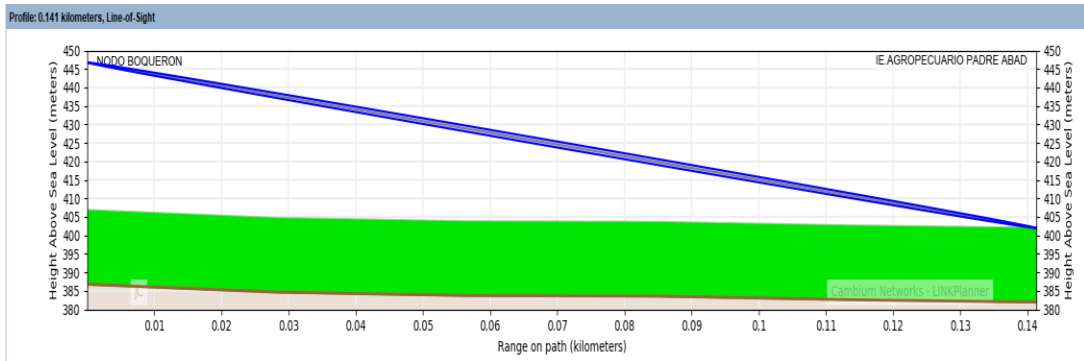


Figura N° 54: Perfil de Enlace Nodo Boquerón – IE. Agropecuario Padre Abad
Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°55, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 1/2 (MCS11) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 49.55Mbps y un margen de desvanecimiento de 23.6 dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	99.14	74.41	49.55	37.18	24.78	61.98	55.77	49.55	37.16	24.78	18.56	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.96	49.74	37.35	24.87	18.85	12.44	31.09	27.98	24.87	18.85	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	13.6	15.6	16.6	20.6	22.6	25.6	29.6	15.6	17.6	19.6	22.6	25.6	30.6	32.6
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.62	49.40	37.06	24.68	18.61	12.34	30.69	27.79	24.68	18.61	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	11.6	14.6	16.6	20.6	23.6	26.6	29.6	14.6	16.6	18.6	22.6	26.6	30.6	31.6
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 55: Detalle de Rendimiento del Enlace Nodo Boquerón – IE. Agropecuario Padre Abad

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Nuevo Jordan a IE.663 (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.194 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHZ}$$

$$d = 0.194 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 0.194) \text{ [dB]}$$

$$AEL=93.525\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=20 \text{ dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=93.525\text{dB}$$

$$Pr (\text{dBm})=-40.025\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=20+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=35.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 20 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

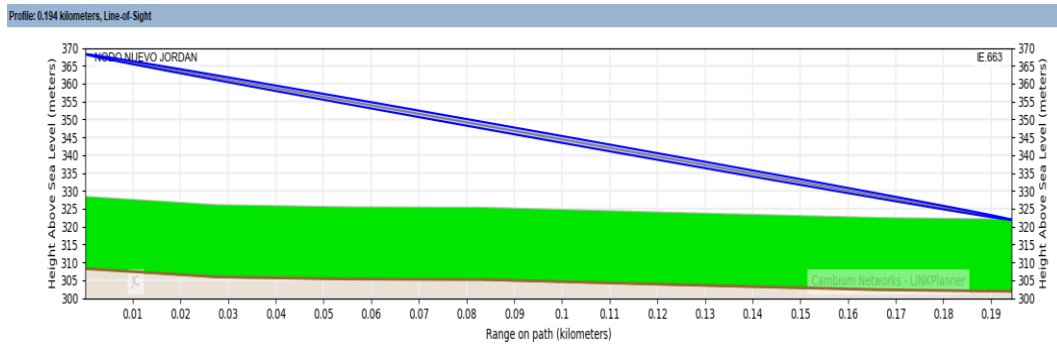


Figura N° 56: Perfil de Enlace Nodo Nuevo Jordan – IE. 663

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°57, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 1/2 (MCS11) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 49.55Mbps y un margen de desvanecimiento de 18.9 dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	99.14	74.41	49.55	37.18	24.78	61.98	55.77	49.55	37.18	24.78	18.56	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.96	49.74	37.35	24.87	18.65	12.44	31.09	27.98	24.87	18.65	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	12.9	14.9	15.9	19.9	21.9	24.9	28.9	14.9	16.9	18.9	21.9	24.9	29.9	31.9
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.62	49.40	37.06	24.68	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	6.9	9.9	11.9	15.9	18.9	21.9	24.9	9.9	11.9	13.9	17.9	21.9	25.9	26.9
Mode Availability (%):	99.9980	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9980	0.0014	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 57: Detalle de Rendimiento del Enlace Nodo Nuevo Jordan – IE. 663

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Cedruyo a IE.64740 (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.133 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL=92,5 \text{ dB}+ 20\log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F= 5,8\text{GHZ} \quad d=0.133 \text{ Km}$$

$$AEL=92,5\text{dB}+ 20\log (5.8 \times 0.133) \text{ [dB]}$$

$$AEL=90.246\text{dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=16\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=90.246\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-40.746\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=16+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=31.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 16 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

