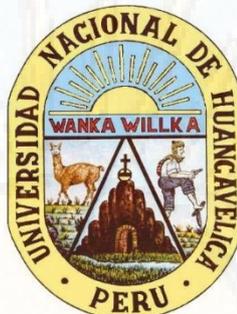


UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(CREADA POR LEY N° 25265)



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

TESIS

**“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA
MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LAS
INSTITUCIONES PUBLICAS Y POBLACIÓN DEL DISTRITO
DE QUICHUAS, TAYACAJA, HUANCAMELICA-2018”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
COMUNICACIONES ÓPTICAS Y RADIOELÉCTRICAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
BACH. EVINS CUELLAR TITO**

**HUANCAMELICA, PERU
2019**



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas, a los 14 días del mes de noviembre del año 2019, a horas 15 Hrs, se reunieron; el Jurado Calificador, conformado de la siguiente manera:

Presidente: Mg. Angel Almidon Elerscano
 Secretario: Dr. Marco Aurelio Rosarte Villarreal
 Vocal: Mg. Taver Alperdo Herrera Morales

Ratificados con Resolución N° 009-2019-DRIES-UNH; del: proyecto de investigación (Tesis), Titulado: "Diseño de una red de fibra óptica para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población del distrito de Quichua, Tayacaja, Huancavelica" 2018.

Cuyos autores son los graduado (s):

BACHILLER (S): Evins WELLAR TITO

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invito al público presente y a los sustentantes a abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente el resultado:

APROBADO POR Mayoría

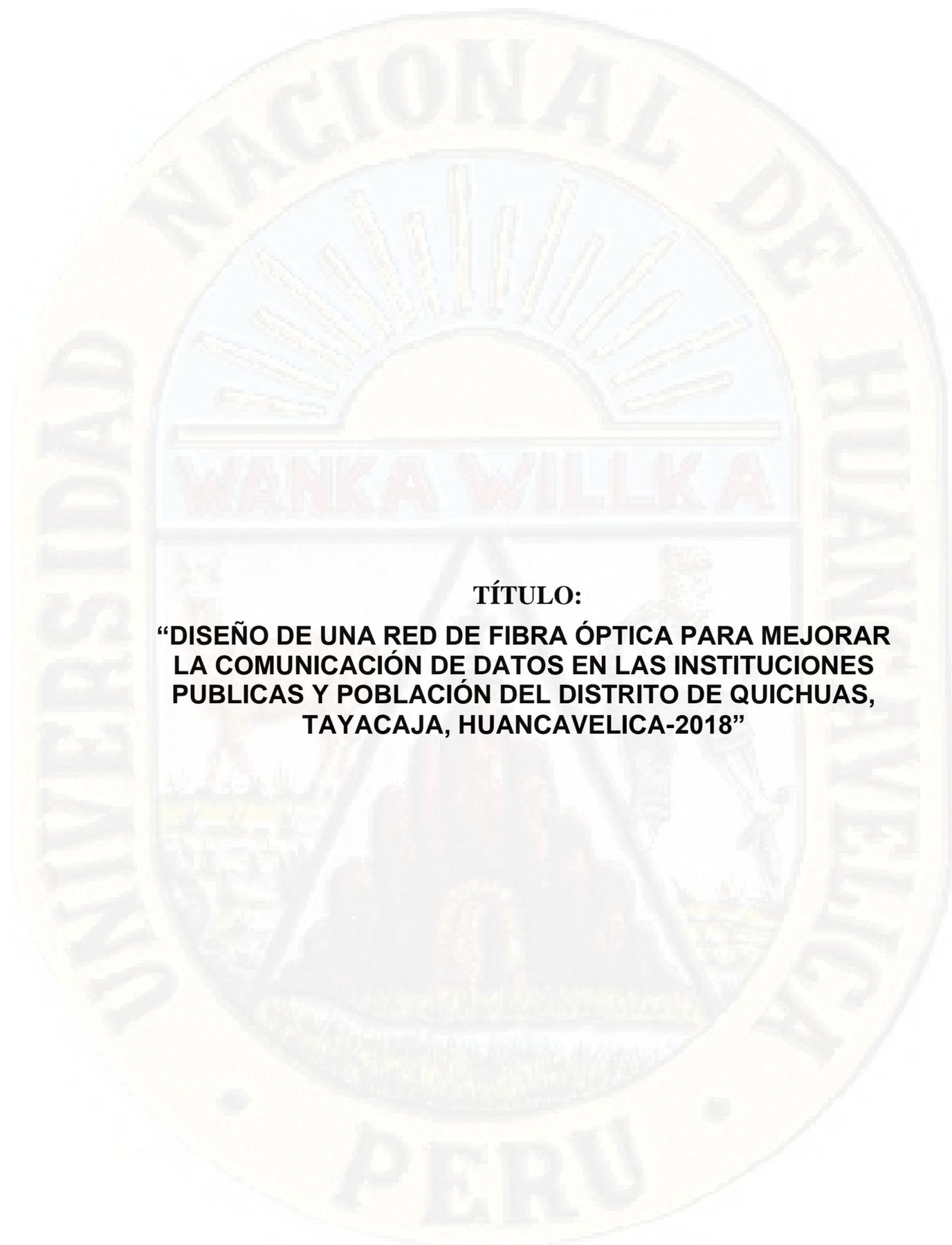
DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