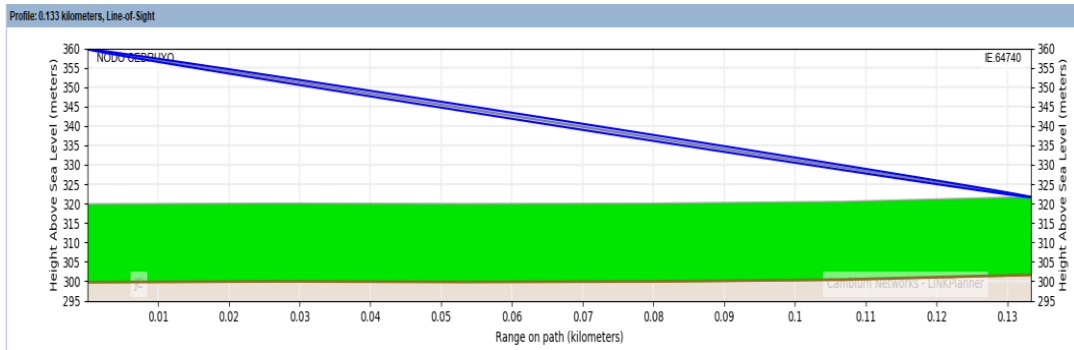


Figura N° 58: Perfil de Enlace Nodo Cedruyo – IE. 64740

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°59, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 1/2 (MCS11) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 49.55Mbps y un margen de desvanecimiento de 23.8dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	99.14	74.41	49.55	37.16	24.78	61.98	55.77	49.55	37.16	24.78	18.56	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	82.18	55.98	49.74	37.35	24.87	18.85	12.44	31.09	27.98	24.87	18.85	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	13.8	15.8	18.8	20.8	22.8	25.8	29.8	15.8	17.8	19.8	22.8	25.8	30.8	32.8
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.82	49.40	37.06	24.68	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	11.8	14.8	16.8	20.8	23.8	26.8	29.8	14.8	16.8	18.8	22.8	25.8	30.8	31.8
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 59: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Cedruyo – IE. 64740

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

- Nodo Bajo Shambillo a IE.64739 (PMP)

La distancia que separa el nodo y la institución beneficiaria del enlace es de 0.18 Km, con este dato procederemos a calcular la atenuación en el espacio libre (Path Loss) utilizando la fórmula N°1.

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (F \times d) \text{ [dB]}, F \text{ [GHZ]}, d \text{ [KM]}$$

$$F = 5,8 \text{ GHZ} \qquad d = 0.18 \text{ Km}$$

$$AEL = 92,5 \text{ dB} + 20 \log (5.8 \times 0.18) \text{ [dB]}$$

$$AEL = 92.874 \text{ dB}$$

Luego de haber calculado la pérdida en el espacio libre debemos calcular la potencia de recepción utilizando la fórmula N°2

$$Pr(\text{dBm})=Pt(\text{dBm})-Ac1(\text{dB})-Ag1(\text{dB})+Ga1(\text{dBi})-AEL(\text{dB})+Ga2(\text{dBi})-Ac2(\text{dB})-Ag2(\text{dB})$$

$$Pt=19\text{dBm}$$

$$Ac1=0\text{dB} \quad Ac2=0\text{dB}$$

$$Ag1=0\text{dB} \quad Ag2=0\text{dB}$$

$$Ga1=18\text{dBi} \quad Ga2=15.5\text{dBi}$$

$$AEL=92.874\text{dB}$$

$$Pr(\text{dBm})=-40.374\text{dBm}$$

Con el dato de la potencia de Recepción calculamos la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) utilizando la fórmula N°4

$$PIRE(\text{dBm})=PT(\text{dBm})+GT(\text{dBi})-Ag1(\text{dB})$$

$$PIRE(\text{dBm})=19+15.5-0$$

$$PIRE(\text{dBm})=34.5\text{dBm}$$

Ahora seleccionamos el tipo de modulación adecuada para el enlace según la capacidad requerida. Este enlace soporta 25 Mbps, siguiendo las recomendaciones del fabricante como indica la figura N°35 para un ancho de canal de 20MHz. La modulación 16QAM 1/2 (MSC 11) tiene una capacidad de throughput de 45.5Mbps.

Simulación del Enlace

Este enlace utiliza una torre ventada de 20 metros ubicada en la institución beneficiaria donde está instalado la radio Force 180 a una altura de 20 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 19 dBm y una ganancia de 15.5dBi.

Del lado del nodo utilizamos el equipo ePMP 2000 a una altura de 60 metros que trabaja con una potencia de transmisión de 18 dBm y una ganancia de antena de 18dBi, ambas radios trabajan con una frecuencia de operación de 5.8GHz.

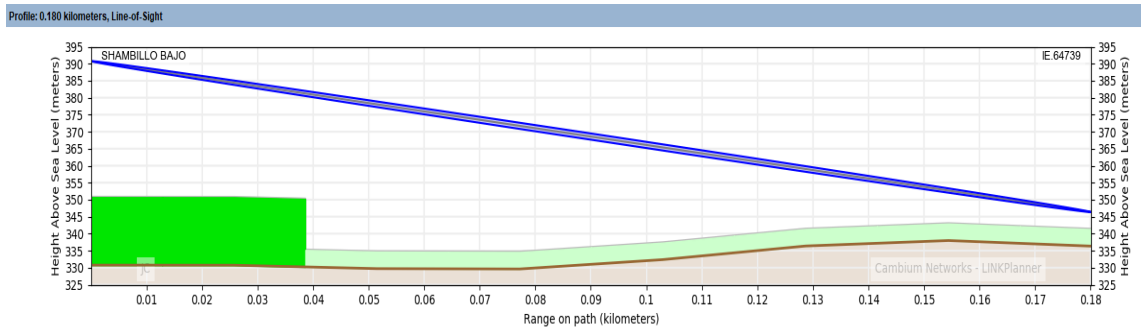


Figura N° 60: Perfil de Enlace Nodo Bajo Shambillo – IE. 64739

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

Link Planner nos entrega también información del rendimiento del enlace como se muestra en la Figura N°61, como hemos seleccionado la modulación de 16QAM 1/2 (MCS11) para este enlace tenemos una velocidad de transmisión de 49.55Mbps y un margen de desvanecimiento de 20.8 dB con una confiabilidad del 99.9995%.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	123.97	111.58	99.14	74.41	49.55	37.16	24.78	61.98	55.77	49.55	37.16	24.78	18.56	12.39
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	62.18	55.96	49.74	37.35	24.87	18.65	12.44	31.09	27.98	24.87	18.65	12.44	9.33	6.22
Fade Margin (dB):	13.8	15.8	16.8	20.8	22.8	25.8	29.8	15.8	17.8	19.8	22.8	25.8	30.8	32.8
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	61.79	55.62	49.40	37.06	24.68	18.51	12.34	30.89	27.79	24.68	18.51	12.34	9.23	6.17
Fade Margin (dB):	8.8	11.8	13.8	17.8	20.8	23.8	26.8	11.8	13.8	15.8	19.8	23.8	27.8	28.8
Mode Availability (%):	99.9993	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9993	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura N° 61: Detalle de Rendimiento del Enlace C Nodo Bajo Shambillo – IE. 64739

Fuente: Link Planner - Elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. Se concluye que el estudio de trece localidades del distrito de Padre Abad, región Ucayali donde desarrollamos el diseño de una red microondas con servidor de contenidos en gabinete para brindar acceso a las TICs a 13 colegios del estado beneficiando a más de 2500 alumnos de la zona con acceso a internet y contenidos educativos a través de esta red.
2. Se concluye que al realizar los 12 enlaces punto a punto y mediante la simulación en Linkplanner se comprobó el Throughput, la velocidad de transmisión, margen de desvanecimiento y la disponibilidad del enlace en un 99.9995%, permitiendo así poder realizar clases virtuales, ver streaming, entre otras TICs.
3. Se concluye que al realizar los 13 enlaces de tipo Punto a Multipunto verificando que soporten los 25 Mbps de Throughput por cada institución beneficiaria, trabajando en una banda de operación de 5.8GHz garantizando así la velocidad con una disponibilidad del 99.9995% brindando acceso a los programas sociales del gobierno, información actualizada de la COVID-19 y acceso a E-Gobierno permitiendo realizar trámites de manera virtual.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un estudio de espectros in situ para verificar las atenuaciones existentes.
2. Se recomienda hacer un estudio de campo para verificar que no exista ninguna obstrucción en la línea de vista de los enlaces.
3. Se recomienda realizar una visita a las instituciones beneficiarias y verificar el espacio y lugar donde se instalará las torres ventadas con el fin de no afectar la infraestructura de la institución.
4. Este proyecto está a disposición de las entidades del estado como el Programa Nacional de Telecomunicaciones (PRONATEL) o alguna empresa privada que desee implementarlo y poder brindar el servicio de internet en el distrito de de Padre Abad, Región Ucayali

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bava, J. A. y J. Sanz, A. (1995). *Microondas y recepción satelital. D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata*. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/66548>
- Cabero, J. (1998). *Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas. En Lorenzo, M. y otros (coords): Enfoques en la organización y dirección de instituciones educativas formales y no formales (pp. 197-206)*. Granada: Grupo Editorial Universitario. España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=741689>
- Cambium Network (2019). *PTP 670 Series User Guide*. Recuperado de <https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/2018/11/Cambium-PTP-670-Series-02-70-User-Guide.pdf#page=210&zoom=100,93,541>
- Cambium Network (2019). *User Guide ePMP 1000/ePMP 2000,Force 110/130/180/190/200*. Recuperado de <https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/2018/11/ePMP-802.11n-User-Guide-v.3.5.6-.pdf>
- Collaguazo, M. y Toapanta, D. (2020). *Implementación y Administración de un servidor de dominio, mediante Security Account Manager, para centralizar los recursos, servicios de las TIC's, del GAD Municipal del Cantón Mejía*, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6664>
- Córdova, A. (2019). *Diseño de una Red de Radioenlaces Vía Microondas para acceso al servicio de Internet a los pueblos más alejados del Distrito de Tambogrande*, Universidad Nacional de Piura, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1575>
- Danizio, P. E. (2019). *Introducción al cálculo de radioenlaces*. Jorge Sarmiento Editor - Universitas. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/175160>
- Díaz, R. (2015). *Diseño de Radioenlace Microondas Isla San Lorenzo-Campus PUCP para el proyecto Perú Magneto*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7038>
- El Peruano (2021). *Resolución Ministerial N°690-2021-MTC/01*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-la-rm-n-777-2005->