 Presidente

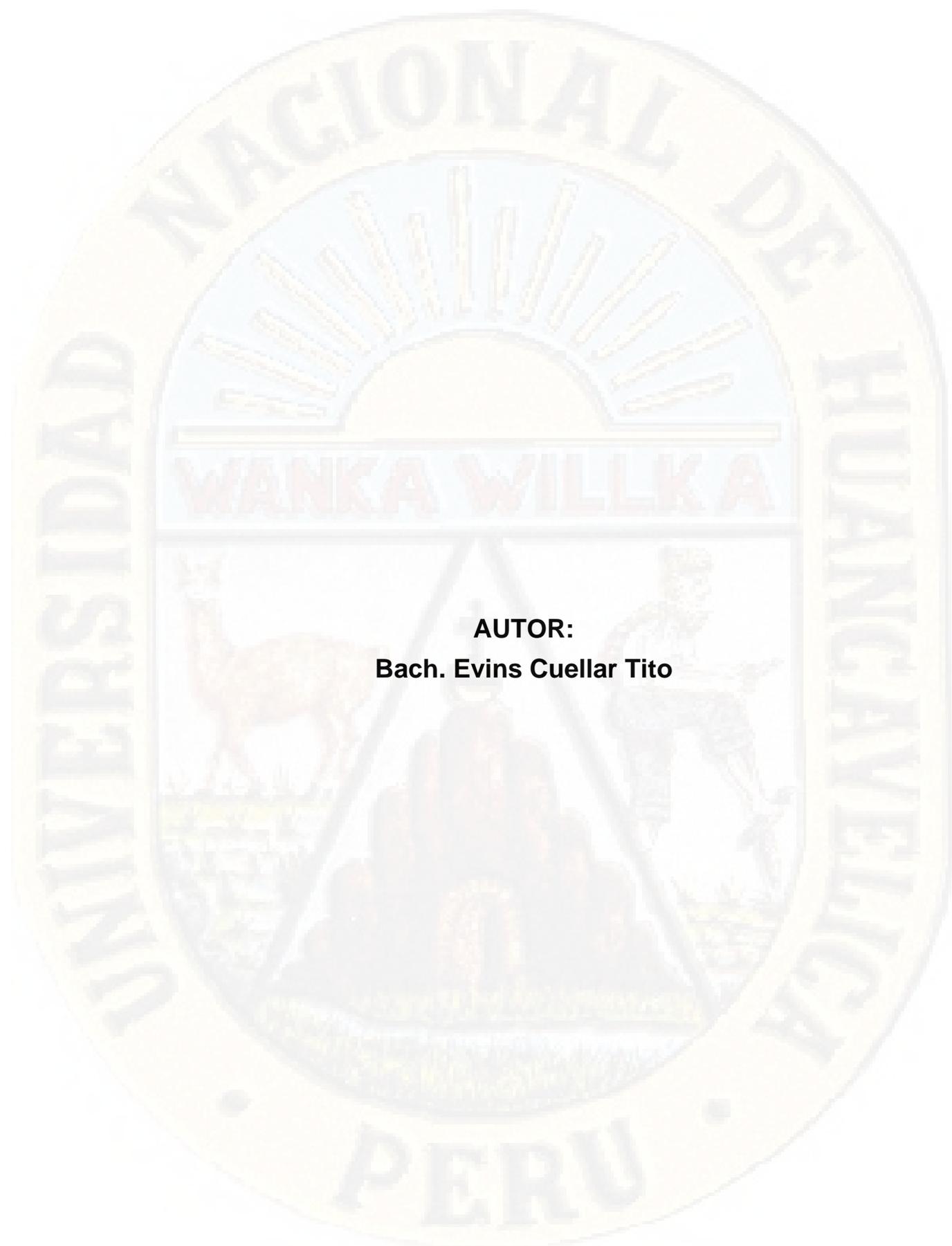
 Secretario

 Vocal

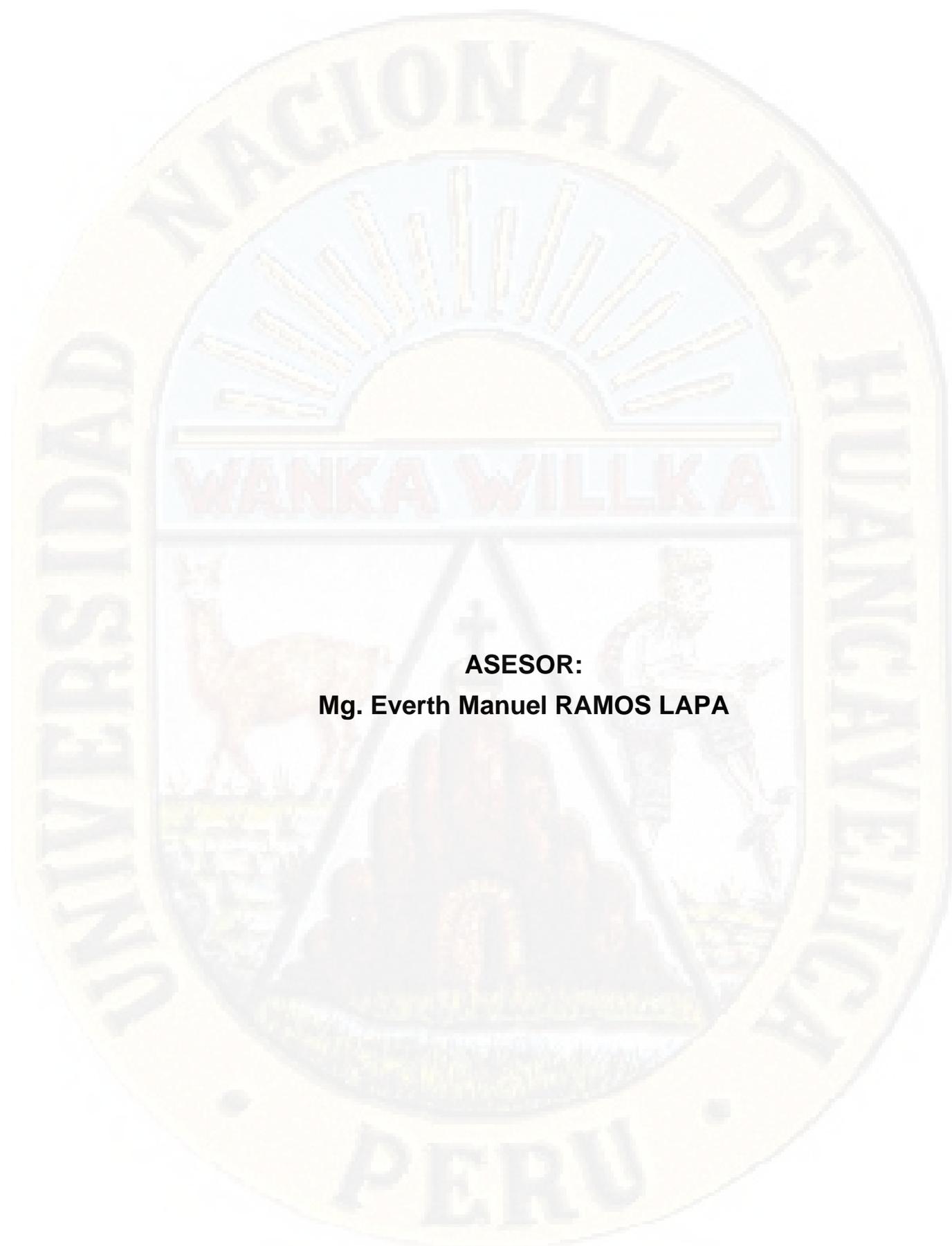


TÍTULO:

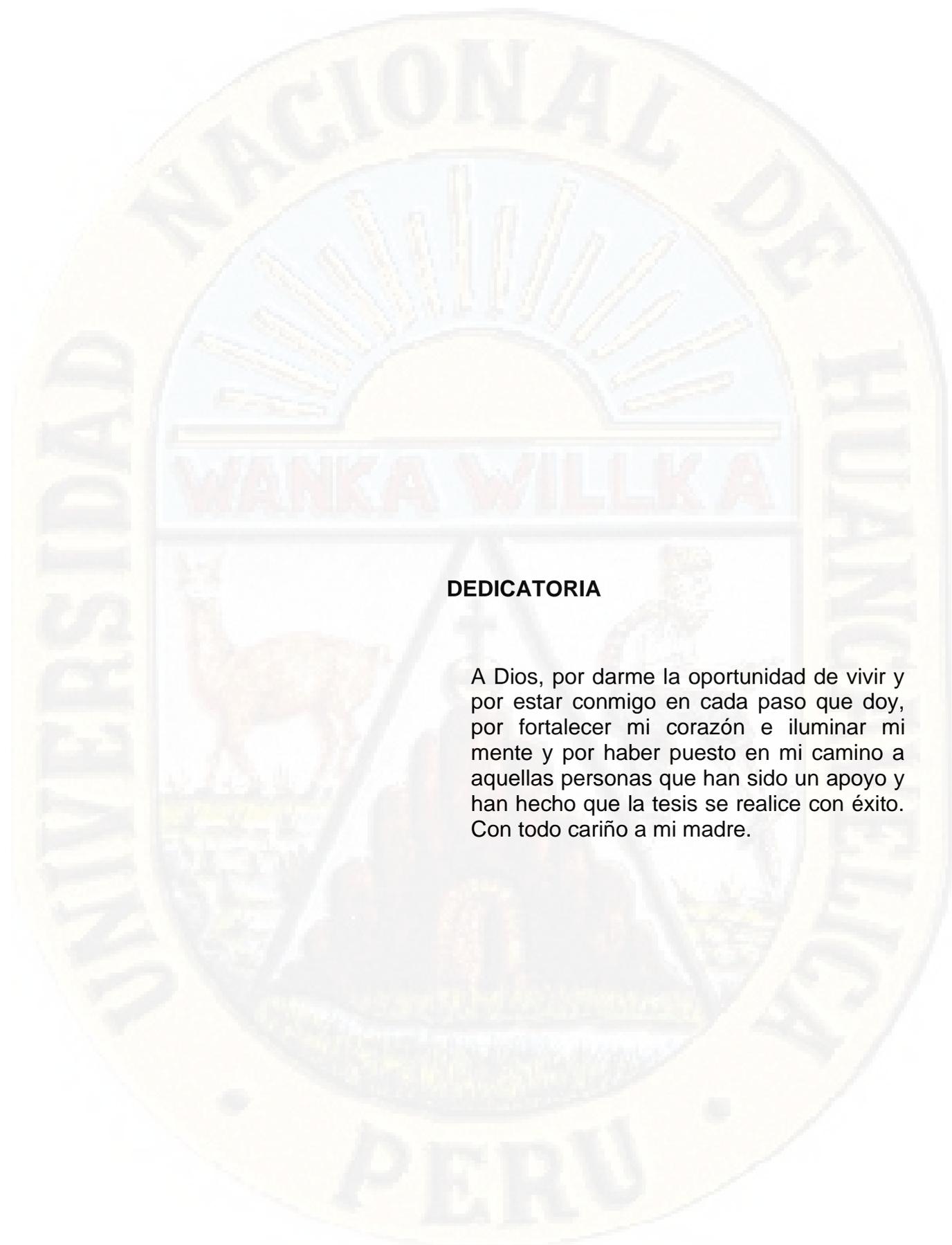
“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LAS INSTITUCIONES PUBLICAS Y POBLACIÓN DEL DISTRITO DE QUICHUAS, TAYACAJA, HUANCVELICA-2018”



AUTOR:
Bach. Evins Cuellar Tito



ASESOR:
Mg. Everth Manuel RAMOS LAPA



DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido un apoyo y han hecho que la tesis se realice con éxito. Con todo cariño a mi madre.

ÍNDICE

INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción del problema	3
1.1.1. Problema general	3
1.1.2. Problemas específicos	5
1.2. Formulación del problema	14
1.2.1. Problema general	14
1.2.2. Problemas específicos	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. Justificación	16
1.4.1. Justificación social	16
1.4.2. Justificación económica	18
1.4.3. Justificación tecnológica	18
1.5. Limitaciones	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes	21
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación	24
2.2.1. Fibra óptica	24
2.2.2. Cable de fibra óptica monomodo ADSS	26
2.2.3. Dimensionamiento del cable y la ferretería	30
2.2.4. Presupuesto de pérdidas y ganancias	40
2.2.5. Caracterización de la fibra óptica	44
2.2.6. Sistema de baterías	62
2.2.7. Ancho de banda y cobertura	64
2.2.8. Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica	67
2.2.9. Redes Regionales	71
2.2.10. Proyecto Regional de Huancavelica	73

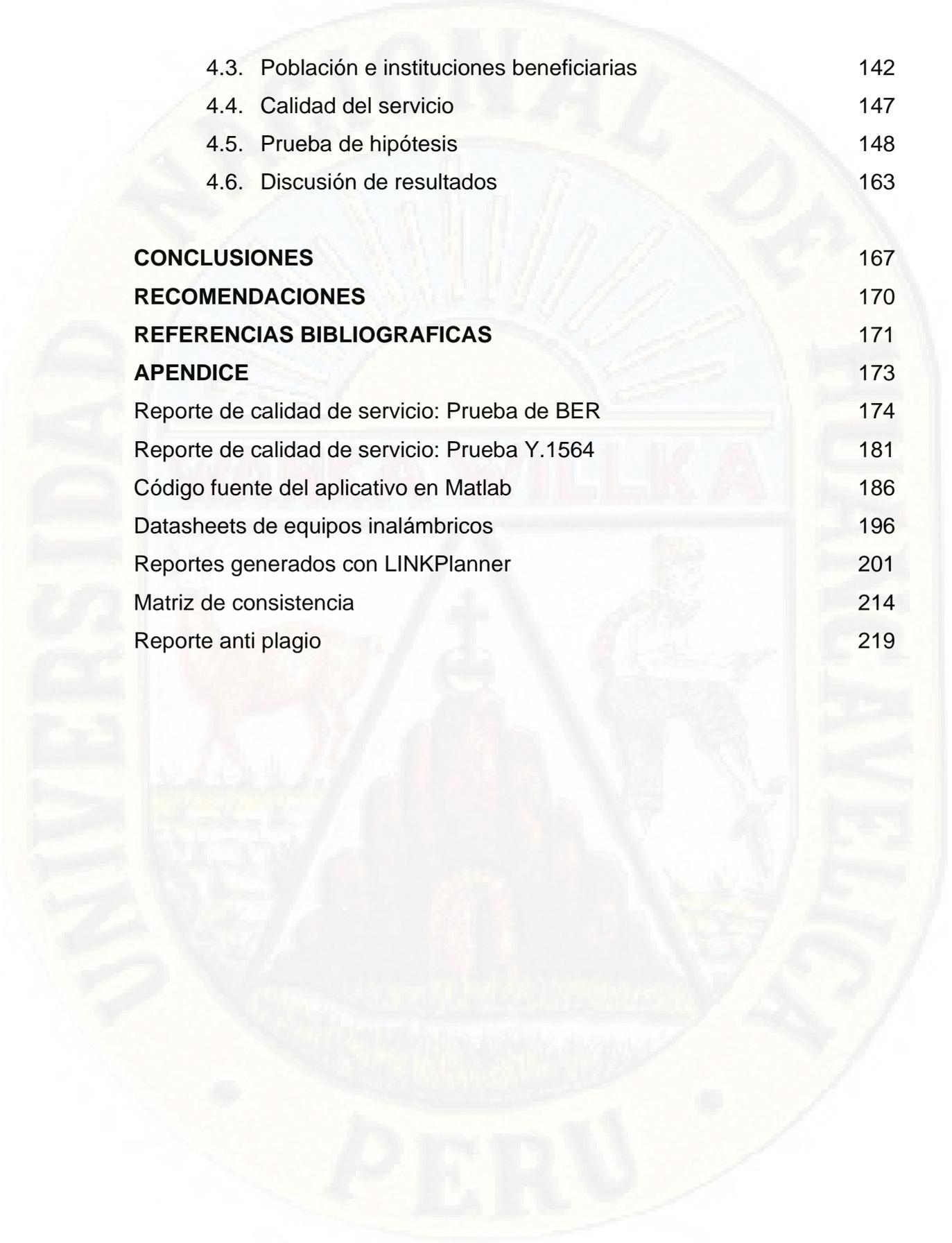
2.2.11.	Aspectos civil, eléctrico y de seguridad en la red de acceso	83
2.2.12.	Calidad del servicio	88
2.3.	Bases conceptuales	97
2.4.	Definición de términos	98
2.5.	Hipótesis	101
2.5.1.	Hipótesis general	101
2.5.2.	Hipótesis específicas	101
2.6.	Variables	102
2.6.1.	Variable independiente	102
2.6.2.	Variable dependiente	102
2.7.	Operacionalización de variables	102

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Ámbito temporal y espacial	104
3.2.	Tipo de investigación	104
3.3.	Nivel de investigación	104
3.4.	Población, muestra y muestreo	105
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	106
3.5.1	Técnicas de recolección de datos	106
3.5.2	Instrumentos de recolección de datos	106
3.6.	Técnicas y procesamiento de análisis de datos	107
3.6.1	Técnicas de procesamiento de datos	107
3.6.2	Técnicas de análisis de datos	107

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1.	Red de transporte	108
4.1.1	Tendido de la fibra óptica	108
4.1.2	Nodo de distribución	125
4.1.3	Presupuesto de potencia	128
4.2.	Red de acceso	133
4.2.1	Sistema radiante	133



4.3. Población e instituciones beneficiarias	142
4.4. Calidad del servicio	147
4.5. Prueba de hipótesis	148
4.6. Discusión de resultados	163
CONCLUSIONES	167
RECOMENDACIONES	170
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	171
APENDICE	173
Reporte de calidad de servicio: Prueba de BER	174
Reporte de calidad de servicio: Prueba Y.1564	181
Código fuente del aplicativo en Matlab	186
Datasheets de equipos inalámbricos	196
Reportes generados con LINKPlanner	201
Matriz de consistencia	214
Reporte anti plagio	219

RESUMEN

El presente trabajo de investigación aplicada propone una solución tecnológica para mejorar las comunicaciones de datos en el distrito de Quichuas, ubicada en la provincia de Tayacaja, región de Huancavelica. El distrito cuenta solo con proveedores satelitales, propensos a cortes del servicio y, además, costos comparativamente altos. Para resolver este problema, se planteó el objetivo de diseñar un enlace óptico entre el nodo Mariscal Cáceres de la Red Regional de Huancavelica (conectada, a su vez, a la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica - RDNFO) y un nodo a ser ubicado en el mencionado distrito de Quichuas. Como parte del presente trabajo, se realiza el cálculo y dimensionamiento del enlace óptico (potencia, atenuación, pérdidas diversas) a través de una aplicación desarrollada en Matlab con un entorno GUIDE interactivo. También, se detallan todos los aspectos del tendido y ferretería empleada. Así mismo, en la red de acceso se considera un sistema inalámbrico punto-multipunto (PMP), en banda no licenciada, empleando antenas sectoriales del fabricante Cambium Networks. Se realiza el diseño de cobertura con el software LinkPlanner el mismo que se integra con Google Earth. Finalmente, se detalla el equipamiento y servicios de los beneficiarios como son los pobladores e instituciones públicas (instituciones educativas, centros de salud, comisarias, entre otros). Como resultados se determinó la utilidad del aplicativo desarrollado como herramienta de diseño de enlaces ópticos; también, la influencia y mejora de las comunicaciones de datos en el distrito en los aspectos de calidad del servicio, ancho de banda, equipamiento de usuario, costo del servicio y la cobertura.

Palabras claves: presupuesto de potencia óptica, GUIDE de Matlab, ADSS, ferretería de fibra óptica, antenas sectoriales punto-multipunto, LINKPlanner.

ABSTRACT

This applied research work proposes a technological solution to improve data communications in the district of Quichuas, located in the province of Tayacaja, Huancavelica region. The district only has satellite providers, prone to service cuts and, in addition, comparatively high costs. To solve this problem, it was proposed the objective of designing an optical link between the Mariscal Cáceres node of the Huancavelica Regional Network (connected, in turn, to the National Dorsal Fiber Optic Network - RDNFO) and a node to be located in the mentioned district of Quichuas. As part of the present work, the calculation and dimensioning of the optical link (power, attenuation and several losses) is performed through an application developed in Matlab with an interactive GUIDE environment. Also, all the aspects of the laying and hardware used are detailed. Likewise, in the access network, a point-to-multipoint wireless system (PMP) is considered, in an unlicensed band, using sector antennas from the manufacturer Cambium Networks. The coverage design is done with the LinkPlanner software, which is integrated with Google Earth. Finally, the equipment and services of the beneficiaries are detailed, such as the habitants and public institutions (educational institutions, health centers, police stations and others). As results, the usefulness of the application developed as an optical link design tool was determined; Also, the influence and improvement of data communications in the district in the aspects of service quality, bandwidth, user equipment, service cost and coverage.

Keywords: optical power budget, Matlab GUIDE, ADSS, fiber optic hardware, point-multipoint sector antennas, LINKPlanner.

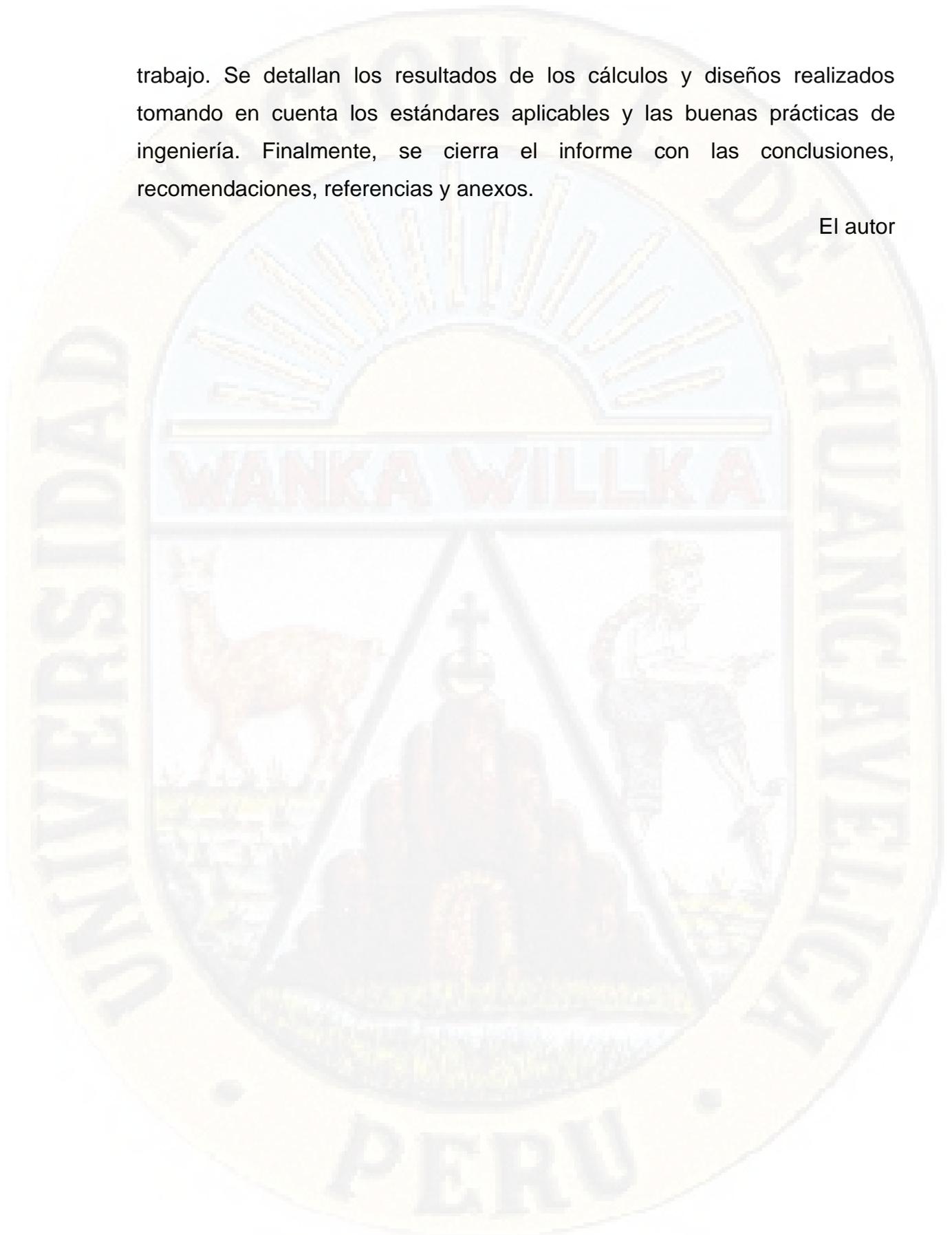
INTRODUCCIÓN

Las redes de fibra óptica se encuentran con un grado de penetración alto en muchas partes del mundo. Sin embargo, no ocurre lo mismo en localidades de baja densidad poblacional, economía de subsistencia o geografía accidentada. En la actualidad, el gobierno del Perú viene ejecutando el proyecto de las redes regionales de fibra óptica, conectadas a la red troncal ya implementada. Las redes regionales intentan cubrir a la mayor parte de ciudades y pueblos de cada región. Pero la cobertura no es al 100%, existen localidades no consideradas y que seguirán postergadas por años o, tal vez, décadas. Existen soluciones a esta problemática; los enlaces satelitales se emplean comúnmente para estos casos, pero suelen ser costosos y propensos a latencia y baja calidad del servicio especialmente debido a condiciones ambientales. Con el desarrollo de esta investigación, se propone una solución basada en fibra óptica como red de transporte e inalámbrico como red de acceso. Esta solución es, en realidad, similar a las empleadas en las redes regionales pero adaptada a una realidad específica a fin de optimizarla en lo tecnológico y económico sin afectar sus prestaciones.

El informe está estructurado en cuatro capítulos según se detalla a continuación. El Capítulo I trata sobre el planteamiento del problema: se describe la problemática, se formula el problema, se plantean los objetivos general y específicos y se concluye con la justificación del presente trabajo. El Capítulo II corresponde al Marco Teórico; en él se muestran, como antecedentes a este proyecto, otros trabajos similares desarrollados. Se expone, también, de manera concisa, la información técnica relacionada a las variables empleadas sustentadas debidamente mediante fuentes confiables. Además, se incluye en este capítulo la definición de las hipótesis, definición de términos, la identificación de variables y la definición operativa de variables e indicadores. El Capítulo III trata sobre la Metodología de la Investigación: método y diseño de la investigación, procesamiento y análisis de datos, entre otros relacionados. En el Capítulo IV, se presentan los resultados del presente

trabajo. Se detallan los resultados de los cálculos y diseños realizados tomando en cuenta los estándares aplicables y las buenas prácticas de ingeniería. Finalmente, se cierra el informe con las conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

El autor



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

1.1.1 Problema general

Hoy en día las sociedades requieren, como ingrediente fundamental para su desarrollo, disponer de acceso a las Tecnologías de Información y Comunicaciones-TICs. Este hecho se ha convertido prácticamente en una necesidad fundamental de toda persona. El acceso a Internet es necesario pues a través de ella se abre un mundo de información y un mundo de oportunidades de alcance solo limitadas por la capacidad e interés de cada uno. Vivimos en una aldea global en la que es necesario tener información al instante, o saber dónde hallarla, para aplicarla en las diversas actividades humanas. En la actualidad, todos los actores del mundo académico, profesional y empresarial tienen presencia en la red de redes requiriendo u ofreciendo servicios y productos e información de todo tipo y a nivel global. En tal sentido, es crucial para el desarrollo de los pueblos tener acceso a la información y a las tecnologías de comunicación instantáneas a través de Internet.