mtc03-mediante-la-cual-se-est-resolucion-ministerial-n-690-2021-mtc01-1972885-1/

- Fernandez, J (2008). *Diseño de un enlace de microondas y estación teledifusora mecedores - agua fría - caricuaio para la C.A. Venezolana de televisión*. Recuperado de <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/181160>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGraw Hill. Recuperado de <https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/21401/1/11699.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1554/
- Ley N° 13723. (1961). *Creando el Distrito de Padre Abad, en la Provincia de Coronel Portillo del Departamento de Loreto*. Recuperado el 30 de Julio de 2021, de <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/13723.pdf>
- Ministerio de Educación (2017). *Ucayali: ¿Cómo vamos de educación?* Recuperado de: http://escale.minedu.gob.pe/c/document_library/get_file?uuid=525af17b-20b1-437a-831b-686c0f7ae894&groupId=10156
- Murillo, J. (2013). *Problemas de radiocomunicación*. España. Recuperado de: <https://personal.us.es/murillo/docente/Libros/LibroPbRyRv2.pdf>
- Razo, C. y Rojas, F. (2007). *Del monopolio de Estado a la convergencia tecnológica: evolución y retos de la regulación de telecomunicaciones en América Latina*. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/4576>
- Real Academia de Ingeniería. (s.f). *Throughput*. Recuperado de <http://diccionario.raing.es/es/lema/throughput>
- San Román, E., Castillo, P., Sotomayor, M., Gonzales, L., Zenteno, E. (2014). *Aplicaciones y Teoría de Ingeniería de Microondas*. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/282703747_Aplicaciones_y_Teoria_de_Ingenieria_de_Microondas

- Sequeira, C. y López, J. (2015). *Diseño de una red WiMAX en la ciudad de Granada, Nicaragua*, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua Nicaragua. Recuperado el 3 de Julio de 2021, de <https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/21401/1/11699.pdf>
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas* (4ta ed.). México: Pearson Educación. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=_2HCio8aZiQC&printsec=frontcover&dq=Linea+de+vista+microondas&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi7mt3lpb7xAhUoIr kGHU-ZBUsQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q&f=false
- Villena, C. (2014) *Diseño de una red rural de telecomunicación para aplicación en educación asistida por tecnología web en Purús -Ucayali*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5414>
- Zambrano, H. (2015) *Diseño e Implementación de un enlace de comunicaciones con tecnología WIMAX entre el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas y el Centro de Telecomunicaciones de la FAE (CETEL)*, Universidad Israel, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/640>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia interna de la investigación

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	POBLACIÓN Y MUESTRA	METODOLOGÍA
<p>Problema general ¿Cómo diseñar una red microondas con servidor de contenidos para el uso de TICs en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021?</p>	<p>Objetivo general Diseñar una red microondas con servidor de contenidos para el uso de TICs en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021.</p>	Red microondas	La población está conformada por las localidades que serán beneficiadas	TIPO: DESCRIPTIVO
<p>Problemas específicos ¿Cómo diseñar una red microondas con servidor de contenidos para acceder a clases online en el distrito de Padre Abad, Ucayali ?</p> <p>¿Cómo diseñar una red microondas con servidor de contenidos para utilizar plataformas de streaming en el distrito de Padre Abad, Ucayali ?</p> <p>¿Cómo diseñar una red microondas con servidor de contenidos para E-Gobierno en el distrito de Padre Abad, Ucayali ?</p>	<p>Objetivos Específicos Diseñar una red microondas con servidor de contenidos para acceder a clases online en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021.</p> <p>Diseñar una red microondas con servidor de contenidos para utilizar plataformas de streaming en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021.</p> <p>Diseñar una red microondas con servidor de contenidos para E-Gobierno en el distrito de Padre Abad, Ucayali, 2021.</p>	TICS	La muestra será conformada por las instituciones estatales beneficiadas	DISEÑO: INVESTIGACIÓN

Anexo 2: Especificaciones técnicas del Servidor Dell R940

PowerEdge R940		
Features	Technical Specification	
Processor	Up to four 2 nd Generation Intel® Xeon® Scalable processors, up to 28 cores each	
Memory	48 DDR4 DIMM slots, Supports RDIMM /LRDIMM, up to 2933MT/s, 6TB max Up to 12 NVDIMM, 384GB Max Up to 24 Intel® Optane™ DC persistent memory DCPMM, max 12.28TB, (15.36TB max with DCPMM and LDRIMM) Supports registered ECC DDR4 DIMMs only	
Storage controllers	Internal controllers: PERC S140, H330, H740P Boot optimized Storage Subsystem External HBAs (RAID): H840 External HBAs (non-RAID): 12 Gbps SAS HBA	
Drive bays	Front drive bays: Up to 24 x 2.5" SAS/SATA (HDD/SSD) with up to 12 NVMe PCIe SSD, max 184.32TB	
Power supplies	Platinum 1100W, 1100W 380VDC, 1600W, 2000W, 2400W Gold 1100W-48VDC	Hot plug power supplies with full redundancy option 8 hot plugs fans with full redundancy
Dimensions	Form factor: Rack (3U)	Height: 130.3mm (5.13") Width: 434mm (17.08") Depth: 784.2mm (30.8") Weight: 49.9kg (110lbs.) *Dimensions do not include bezel
Embedded management	IPMI 2.0 compliant iDRAC9, iDRAC Direct, iDRAC RESTful with Redfish Quick Sync 2 wireless module optional	
Bezel	Optional LCD or security bezel	
OpenManage™ Software	OpenManage Enterprise OpenManage Essentials	OpenManage Mobile OpenManage Power Center
Integrations and connections	Integrations: Microsoft® System Center VMware® vCenter™ BMC Truesight Red® Hat Ansible Modules	Connections: Nagios Core & Nagios XI Micro Focus Operations Manager I IBM Tivoli Netcool/OMNIBus
Security	TPM 1.2/2.0 optional Cryptographically signed firmware Secure Boot	Silicon Root of Trust System Lockdown (requires OpenManage Enterprise) Secure erase
I/O & Ports	Network daughter card options: 4x 1GbE, 4x 10GbE, 2x 10GbE+2x 1GbE, or 2x 25GbE Front ports: 1 x Dedicated iDRAC Direct USB, 2 x USB 3.0, 1 x VGA Rear ports: 1 x Dedicated iDRAC network port, 1 x Serial, 2 x USB 3.0, 1 x VGA Video card: 2 x VGA Up to 13 x Gen3 slots, (3 x8 + 10 x16)	
Supported operating systems	Canonical® Ubuntu® Server LTS Citrix® Hypervisor Microsoft Windows Server® LTSC with Hyper-V Oracle® Linux	Red Hat® Enterprise Linux SUSE® Linux Enterprise Server VMware® ESXi For specifications and interoperability details, see Dell.com/OSsupport
OEM-ready version available	From bezel to BIOS to packaging, your servers can look and feel as if they were designed and built by you. For more information, visit Dell.com/OEM .	
Recommended support	Dell ProSupport Plus for critical systems or Dell ProSupport for premium hardware and software support for your PowerEdge solution. Consulting and deployment offerings are also available. Contact your Dell representative today for more information.	