Sin embargo, lamentablemente, la realidad en muchos pueblos del Perú dista bastante de ser la ideal o siquiera aproximarse a ella. Gran cantidad de localidades, generalmente las menos pobladas o aquellas poco accesibles por su agreste geografía, se encuentran en una situación de abandono o aislamiento tecnológico. Las consecuencias de ello son muy serias; los habitantes de dichos pueblos viven décadas tras décadas del mismo modo, sin mayor progreso, con posibilidades nulas de desarrollo económico y social. En la Figura 1.1, un estudio realizado por la empresa GFK, indica que el 65% de la población de las provincias del Perú no usan Internet. Además, a nivel de todo Perú, el mismo estudio revela que el 81% de la población de las zonas rurales no emplean Internet. También, se puede observar que la situación es

más crítica en la población adulta (edades de 25 a más años) y en los niveles socioeconómicos más bajos (C y D/E).

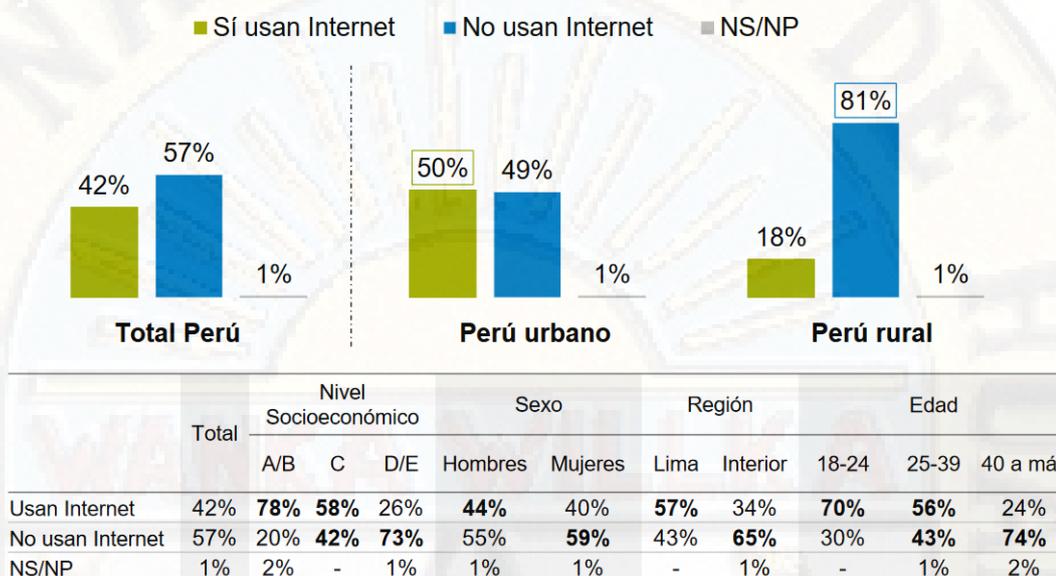


Figura 1.1 – Uso de Internet en el Perú

Fuente: GfK, uso de Internet en el Perú al 2015

https://www.gfk.com/fileadmin/user_upload/dyna_content/PE/GfK_OP_Octubre_2015_-_Uso_de_Internet_2.pdf

En la Tabla 1.1, se muestra que solo 75 municipios de Huancavelica tienen Internet, de un total de 94. A la fecha existen 19 municipios que no cuentan con tal servicio. El incremento, desde el año 2010, no ha sido importante.

Tabla 1.1: Cantidad de municipalidades con acceso a Internet en la región de Huancavelica, entre 2010 y 2016

Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Huancavelica	61	62	65	68	68	74	75

Fuente: INEI, Tecnología de la Información y Comunicación

<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/tecnologias-de-la-informacion-y-telecomunicaciones/>

La organización GSMA, una organización mundial que agrupa a operadores móviles y compañías relacionadas difundió su estudio "Inclusión digital en América Latina y el Caribe", en el cual se señala que al 2016, en ocho regiones del Perú, existen entre 75 y 90% de hogares sin acceso a Internet. Esas regiones son Amazonas, Cajamarca, Loreto, San Martín, Huánuco, Huancavelica, Ayacucho y Apurímac. (GSMA, 2016).

1.1.2 Problemas específicos

En la Tabla 1.2, se muestran estadísticas sobre acceso a las tecnologías de la información y comunicaciones, elaboradas por el INEI de la región de Huancavelica. Se pueden apreciar que el acceso a Internet es solo del 4.1% de la población y solo el 11.8% disponen de alguna computadora.

Tabla 1.2: Cantidad de municipalidades con acceso a Internet, PC y telefonía en la región de Huancavelica (INEI, 2017)

Al 2016, cantidad de municipalidades				
(% respecto al total de hogares de la región Huancavelica)				
Teléfono fijo	Teléfono celular	Acceso a Internet	TV cable	PC
2.4	83.1	4.1	7.9	11.8

Fuente: INEI, Huancavelica – Compendio Estadístico 2017

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1494/libro.pdf

El distrito de Quichuas, en la provincia de Tayacaja de la Región Huancavelica, fue creado por Ley N° 30278 del 2 de diciembre de 2014; está ubicada a una altitud de 2800msnm y abarca una extensión territorial de 106.34km². Limita por el norte con el distrito de Colcabamba, provincia de Tayacaja; por el este, con el distrito de Cosme, provincia de Churcampa; por el sur, con la provincia de Huancavelica; por el oeste, con los distritos de Pampas y Daniel Hernández, provincia de Tayacaja (figuras 1.2 y 1.3).



Figura 1.2 – Vista satelital del distrito de Quichuas, ubicada paralelo al río Mantaro

Fuente: Google Maps

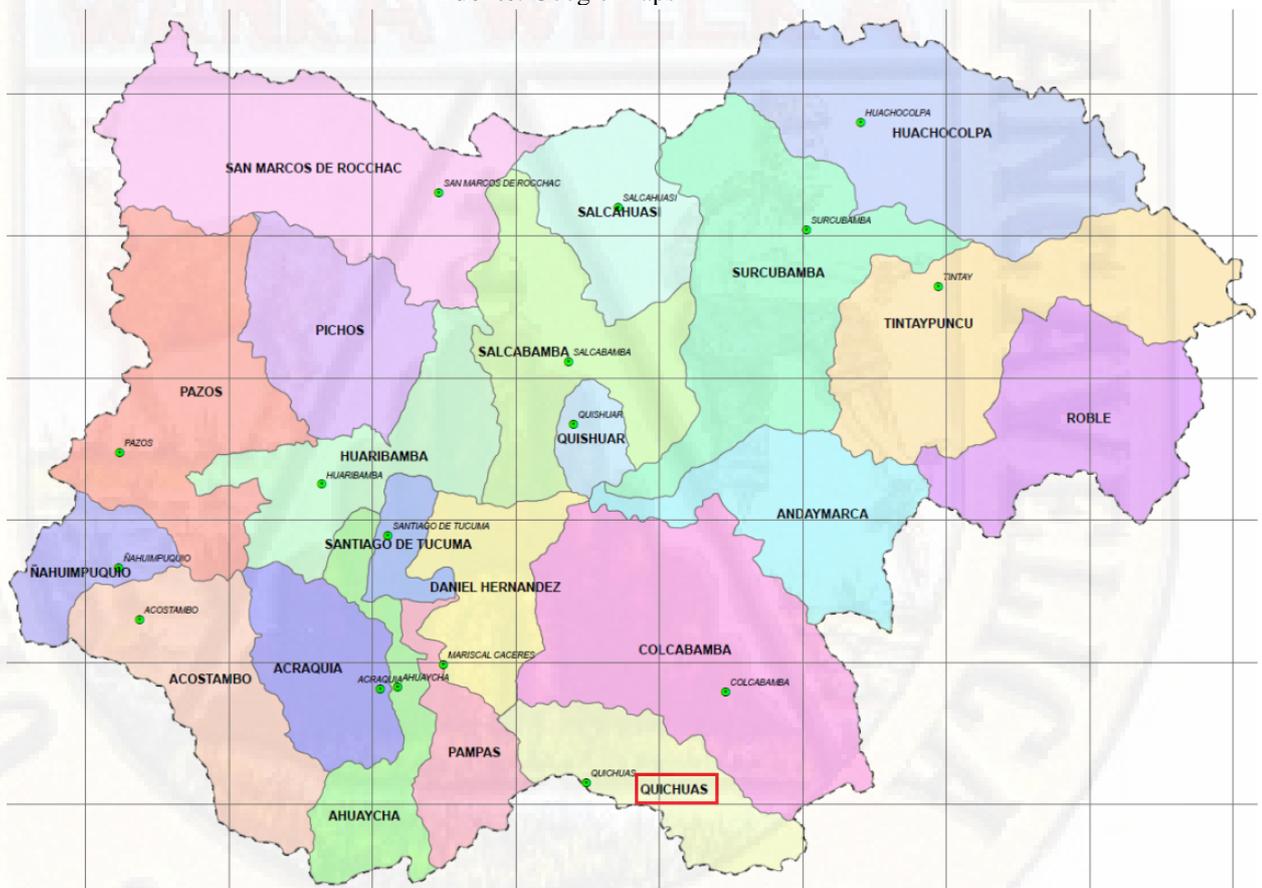


Figura 1.3 – Mapa político administrativo de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. Enmarcado, en recuadro rojo, se señala al distrito de Quichuas. Los puntos verdes indican capitales distritales

Fuente: <http://www.munitayacaja.gob.pe/mapa2016/MAPATAYACAJA.pdf>

Las actividades económicas principales de la población del distrito de Quichuas son la agricultura y la ganadería. Cuenta con una población de 4144 habitantes al 2015 (INEI, 2017) con unas 829 viviendas. Existen diversas instituciones públicas en la localidad, las mismas que se aprecian en la vista panorámica del distrito (Figura 1.4). Así, los beneficiarios directos de este proyecto son los establecimientos de salud, colegios, comisarías, gobiernos locales y otras entidades que existan en el distrito. La población beneficiaria está conformada por toda la población que se encuentra dentro del ámbito de influencia del proyecto, los mismos tendrán cobertura de Internet.