Recommended services

ProSupport Plus with SupportAssist provides proactive and predictive support for critical systems. ProSupport provides comprehensive hardware and software support. Get more from your technology starting on day one with ProDeploy Enterprise Suite deployment offers. For more information, visit Dell.com/itlifecycleservices.

End-to-end technology solutions

Reduce IT complexity, lower costs and eliminate inefficiencies by making IT and business solutions work harder for you. You can count on Dell EMC for end-to-end solutions to maximize your performance and uptime. A proven leader in Servers, Storage and Networking, Dell EMC Services deliver innovation at any scale. And if you're looking to preserve cash or increase operational efficiency, Dell Financial Services™ has a wide range of options to make technology acquisition easy and affordable. Contact your Dell Sales Representative for more information.*

Anexo 3: Especificaciones técnicas del ePMP 2000

ePMP™ 2000 Access Point SPECIFICATION SHEET

SPECIFICATIONS

PRODUCT	
Model/Part#	See table below for full set of Model and Part Numbers
SPECTRUM	
Channel Spacing	Configurable on 5 MHz increments
Frequency Range	5150 - 5970 MHz (exact frequencies as allowed by local regulations)
Channel Width	5.110 20 140 MHz
INTERFACE	
MAC (Media Access Control) Layer	Cambium proprietary and optionally standard 802.11n
Physical Layer	2x2 MIMO/OFDM
Ethernet Interfaced	100/1000BaseT, rate auto negotiated, 802.3at compliant
Powering Methods Supported	56 V PoE (included), standard 802.3at PoE Supply, or CMM4 with 56 V and 5 pin to 7 pin cross over cable adapter
Protocols Used	IPv4/IPv6 (Dual Stack), UDP, TCP, ICMP, SNMPv2c, NTP, STP, IGMP, SSH
Network Management	IPv4/IPv6, HTTPs, SNMPv2c, SSH, Cambium Networks CnMaestro™
VLAN	802.1Q with 802.1p priority
PERFORMANCE	
Subscribers per Sector	Up to 120; Lite version limited to 10
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)
GPS Synchronization	Yes, via internal GPS or CMM4 with 56 V and 5 pin to 7 pin cross over cable adapter
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	0 to +30 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)
RECOMMENDED ANTENNAS	
Sector Antenna	ePMP Sector Antenna (C050900D021A) available
ePMP 2000 Smart Antenna	ePMP 2000 Smart Antenna (C050900D020A) available (complimentary; does not replace Sector Antenna)
PHYSICAL	
Sector Antenna Connection	2 x 50 ohm, RP (reverse polarity) SMA
Beamforming Antenna Connection	2 x 50 ohm, RP (reverse polarity) SMA, DC coupled (powering antenna)
GPS Antenna Connection	1 x 50 ohm, RP (reverse polarity) SMA
Surge Suppression	1 Joule Integrated
Environmental	IP55
Temperature	-30°C to +55°C (-22°F to +131°F)
Power Consumption	20 W Maximum [1]
Input Voltage	44 V to 59 V
Weight	0.7 kg (1.54 lbs.) without brackets
Dimensions	125 x 210 x 37 mm (4.9 x 8.3 x 1.5 in.) without brackets
Pole Mount Included	Yes
Environmental Cover Included	Yes