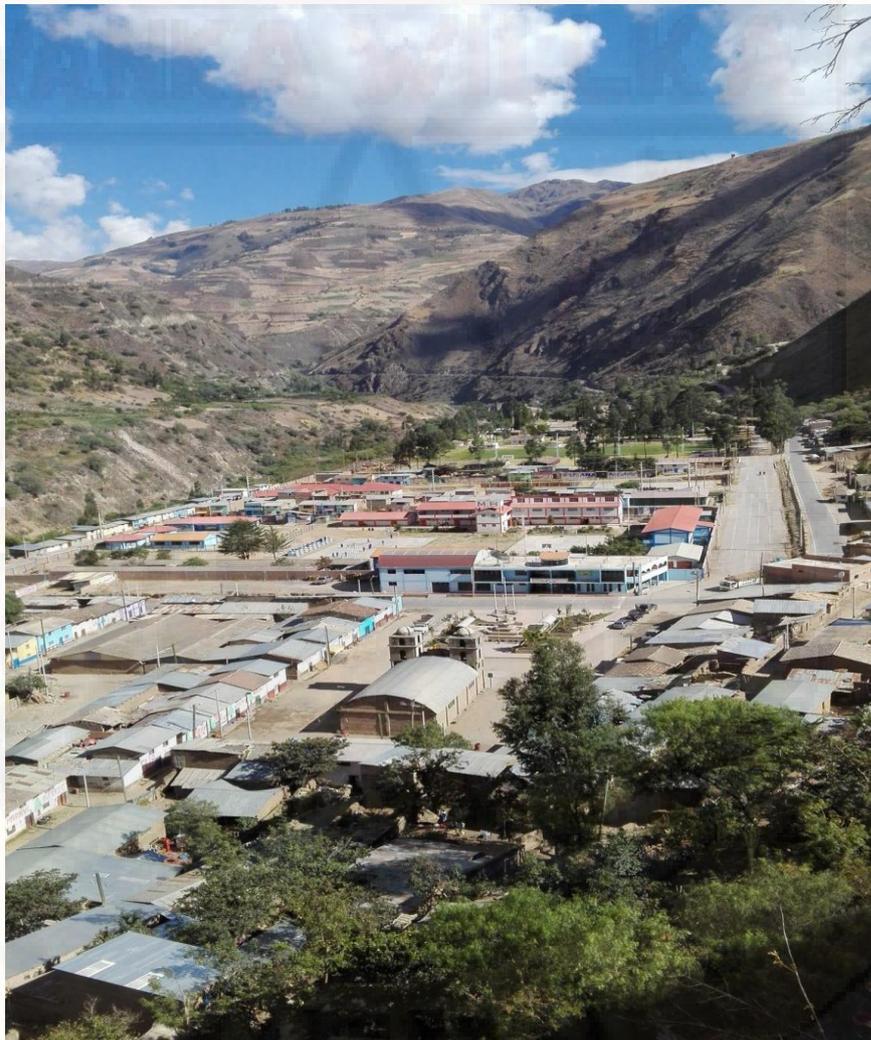


Figura 1.4 – Vista aérea del distrito de Quichuas, ubicada paralelo al río Mantaro

Fuente: <https://www.facebook.com/Municipalidad-distrital-de-quichuas-1666328093667954/>

A continuación, se presentan las principales instituciones públicas del distrito de Quichuas y su realidad problemática.

IE N° 162 – Nivel inicial

Esta institución alberga a 45 estudiantes y cuenta tan solo con tres trabajadores. No dispone de servicio de Internet (Figura 1.5).



Figura 1.5 – Institución Educativa N° 162, nivel inicial

Fuente: Fotografía tomada por el autor

IE N° 31201 – Nivel Primaria

Esta institución tiene una población de 280 alumnos y 25 trabajadores. Cuenta con servicio de internet satelital (Figura 1.6).



Figura 1.6 – Institución Educativa N° 31201, nivel primario

Fuente: Fotografía tomada por el autor

IE MICAELA BASTIDAS PUYUCAHUA – Nivel Secundaria

Esta institución cuenta con 234 alumnos y 20 docentes. Dispone de internet satelital (Figura 1.7).



Figura 1.7 – Institución Educativa Micaela Bastidas Puyucagua, nivel secundario

Fuente: Fotografía tomada por el autor

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUICHUAS

Cuentan con internet satelital, tiene 17 trabajadores (Figura 1.8).



Figura 1.8 – Municipalidad distrital de Quichuas

Fuente: Fotografía tomada por el autor

CENTRO DE SALUD QUICHUAS

Esta entidad de salud tiene tan solo nueve trabajadores y no cuenta con servicio alguno de internet (Figura 1.9).



Figura 1.9 – Centro de Salud de Quichuas

Fuente: Fotografía tomada por el autor

SEDE AGRARIA QUICHUAS

Cuenta con seis trabajadores, disponen de servicio de internet satelital (Figura 1.10).



Figura 1.10 – Sede Agraria de Quichuas

Fuente: Fotografía tomada por el autor

COMISARIA DE QUICHUAS

No cuenta con internet y trabajan solo doce personas en esta dependencia policial (Figura 1.11).



Figura 1.11 – Comisaria de Quichuas

Fuente: Fotografía tomada por el autor

Si bien en el distrito existe acceso a internet satelital, su costo es elevado tal como se muestran en las tablas 1.3 y 1.4. La Tabla 1.3 muestra diversas ofertas de velocidades con contención 8 a 1. La Tabla 1.4, en forma similar, muestra diversas opciones con contención de 4 a 1. El alto costo mensual del servicio y sus velocidades relativamente bajas las convierten en inaccesibles para las instituciones públicas que no disponen de los recursos económicos suficientes. Para la población tampoco es accesible por los mismos motivos. Se aprecia, entonces, una problemática muy seria que discrimina el acceso a fuentes de información y todos los beneficios y potencialidades asociados a este tipo de recursos informáticos.

Tabla 1.3: Velocidades de internet satelital ofrecidos en el distrito de Quichuas, con contención de 8 a 1

Velocidad de subida (kbps)	Velocidad de bajada (kbps)	Contención	Costo del servicio (S/)	Número recomendado de PCs
128	512	8 a 1	950	2
256	512	8 a 1	1040	5
256	768	8 a 1	1430	6
512	1024	8 a 1	1650	8
512	1536	8 a 1	2550	12
512	2048	8 a 1	3199	20

Fuente: Recopilación del autor

Tabla 1.4: Velocidades de internet satelital ofrecidos en el distrito de Quichuas, con contención de 4 a 1

Velocidad de subida (kbps)	Velocidad de bajada (kbps)	Contención	Costo del servicio (S/)	Número recomendado de PCs
128	512	4 a 1	1550	5
256	512	4 a 1	1980	8
256	768	4 a 1	1990	12
512	1024	4 a 1	2390	15
512	1536	4 a 1	3870	20
512	2048	4 a 1	5200	30

Fuente: Recopilación del autor

Si bien la tecnología satelital es fácil de implementar, es costosa operativamente y no brinda una calidad adecuada dado que existen problemas por lluvia para enlaces por encima de los 10 GHz. Debido a ello, el servicio sufre de intermitencias, cortes y latencias prolongadas. El equipamiento de acceso de este sistema está formado por una antena y un

receptor VSAT como equipo de conexión a la red, un switch para la distribución del tráfico y un equipo terminal de datos, como una PC o laptop.

En el Distrito de Quichuas solo existe una cabina de internet con cinco computadoras. El acceso a Internet es satelital, VSAT, siendo Movistar el proveedor del servicio. El costo del servicio al público es de S/ 2.5 Soles/hora.

Por otra parte, al distrito de Quichuas llegan las operadoras Claro y Movistar, pero solo con tecnología 2G. También llega la operadora Bitel pero no la operadora Entel (ver las figuras 1.12 y 1.13).



Figura 1.12 – Cobertura celular en el distrito de Quichuas

Fuente: OSIPTEL (<http://www2.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>)

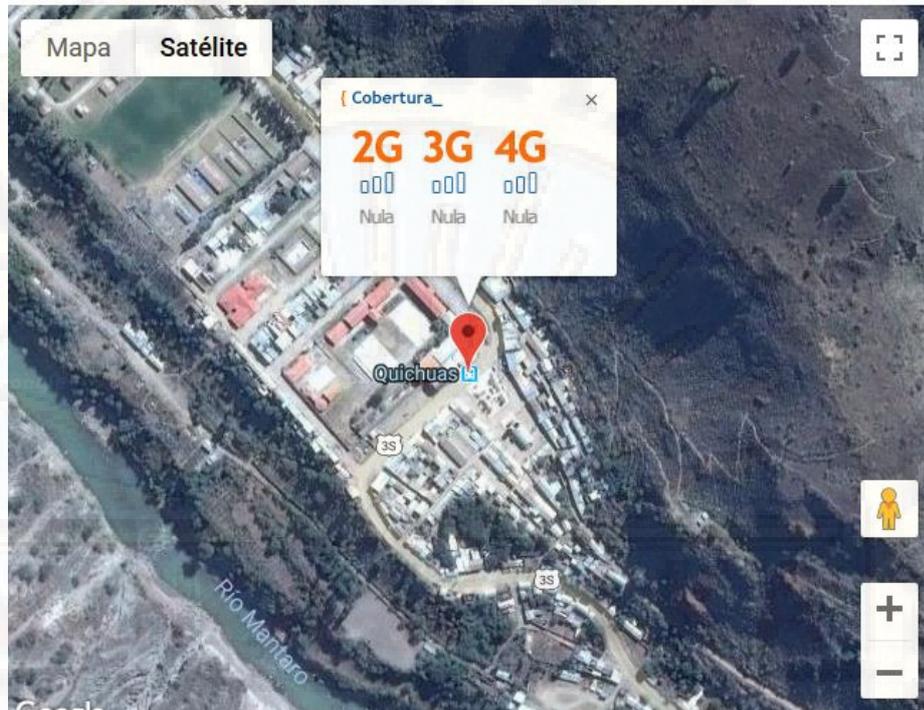


Figura 1.13 – Entel no brinda cobertura celular en el distrito de Quichuas

Fuente: OSIPTEL (<http://www.entel.pe/personas/ayuda-y-soporte/cobertura/>)

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica, influirá en la mejora de comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica influirá en la calidad de servicio para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018?
- b) ¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica influirá en el ancho de banda para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja,

Huancavelica-2018?

- c) ¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica influirá en el equipamiento de usuario para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018?
- d) ¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica influirá en el costo para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018?
- e) ¿De qué manera, el diseño de la red de transporte, mediante fibra monomodo influirá en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018?
- f) ¿De qué manera, el desarrollo de aplicativos informáticos interactivos, mediante el software Matlab, ayudan al cálculo del presupuesto de potencia de la red de transporte de la población del distrito de Quichuas, Tayacaja– Huancavelica?
- g) ¿De qué manera, el diseño de una red de acceso influirá en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018?

1.3 Objetivos

Los objetivos del presente trabajo de investigación son los siguientes:

1.3.1 Objetivo General

Determinar la influencia del diseño de una red de fibra óptica en la mejora de comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar la influencia del diseño de una red de fibra óptica en la calidad de servicio para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja,

- Huancavelica-2018.
- b) Determinar la influencia del diseño de una red de fibra óptica en el ancho de banda para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.
 - c) Determinar la influencia del diseño de una red de fibra óptica en el equipamiento de usuario para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.
 - d) Determinar la influencia del diseño de una red de fibra óptica en el costo para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.
 - e) Determinar la influencia del diseño de una red de fibra óptica influirá en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.
 - f) Desarrollar una aplicación gráfica e interactiva para el cálculo y verificación del presupuesto de potencia de un enlace óptico troncal monomodo que permita dimensionar los equipos transmisores y receptores.
 - g) Determinar la influencia del diseño de una red de acceso inalámbrica para mejorar la cobertura de comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación social

Es conocida la marcada diferencia en acceso a servicios y condiciones de vida entre las poblaciones rurales alejadas frente a las urbes ubicadas en las ciudades. Estas diferencias se manifiestan de diversas formas, pero todas, en conjunto, se traducen en un profunda e injusta marginación y

atraso social permanentes con oportunidades de desarrollo nulas generación tras generación. En el campo de las telecomunicaciones, las poblaciones requieren contar con las tecnologías modernas para acceder a información actualizada y comunicarse con profesionales, empresas e instituciones que coadyuven a su desarrollo e integración como sociedad productiva. El distrito de Quichuas no es ajeno a esa triste realidad y, en general, tal como se muestra en la Figura 1.14, según información de la Unión Internacional de Telecomunicaciones al 2016 sobre el porcentaje de hogares y de usuarios con acceso a Internet, la penetración de Internet en los países desarrollados es superior al 80%, frente al 34.1% de los países en vías de desarrollo. Estas cifras demuestran la gran desigualdad social en nuestro medio; por más que se pregone la igualdad en todo aspecto, termina siendo solo ideales que para muchos peruanos se avizora muy lejos, posiblemente a varias generaciones después. Socialmente el proyecto tiene plena justificación pues contribuye puntualmente en eliminar esas diferencias de regiones y clases tan marcada en nuestro país.

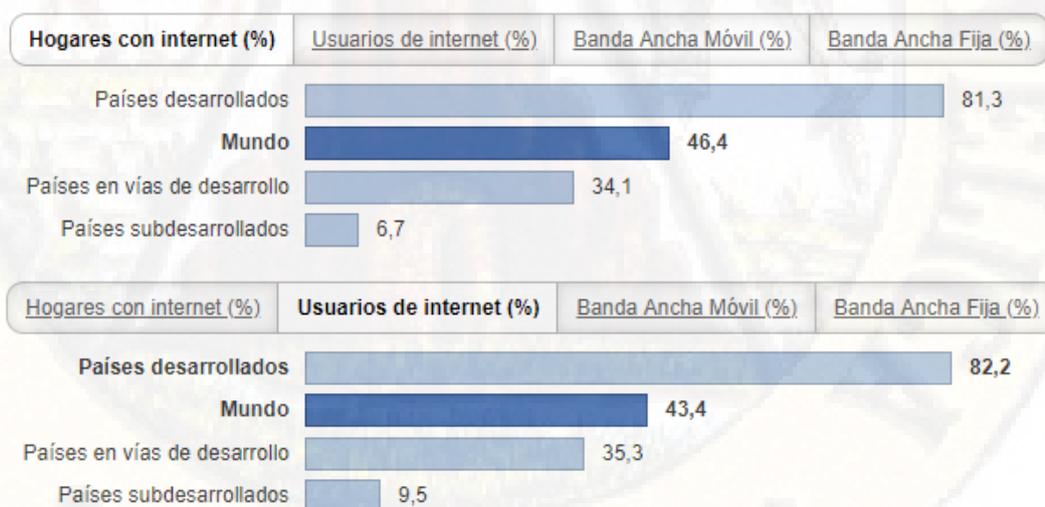


Figura 1.14 – Estadísticas de hogares y personas con acceso a Internet al 2016

Fuente: UIT, “La UIT publica las cifras de 2016 de las TIC”
<https://www.itu.int/es/mediacentre/Pages/2016-PR30.aspx>

El derecho de acceso a las TICs no debe ser un tema de negocios sino de responsabilidad social que permita a las personas darles medios de acceso a información y comunicación para su desarrollo como persona y sociedad.

1.4.2 Justificación económica

Actualmente, el Perú atraviesa una situación económica de relativa estabilidad. Existen recursos y mucho interés por parte del estado en invertir en diversos proyectos de gran envergadura como las redes troncales de fibra óptica. Sin embargo, las obras son entregadas y concesionadas a grandes corporaciones que buscan obtener beneficio económico. Siendo el caso que no les resulta atractivo invertir y desplegar sus redes de telecomunicaciones en los pequeños poblados por no ser económicamente rentables. En tal sentido, es necesario la elaboración de proyectos y el apoyo de pequeños inversionistas o entidades locales que lleven a cabo la ejecución de obras puntuales que beneficien a ciertas localidades o distritos a las cuales no se les ha considerado como parte de los grandes proyectos llevados a cabo por el estado peruano por intermedio del FIDEL del Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC, 2018]. Existen diversas fuentes de financiamiento a las que pueden recurrir los municipios a fin de llevar a cabo proyectos como el de la presente tesis. Cabe destacar la reducción en costos de equipamiento debido a la masificación en el uso de las tecnologías de telecomunicaciones ópticas. Por otra parte, en la actual situación, muchos pobladores deben movilizarse a otras localidades para acceder a algún medio de comunicación incurriendo en gastos de transporte y tiempos de viaje, pero sobre en la pérdida de productividad del capital humano.

1.4.3 Justificación tecnológica

La brecha digital persiste en el Perú y de forma alarmante. El despliegue de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica y las redes regionales, si bien han marcado un salto importantísimo respecto a la situación de hace

pocas décadas atrás, resulta aún insuficiente pues no ofrece una cobertura al 100% de las localidades del país, las mismas que se verían relegadas por varias décadas más [MTC, 2018]. En tal sentido, se hace urgente plantear soluciones tecnológicas alternativas a las soluciones comerciales y lucrativas de los operadores de telecomunicaciones. En el aspecto tecnológico, el proyecto se justifica completamente y es totalmente viable dado el avance de la industria electrónica y de las telecomunicaciones que pone a disposición una serie de alternativas de alta calidad como es el uso de la fibra óptica y las redes inalámbricas a costos bajos o relativamente bajos dada la masificación y alta demanda actual de los diversos accesorios, dispositivos y equipos ópticos. El presente trabajo se enmarca en esos lineamientos brindando una solución puntual a las necesidades particulares de la localidad beneficiaria. Además, como parte de este trabajo se ha desarrollado un software interactivo, empleando el GUIDE de Matlab, para el cálculo del presupuesto de potencia óptica de enlaces troncales monomodo que servirá para evaluar cómo afecta cada elemento del enlace a la atenuación total de este último. Al respecto, es importante mencionar que no se cuenta en nuestro medio con una aplicación de ese tipo.

1.5 Limitaciones

El diseño la red troncal óptica y la red de acceso inalámbrica, propuesto en este trabajo, se circunscribe únicamente al escenario particular del distrito de Quichuas; su aplicación a otras realidades requiere adaptarlo a las condiciones particulares de cada escenario. Dada la envergadura espacial y tecnológica del proyecto, se presenta la limitación de no considerar todos los aspectos o áreas de la ingeniería involucradas (eléctrica, civil, óptica, planta externa, red de acceso, servicios, seguridad electrónica, nodos, seguridad informática, protocolos de red y monitoreo, gestión, alarmas y alertas, atención al usuario). Siendo el caso que, puede haber factores limitantes en su implementación tales como el financiamiento del proyecto, apoyo decidido de la municipalidad, variables ambientales que pueden afectar negativamente

el tendido de la fibra óptica y su correcta operatividad debido a diversos parámetros de desempeño de la fibra óptica (dispersión por modo de polarización debida a temperatura y viento).

El presente trabajo no considera el diseño de los distintos protocolos de redes de comunicación a ser configurados en los equipos de transmisión de datos como routers, switches y puntos de acceso inalámbrico. Tampoco se considera aspectos de seguridad informática, como es el uso de firewalls. Por otra parte, no se incluyen, salvo breves menciones, los aspectos civiles, de protección eléctrica y de seguridad electrónica. Dada las diversas áreas involucradas en el despliegue de este tipo de tecnologías, sería muy extenso su desarrollo. Considerar, además, que cada área es un campo vasto de la ingeniería. Finalmente, tampoco se incluyen en el presente trabajo, aspectos relacionados a los costos de despliegue asociados tanto con equipamiento tecnológico y civil y mano de obra especializada dado que las redes de comunicaciones ópticas, incluyendo su infraestructura asociada, son tecnologías altamente complejas, costosas y de funcionamiento crítico empleadas para soportar el tráfico de datos, voz y vídeo de gran cantidad de usuarios de los sectores privado y público.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

El presente trabajo de investigación se desarrolló en base a investigaciones similares desarrolladas en universidades peruanas y que, a continuación, se detallan.

Bedregal, 2012, “Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región de San Martín”, en la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

El trabajo consistió en el diseño de una red de transporte con fibra óptica para la mejora de los servicios de banda ancha en la región San Martín como parte de dos grandes proyectos llevados a cabo por el estado peruano: Plan Nacional de Banda Ancha y la construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica del Perú.

- a) El autor señala que es necesario el empleo de la infraestructura eléctrica de 220kV atravesando las regiones de Cajamarca, Amazonas y San Martín para el tendido aéreo de la fibra óptica.
- b) Para la red regional de San Martín el autor plantea el tendido de fibra óptica desde Moyobamba hacia las diez capitales provinciales y a 59 de las 67 capitales distritales de la región por las líneas eléctricas. Las capitales restantes requieren interconexión mediante microondas debido a lo agreste de la geografía.
- c) Como parte del trabajo se realiza un estudio geopolítico, económico y demográfico de la región San Martín. También, el estado de los servicios de telecomunicaciones y la proyección de demanda. Según los resultados de estos estudios se determinan los recursos de banda ancha y los servicios prioritarios para la población en general proyectado en horizontes de mediano plazo (5 años) y largo plazo (10 años).

- d) Se realiza el diseño de la red de transporte, se presentan los equipos SDH y DWDM. No se incluye en el trabajo el diseño de la red regional de acceso.

Este trabajo aporta los procedimientos de dimensionamiento, diseño e instalación de redes troncales de fibra óptica monomodo.

Gutiérrez, 2014, “Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Red de Fibra Óptica entre Desaguadero y Moquegua”, en la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

La investigación analiza la factibilidad de construcción de un enlace internacional con fibra óptica de Moquegua a Bolivia con la finalidad de ofrecer y diversificar los servicios hacia el mercado boliviano.

- a) El autor propone el diseño de un enlace punto a punto con multiplexación DWDM para su integración con la red troncal de Perú. Se considera el tendido de 60.7km de fibra óptica ADSS a través de las redes eléctricas de media y alta tensión. También, el tendido de 180km de fibra óptica mediante postes de hormigón de 12m de altura.
- b) El análisis económico realizado justifica la inversión económica necesaria. Se mejora la penetración de internet incrementando la inversión en infraestructura de interconexión; a la vez, se logra disminuciones importantes en el costo de acceso a internet para los pobladores bolivianos.

El trabajo aporta el proceso de diseño de enlaces con fibra ADSS y los estudios socioeconómicos que justifican el empleo y beneficios de la tecnología óptica.

López, 2016, “Diseño de una red de fibra óptica para la implementación del servicio de banda ancha en Coishco (Ancash)”, en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Ciencias y Humanidades – Perú.

El trabajo logró los siguientes objetivos:

- a) El autor muestra la recopilación de información relevante de la localidad relativa a cantidad de viviendas, geografía, instituciones públicas y otros. Esta información permite el dimensionamiento de la capacidad de los enlaces y cobertura.
- b) Realización del diseño la red óptica y el desarrollo de planos lógicos, diagramas unifilares, mapas, etc.
- c) Plantear una alternativa al servicio ofrecido en la zona mediante par de cobre y demostrar su factibilidad técnica, así como económica e incremento en la calidad de servicio.
- d) Se describen los elementos de la red de transporte y de la red de acceso, arquitectura FTTH y red GPON.

Fernández, 2013, “*Diseño de una red de banda ancha para la región Cajamarca*” en la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

El trabajo plantea una solución a la falta de una red de telecomunicaciones con soporte de altas capacidades de transmisión en la región de Cajamarca y con interconexión de todas las provincias y con la red nacional de fibra óptica.