Anexo 4: Especificaciones técnicas ePMP Force180

ePMP™ Force 180 SPECIFICATION SHEET

SPECIFICATIONS

PRODUCT	
Model Number	C058900P072A (US/FCC), C050900P071A (EU/ROW), (See below for a complete list of part numbers for ordering)
SPECTRUM	
Channel Spacing	Configurable on 5 MHz increments
Frequency range	5 GHz: 4910 – 5970 MHz (exact frequencies as allowed by local regulations)
Channel Width	5 10 20 40 MHz
INTERFACE	
MAC (Media Access Control) Layer	Cambium Proprietary
Physical Layer	2x2 MIMO/OFDM
Ethernet Interface	10/100/1000BaseT, Compatible with Cambium PoE pinouts (V+ = 7 & 8, Return = 4 & 5) and Standard PoE pinouts (V+ = 4 & 5, Return = 7 & 8)
Protocols Used	IPv4/IPv6 (Dual Stack), UDP, TCP, ICMP, SNMPv2c, NTP, STP, IGMP, SSH
Network Management	IPv4/IPv6, HTTPS, SNMPv2c, SSH, Cambium Networks CnMaestro™
VLAN	802.1Q with 802.1p priority
PERFORMANCE	
ARQ	Yes
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @ 20MHz Channel	MCS0 = -93 dBm to MCS15 = -72 dBm (per branch)
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @ 40MHz Channel	MCS0 = -90 dBm to MCS15 = -69 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
LINK BUDGET	
Transmit Power Range	-17 to +30 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)
Integrated Antenna Peak Gain	16 dBi
Maximum Transmit Power	30 dBm combined (subject to regional regulatory restrictions)
PHYSICAL	
Antenna Connection	Integrated Antenna
Surge Suppression	2 Joule Integrated
Environmental	IP55
Temperature	-30°C to +60°C (-22°F to +140°F)
Weight	0.50 kg (1.1 lb.) (includes mounting bracket)
Wind Survival	145 km/hour (90 mi/hour) with antenna
Dimensions (h x w x d)	12.4 x 25.1 x 11.9 cm (4.9 x 9.9 x 4.7 in) – with mounting bracket attached
Pole Diameter Range	1 – 1.6 in (2.5 – 4.1 cm) with included clamp ; up to 2.25 in (5.7 cm) with larger clamp
Power Consumption	10 W Maximum, 5 W Typical
Input Voltage	10 to 30 V

Anexo 5: Especificaciones técnicas del servidor Lenovo SR850

3 | ThinkSystem SR850

Especificaciones técnicas:

Formato/altura	Servidor para rack de 2U
Procesador (máx.)	Procesadores Intel® Xeon® Scalable de segunda o cuarta generación, hasta 165 W
Memoria (máx.)	Hasta 6 TB en 48 ranuras utilizando módulos DIMM de 128 GB; TruDDR4 a 2666 MHz / 2933 MHz
Ranuras de expansión	Hasta 9x PCIe plus 1x LOM; 1x ranura ML2 opcional
Almacenamiento interno	Hasta 16 bahías de almacenamiento de 2,5" con capacidad para unidades HDD o SSD SAS/SATA o hasta 8 unidades SSD NVMe de 2,5", más hasta 2 M.2 duplicados con arranque
Interfaz de red	Diversas opciones con adaptadores PCIe de 1 GbE, 10 GbE, 25 GbE, 32 GbE, 40 GbE o InfiniBand; una tarjeta (de 2/4 puertos) de 1 GbE o 10 GbE LOM
Fuente de alimentación (estándar/máx.)	2 hot-swap/redundantes: 750 W/1100 W/1600 W CA 80 PLUS Platinum
Características de seguridad y disponibilidad	Lenovo ThinkShield, TPM 1.2/2.0; PFA; unidades, ventiladores y fuentes de alimentación de cambio en caliente/redundantes; indicadores LED de diagnóstico Light Path internos; diagnósticos de acceso frontal a través de puerto USB dedicado; panel LCD de diagnósticos
Compatibilidad con RAID	RAID por HW (hasta 16 puertos) con caché flash; hasta 16 puertos HBA
Gestión de sistemas	Administración integrada XClarity Controller, entrega de infraestructura centralizada XClarity Administrator, complementos XClarity Integrator y administración centralizada de la alimentación del servidor XClarity Energy Manager
Sistemas operativos compatibles	Microsoft Windows Server, RHEL, SLES, VMware vSphere. Visite lenovopress.com/osig para obtener más información.
Garantía limitada	Uno y tres años para unidades sustituibles por el cliente y servicio in situ; servicio al siguiente día laborable de 09:00 a 17:00 opcional

Más información

Para obtener más información sobre ThinkSystem SR850, póngase en contacto con su representante o Business Partner de Lenovo o visite: lenovo.com/thinksystem. Para conocer las especificaciones detalladas, consulte la [Guía del producto del SR850](#).



* Basado en pruebas internas de Intel, agosto de 2018. ** En comparación con Lenovo System x3750 m4.

© 2021 Lenovo. Reservados todos los derechos.

Disponibilidad: Las ofertas, precios, especificaciones y disponibilidad pueden modificarse sin previo aviso. Lenovo no es responsable de los errores fotográficos o tipográficos. **Garantía:** Para obtener una copia de las garantías aplicables, diríjase por escrito a: Lenovo Warranty Information, 1009 Think Place, Morrisville, NC, 27560. Lenovo no ofrece garantías sobre los productos o servicios de terceros ni se responsabiliza de ellos. **Marcas comerciales:** Lenovo, el logotipo de Lenovo, AnyBay, Lenovo XClarity, ThinkSystem y TruDDR4 son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Lenovo. Intel®, Optane™ y Xeon® son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Intel Corporation o sus filiales en Estados Unidos y otros países. Microsoft®, Windows Server® y Windows® son marcas comerciales de Microsoft Corporation en Estados Unidos, en otros países o en ambos. Los nombres de otras empresas, productos y servicios pueden ser marcas registradas o de servicio de terceros. Document number DS0033, published April 29, 2020. For the latest version, go to lenovopress.com/ds0033.