- a) El trabajo describe la situación actual de la región Cajamarca en aspectos socioeconómicos, demográficos y de los servicios de telecomunicaciones (telefonía móvil y fija, televisión por paga e internet).
- b) Para el diseño óptimo de la red se considera la proyección poblacional y la capacidad económica. Con esa información se realiza una proyección de la demanda provincial a diez años.
- c) Se considera un nodo en cada provincia, interconectadas mediante fibra óptica a través de tendido aéreo por las líneas eléctricas. El recorrido de fibra cubre una longitud de 800.5km en topología anillo.
- d) Se proyecta un tráfico para el 2023 de casi 800Gbps, por ello se emplea la tecnología DWDM.

El trabajo aporta consideraciones técnicas a tomar en cuenta para el diseño de una red óptica con proyección a aumento de la demanda futura de la misma.

2.2 Bases teóricas sobre el tema de investigación

En esta sección se describen, brevemente, los aspectos teóricos relacionados al presente proyecto de tesis.

2.2.1 Fibra óptica

Una fibra óptica es una fibra fina, flexible y transparente que actúa como guía de ondas o "tubo de luz" para transmitir luz entre sus extremos. Las fibras se utilizan en lugar de cables de metal porque las señales viajan a lo largo de ellos con menos pérdidas y también son inmunes a las interferencias eléctrica y electromagnéticas; no exhibe diafonía entre las señales en diferentes cables y no capta ruido ambiental. La fibra óptica consiste, típicamente, de un núcleo de vidrio transparente rodeado por un material de revestimiento transparente con un índice de refracción más bajo. La fibra óptica se utiliza como un medio de transmisión para telecomunicaciones y redes [Agilent Technologies, 2001]. Existen dos tipos: monomodo y multimodo. La primera transporta una sola longitud de onda o varias en caso de ser multiplexada (multiplexación por división de longitud de onda - WDM). La fibra multimodo transporta, también, una sola longitud de onda, pero a distintos ángulos (o modos) de ingreso a la fibra. Una sola fibra puede transportar muchos más datos que la tecnología Ethernet que emplea par de cobre. Los parámetros que definen a una fibra óptica son los siguientes [VIAVI, 2010]:

- Ventana o banda óptica de operación

Existen seis ventanas ópticas empleadas en la práctica (ver la Figura 2.1). Para el presente trabajo se emplea la ventana C, con ondas a 1550nm.

Optical band	Wavelengths
O (Original)-Band	1260 nm – 1360 nm
E (Extended)-Band	1360 nm – 1460 nm
S (Short)-Band	1460 nm – 1530 nm
C (Conventional)-Band	1530 nm – 1565 nm
L (Long)-Band	1565 nm – 1625 nm
U (Ultralong)-Band	1625 nm – 1675 nm

Figura 2.1 – Bandas ópticas empleadas en telecomunicaciones

Fuente: <https://sites.google.com/a/piterow.us/jacek-com/interesting-stuff/dwdm-stuff/optical-bands>

- Longitud de onda de trabajo
Para enlaces troncales, como es el caso del presente trabajo, se emplea luz de 1550nm de longitud de onda, no multiplexada.
- Atenuación/km
Es un parámetro que caracteriza las pérdidas/km en la señal que viaja por la fibra óptica. Para 1550nm el valor típico es de 0.25dB/km.
- Índice de refracción
Parámetro característico que representa el cociente entre la velocidad de transmisión de la luz en el vacío y la velocidad de la luz por la fibra óptica. Tiene valores típicos alrededor de 1.47 y es adimensional.
- Índice de helicoicidad
Parámetro que cuantifica cierto grado de torsión que presenta la fibra al interior del cable. Así, la longitud del cable es ligeramente menor a la longitud de la fibra en su interior. Los valores típicos están entre 1 y 2%.

- Coeficientes de dispersión cromática y por modo de polarización
Parámetros que cuantifican el ensanchamiento de los pulsos ópticos durante su propagación por la fibra. Los datos binarios viajan en portadoras senoidales moduladas por desplazamiento de amplitud (ASK por sus siglas en inglés). La dispersión cromática es debida a que la señal no es únicamente de 1550nm (para el caso de monomodo) sino que tiene cierto ancho espectral, propagándose cada componente a distinta velocidad y llegando al otro extremo cada uno de ellos en distintos tiempos, esto se traduce en pulsos más anchos o dispersos. La dispersión por modo de polarización se produce por efectos mecánicos y ambientales en la fibra que modifican su geometría y afecta la propagación de las señales. Es típica en zonas de fuertes vientos o zonas con cambios muy marcados de temperatura; también debido a efectos mecánicos, como fuertes tensiones o presiones sobre la fibra (ANRITSU, 2010).
- Apertura numérica
Parámetro que representa el ángulo de ingreso de la señal óptica hacia la fibra tal que se pueda propagar y mantener dentro de la fibra mediante reflexiones. La apertura numérica es el seno del máximo ángulo que puede formar el haz óptico con el eje longitudinal del cable.
- Longitud
Longitud, usualmente en kilómetros, del cable de fibra óptica. Estos cables se comercializan en bobinas o carretes de 4 a 6 km, típicamente.

2.2.2 Cable de fibra óptica monomodo ADSS

Son cables de fibra óptica para tendido aéreo auto soportado, no requieren de ningún cable adicional o mensajero (de acero, por ejemplo) para fijarlos entre postes a lo largo de su recorrido. Los cables de fibra óptica se seleccionan según las longitudes del vano y la flecha (ver la Figura 2.2) que determinan su

resistencia a la tracción. También se consideran aspectos como la velocidad del viento y el peso agregado por el hielo sobre la fibra (ZTT, 2019).

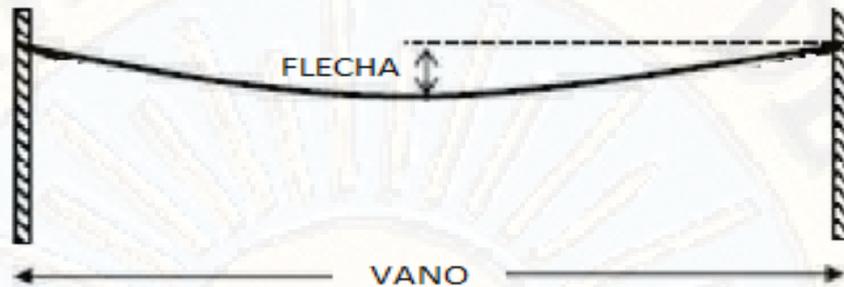


Figura 2.2 – Flecha y vano en los tendidos aéreos de fibra óptica

Fuente: <https://www.telnet-ri.es/productos/cable-de-fibra-optica-y-componentes-pasivos/cable-aereo-adss/>

Para el tendido de estos cables se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Vano máximo y flecha entre postes
A mayor vano, se requiere cable de mayor diámetro y de mayor peso.
Para menor flecha se requiere un cable más resistente.
- b) Número de cubiertas
Protecciones del cable, pueden ser una o dos.
- c) Tensión de la línea eléctrica
La cubierta de los cables soporta una tensión inducida de hasta 12 KV.
- d) Condiciones ambientales
Deben tomarse en cuenta las condiciones ambientales como la velocidad del viento, la carga de hielo y variaciones extremas temperatura.
- e) Número de fibras (en total y por tubo)
Condicionan el diámetro y peso del cable.

Los cables ADSS se fabrican bajo normas internacionales para garantizar su vida útil y la calidad de los servicios:

- EC 60793 – 1 parte 1
Especificaciones genéricas para fibra óptica.
- IEC 60793 – 2 parte 2
Especificaciones de producto para fibra óptica.
- IEC 60794 – 1 – 2
Procedimiento de prueba de cables de fibra óptica
- Telcordia GR-20
Requisitos genéricos para fibra óptica y cable.
- IEC 60794 – 4 – 20
Especificaciones sobre familia de cables ópticos aéreos auto soportados dieléctricos

Los cables de fibra óptica vienen en bobinas de 4 a 6 Km. Pueden ser fabricados en otras longitudes a pedido del cliente. En la Figura 2.3 se muestra la estructura y componentes internos del cable ADSS.

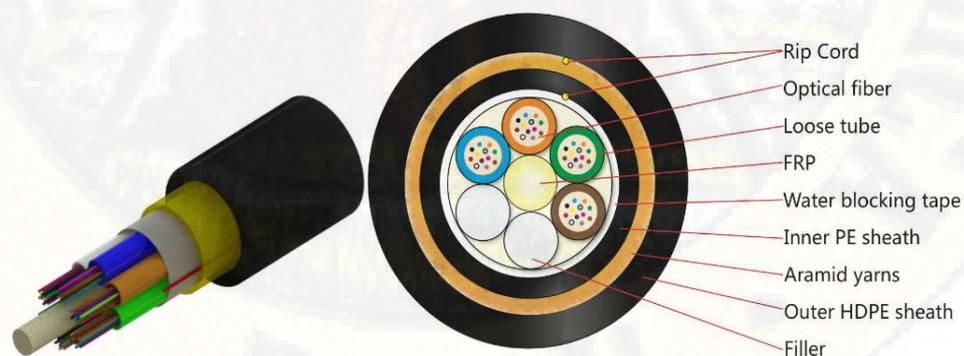


Figura 2.3 – Estructura interna del cable tipo ADSS

Fuente:

<http://triumph.engineering/upload/iblock/d20/d209a537e6d19460791037fbe8af4908.pdf>

En la Tabla 2.1 se muestran las propiedades típicas, físicas y mecánicas, de los cables ADSS de fibra óptica.

Tabla 2.1 – Propiedades físicas y mecánicas de los cables ADSS

Número de fibras	6	12	24	36	48	72	96	144
Número de tubos holgados/relleno	1/5	2/4	4/2	6/0	4/2	6/0	8/0	12/0
Número de fibras por tubo holgado	6	12						
Miembro de refuerzo	Hilo de aramida							
Tubo holgado diámetro (mm)/material	2.4/PBT						2.2/PBT	
Cubierta exterior material	MDPE							
Miembro central de refuerzo material	FRP							
Miembro central de refuerzo diám (mm)	2.5						3.0	3.5
Diámetro exterior del cable (OD) (mm)	10.9						11	14.6
Peso del cable (kg/km)	89						104	161
Longitud típica bobina	4km							
Rango de temperatura de operación	-40°C a +70°C							
Rango de temperatura de instalación	-10°C a +60°C							
Rango de temperatura de almacenamiento y transporte	-40°C a +70°C							
Máxima tensión de tracción estática	3000N							
Resistencia de aplastamiento estático	1000N/100mm							
Vano máximo	100m							
Mínimo radio de curvatura – dinámico/estático	20 x OD / 10 X OD							

Fuente: Fibras Ópticas de México

www.fibrasopticasdemexico.com/fichas/fospc-xxx-x-adssjhdpe.pdf

En dicha Tabla 2.1, se puede observar que los cables ADSS de fibra óptica se fabrican con diversas cantidades de hilos o fibras: 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 y 144. Trabajan en un rango de temperatura amplio, de -40 a 70°C e integran diversos materiales de refuerzo a la tracción.