Anexo 6: Especificaciones técnicas PTP 670



DATA SHEET

PTP 670 Fixed Wireless Backhaul

Radio	
RF Bands	Wide-band operation 4.9 to 6.05 GHz (Allowable frequencies and bands are dictated by individual country regulations)
Channel sizes	5, 10, 15, 20, 30, 40, and 45 MHz channels Channel sizes depend on individual country regulations
Spectral Efficiency	10 bps/Hz maximum
Channel selection	By Dynamic Spectrum Optimization or manual intervention Automatic selection on start-up and continual self-optimization to avoid interference
Maximum Transmit Power	Up to 27 dBm
System Gain	Up to 164 dB with Integrated antenna
Modulation / Error Correction	Fast Preemptive Adaptive Modulation featuring 13 modulation / FEC coding levels ranging from BPSK to 256 QAM dual payload MIMO
Duplex Scheme	Time Division Duplex (TDD) Adaptive or fixed transmit/receive duty cycles Split frequency operation allows separate transmit and receive frequencies where allowed by regulation. Optional TDD synchronization using PTP-SYNC Module
Antenna	Integrated Flat panel: 23 dBi Connectorized: operate with a selection of separately-purchased single and dual polarity antennas through 2 x N-type female connectors
Range	Up to 155 miles (250 km)
Security	FIPS-197 compliant 128/256-bit AES Encryption (optional) HTTPS and SNMPv3 Identity-based user accounts Configurable password rules Event logging and management; optional logging via syslog Disaster recovery and vulnerability management
Ethernet Bridging	
Protocol	IEEE 802.3
Latency	1-3 ms one direction
QoS	Extensive QoS supporting up to 8 Queues
Packet Classification	Layer 2 and Layer 3 IEEE 802.1p, MPLS, Ethernet priority
Packet Performance	Line rate (>850K packets per second)
Timing Transport	Synchronous Ethernet; IEEE 1588v2
Frame Support	PTP Mode: Jumbo frame up to 9600 bytes; HCMP Mode: 2000 bytes per frame
Flexible I/O	2 x Gigabit Ethernet copper ports: Gigabit Port 1: Data + PoE power input Gigabit Port 2: 802.3at PoE output port 1 x SFP port: single-mode fiber, multi-mode fiber or copper Gigabit Ethernet options available
T1/E1 TDM Support	8 x T1/E1 TDM (Network Indoor Unit (NIDU)) G.823-compliant timing DC power input (compatible with AC+DC Power Injector output)

Anexo 7: Especificaciones técnicas RDH4508C



DATA SHEET

2ft 5.25–5.85 GHz High-Performance Antenna

Electrical Specifications

Operating Frequency Band 5.25 – 5.85 GHz

Half Power Beamwidth, Horizontal 6.1°

Half Power Beamwidth, Vertical 6.1°

Cross-Polar Discrimination 28 dB

Front to Back Ratio (F/B) 44 dB

Gain, Low Frequency 28.3 dBi

Gain, Mid Frequency 28.8 dBi

Gain, High Frequency 29.3 dBi

Return Loss 14 (Minimum)

VSWR 1.5 (Maximum)

Packaging

Package Type Cardboard

Gross Weight 48 lbs (21.8 kg)

Dimensions, L x W x H 31 x 31 x 25 in / .78 x .78 x .64 m

Shipping Volume 13.9 cu ft (.39 cu m)

Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment +/- 10°

Fine Elevation Adjustment +/- 30°

Mounting Pipe Diameter min/max 2 in (5.08 cm) / 1.54.5 in (11.4 cm)

Net Weight 27 lbs (12.2 kg)

Wind Velocity, Operational 90 mph (145 km/h)

Wind Velocity, Survival Rating 125 mph (200 km/h)

Operating Temperature Range -40°C to 60°C

Storage Temperature Range -50°C to 70°C

Regulatory Compliance

FCC Undeclared

Industry Canada Compliance Undeclared

ETSI Undeclared

RoHS-compliant Yes

Anexo 8: Especificaciones técnicas Sub-6 GHz Antenas

Parabolic and Sector Antenna Selection Guide

PTP Parabolic

	N050067D017A	RDH4503C	RDH4508C
Antenna Type	Parabolic	Parabolic	Parabolic
Dish size	0.6 m (2 ft)	0.6 m (2 ft)	0.6 m (2 ft)
Gain	29.5 dBi	29.8 dBi	29.3 dBi
Operating Frequency	5.25–5.85 GHz	4.9-6 GHz	4.9-6 GHz
3 dB Beamwidth	6.1°	6.2°	6.1°
Polarization	Single	Single	Dual
F/B	38 dB	38 dB	44 dB
VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1

	RDH4513B	RDH4504C	RDH4509C
Antenna Type	Parabolic	Parabolic	Parabolic
Dish size	0.9 m (3 ft)	0.9 m (3 ft)	0.9 m (3 ft)
Gain	33 dBi	33 dBi	32.8 dBi
Operating Frequency	5.25–5.85 GHz	4.9-6 GHz	4.9-6 GHz
3 dB Beamwidth	4.2°	4.2°	4.2°
Polarization	Single	Dual	Dual
F/B	40 dB	40 dB	46 dB
VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1

	N050067D018A	RDH4505C	RDH4510C
Antenna Type	Parabolic	Parabolic	Parabolic
Dish size	1.2 m (4 ft)	1.2 m (4 ft)	1.2 m (4 ft)
Gain	35.4 dBi	35.4 dBi	34.7 dBi
Operating Frequency	5.25–5.85 GHz	4.9-6 GHz	4.9-6 GHz
3 dB Beamwidth	3°	3.1°	3°
Polarization	Single	Dual	Dual
F/B	44 dB	44 dB	49 dB
VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1

	N050067D019A	RDH4506C	RDH4511C
Antenna Type	Parabolic	Parabolic	Parabolic
Dish size	1.8 m (6 ft)	1.8 m (6 ft)	1.8 m (6 ft)
Gain	38.4 dBi	38.4 dBi	38.2 dBi
Operating Frequency	5.25-5.85 GHz	4.9-6 GHz	4.9-6 GHz
3 dB Beamwidth	2°	2.1°	2°
Polarization	Single	Dual	Dual
F/B	46 dB	46 dB	52 dB
VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1

Anexo 9: Cronograma de la investigación

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		CRONOGRAMA DEL DESARROLLO DE LA TESIS DISEÑO DE UNA RED MICROONDAS CON SERVIDOR DE CONTENIDOS PARA EL USO DE TICS EN EL DISTRITO DE PADRE ABAD, UCAYALI, 2021	142 días?	dom 9/05/21	dom 8/08/21
2		Asesoría en metodología y Formulación del Proyecto de tesis	33.13 días	dom 9/05/21	dom 30/05/21
3		Presentación de la estructura del Plan de Tesis- cronograma Estructura del título de tesis	1 día	dom 9/05/21	dom 9/05/21
4		Estructura del título de tesis	1 día	dom 9/05/21	dom 9/05/21
5		Descripción del problema	1 día	dom 9/05/21	dom 9/05/21
6		Revisión de las matrices: Problema- antecedentes -bibliografía	1 día	dom 16/05/21	dom 16/05/21
7		Desarrollo: Hipótesis y Metodología del Estudio	1 día	dom 23/05/21	dom 23/05/21
8		Desarrollo: Metodología , aspectos administrativos. referencias bibliografías	1 día	dom 30/05/21	dom 30/05/21
9		Revisión y desarrollo del proyecto de tesis	35 días	lun 31/05/21	mar 22/06/21
10		Revisión del título	2 días	lun 31/05/21	mar 1/06/21
11		Revisión del problema	2 días	lun 7/06/21	mar 8/06/21
12		Revisión de los Objetivos	2 días	lun 14/06/21	mar 15/06/21
13		Revisión del Marco Teórico	2 días	lun 21/06/21	mar 22/06/21
14		Revisión del Desarrollo del tema	2 días	lun 21/06/21	mar 22/06/21
15		Investigación y desarrollo de la tesis	131 días	lun 28/06/21	dom 19/09/21
16		Investigación de las localidades en el INEI	10 días	lun 28/06/21	dom 4/07/21
17		Búsqueda de información referente al acceso a internet y uso de TICS en las localidades del distrito de Padre Abad, Ucayali	10 días	lun 5/07/21	dom 11/07/21
18		Búsqueda de información socioeconómica de las localidades del distrito de Padre Abad, Ucayali.	10 días	dom 11/07/21	dom 18/07/21
19		Se recolectará información geográfica (altitud, relieve y distancia) de las localidades seleccionadas del distrito de Padre Abad con Google Earth.	30 días	dom 18/07/21	sáb 7/08/21
20		Se seleccionará los equipos a utilizar en los nodos de comunicación y el servidor de contenidos para el uso de las TICS	30 días	sáb 7/08/21	jue 26/08/21
21		Usando radio Mobile se realizará la simulación de los enlaces para verificar la línea de vista entre los nodos y los usuarios finales.	20 días	jue 26/08/21	mar 7/09/21
22		Se realizará el diseño de los nodos Core, Distribución y Terminal	19 días	mar 7/09/21	dom 19/09/21
23		Revisión del borrador de tesis	10 días	lun 20/09/21	dom 26/09/21
24		Levantamiento de observaciones	10 días	dom 17/10/21	dom 24/10/21
25		Presentación de Tesis UGT, para la adecuación de norma APA y empaste	20 días	jue 28/10/21	lun 8/11/21
26		Sustentación de Tesis	10 días	mar 9/11/21	lun 15/11/21

Anexo 10: Presupuesto estimado

PRESUPUESTO				
Descripción	Cantidad	Marca	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
Torre Auto soportada 120m	13	-	250 000	3 250 000
Servidor Dell R940	1	Dell	35 000	35 000
Gestor de contenidos Kolibri	1	-	2 470	2 470
PTP 670 Series	24	Cambium Network	11 350	272 400
Antena parabólica RDH4508C	20	Cambium Network	4 638	92 760
Antena parabólica RDH4509C	2	Cambium Network	8 309	16 618
Antena parabólica RDH4510C	2	Cambium Network	15 770	31 540
Torres ventadas	13	-	6900	89 700
ePMP Force 180	13	Cambium Network	1 400	18 200
ePMP 2000	13	Cambium Network	3 250	42 250
LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)	24	Cambium Network	1 642	39 408
Gigabit Surge Suppressor (30V)	13	Cambium Network	200	2 600
			TOTAL (S/.)	3 896 456