2.2.3. Dimensionamiento del cable y la ferretería

En la Tabla 2.2 se muestran los spans recomendados de los cables de fibra óptica de acuerdo con las diversas medidas de vanos en campo [ICOPTIKS, 2018].

Tabla 2.2 – Selección de cables según span

Vano (m)	Span (m)
<= 200	200
200 a 300	300
300 a 400	400
400 a 600	600
>600	1000

Fuente: <https://www.icoptiks.mx/fibra-optica/cables-de-fibra-optica/>

En la Tabla 2.3 se muestran las reservas recomendadas de cable de fibra óptica de acuerdo con el tipo de zona geográfica o parte específica del tramo [MTC, 2018].

Tabla 2.3 – Longitudes recomendadas de reserva de cable óptico

Caso	Reserva (m)
Zona urbana, cada 500m	40
Zona rural, cada 1000 a 1500m	40
Inicio de ruta	40
Fin de ruta	40
Caja de empalme	40

Fuente: FITEL - MTC

En la Tabla 2.4 se detallan los diversos elementos de ferretería o herrajes que se deben emplear a lo largo del tendido y recorrido del cable de fibra óptica por los postes de energía eléctrica.

Tabla 2.4 – Tipos de herrajes a instalar para diversos casos en el tendido del cable de fibra óptica

Caso	Herrajes para instalar
Vano uniforme	Tres herrajes de suspensión seguido de retención
Desviación de ruta, mayor a 20°	Retención
Inicio de ruta	Retención
Final de ruta	Retención
Tipo de vano y/o ángulo	Herraje de suspensión: S1, S2, S3, S4, S5, S6
Tipo de vano	Retención: R1, R2, R3, R4, R5, R6
Caja de empalme	Retención
Postes adyacentes	Retención
Amortiguadores	2, 4, 6 u 8 (de acuerdo con recomendaciones)
Postes	Riostras o riendas (según sean necesarios)
Desviación de ruta	Mensajero (en caso sea necesario)

Fuente: FITEL - MTC

La distancia mínima de separación entre dos cables de fibra óptica (uno existente y otro nuevo) es de 20cm. También, la profundidad de empotramiento del poste está dada por la fórmula:

$$E = 0.1L + 0.6 (m)$$

Por ejemplo, para un poste de 12m, el empotramiento en el suelo sería 1.8m de profundidad.

En la Tabla 2.5 se muestra las distancias recomendadas de seguridad entre líneas eléctricas y líneas de comunicación de datos (ver la Figura 2.4).

Tabla 2.5 - Distancias de seguridad entre líneas eléctricas y de comunicación

Tensión de suministro	Distancia de seguridad vertical (Dv)
1. Conductor, ferretería y soporte del equipo, cable mensajero y soporte puestos a tierra	0.60m
2. Hasta 23 KV	1.80m
3. Más de 23 KV	1.8m más 0.01m por KV (sobre 23 KV)

Fuente: FITEL - MTC

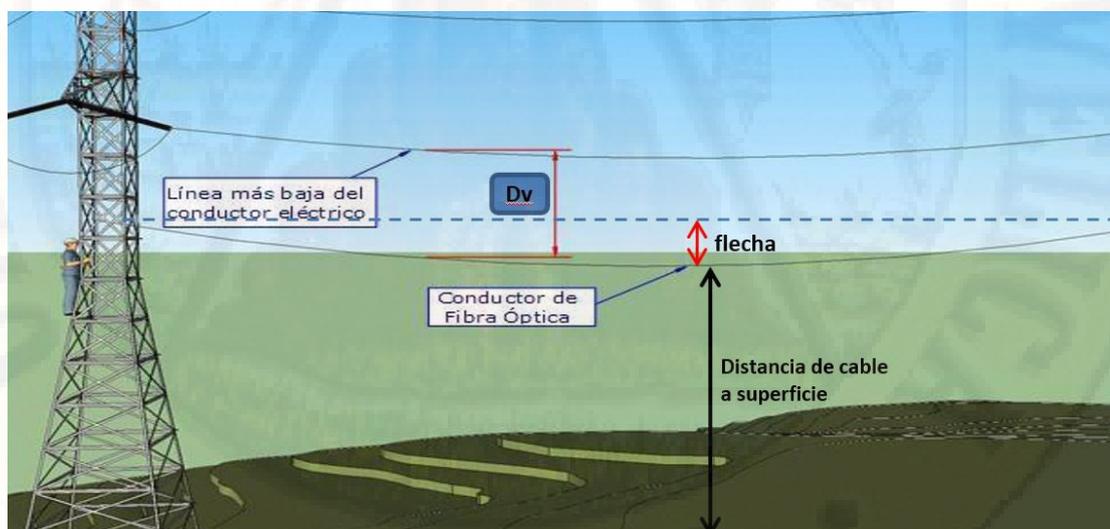


Figura 2.4 – Distancia de seguridad entre líneas eléctricas y de comunicación

Fuente: FITEL - MTC

Ferretería

La ferretería empleada para el tendido son los siguientes [MTC, 2018]:

HERRAJES

Se utilizan para la sujeción del cable de fibra óptica. Existen dos tipos:

a) Herraje de suspensión

Permite la fijación del cable ADSS al poste. Son usados dependiendo del largo del vano y del ángulo de la estructura (ver la Figura 2.5).

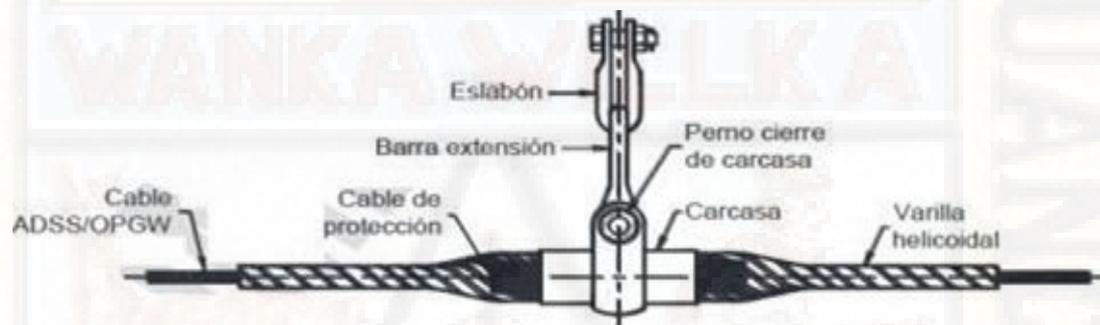


Figura 2.5 – Partes de un herraje de suspensión para cables ópticos ADSS

Fuente: FITEL - MTC

La carcasa de estos herrajes es de aluminio de tipo tangencial o corneta. Lleva dos cauchos que bordean y permiten un agarre suave del cable de fibra óptica. El eslabón y barra de extensión se emplean para spans mayores a 400m. La vainilla helicoidal exterior está formada por varios alambres de acero y/o aluminio. Sirve como protección exterior de la chaqueta o superficie del cable ADSS. Existen diversos tipos de herrajes de suspensión, ver la Figura 2.6.

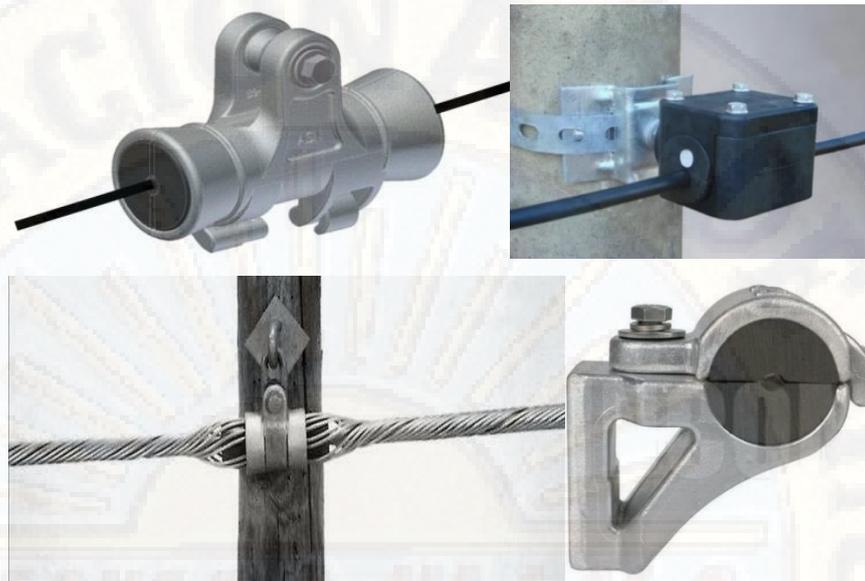


Figura 2.6 – Diversos tipos de herrajes de suspensión empleados para cables del tipo ADSS de fibra óptica

Fuente: FITEL – MTC

b) Herraje de retención

Estos herrajes permiten la fijación del cable ADSS al poste o torre en un cambio de dirección mayor a 20°. Sus partes se muestran en la Figura 2.7.

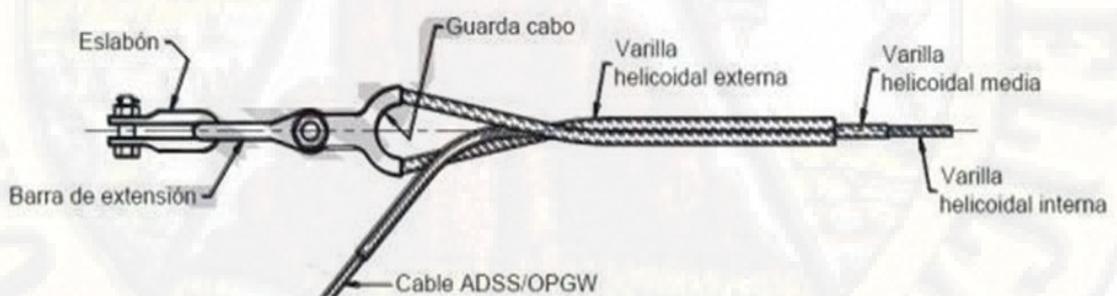


Figura 2.7 – Partes de un herraje de retención para cables ópticos ADSS

Fuente: FITEL - MTC

El trompo platina o sujeción sirve como sujeción directa al poste, se utiliza para vanos de hasta 400 metros o dependiendo de las condiciones técnicas. El eslabón y barra de extensión consisten en una barra o brazo extensor. El

guarda cabo sirve como apoyo al preformado y permite el ajuste a movimientos helicoidales. La varilla helicoidal exterior es una varilla en forma de espiral encargada de realizar la fuerza al helicoidal interno para tramos largos o directamente al cable en vanos cortos para soportar la tensión. La varilla helicoidal interna sirve como protección de la fibra en vanos medios y largos.

c) Varillas preformadas

Para elegir un tipo de preformado (ver la Figura 2.8) se tienen en consideración la combinación del diámetro del conductor, diámetro interno, número de pasos, sentido del encordado y materia prima. La eficiencia máxima es mantenida por cada varilla ejerciendo una baja y uniforme presión radial. Luego de la aplicación del número correcto de varillas debe existir un pequeño espacio entre ellas.

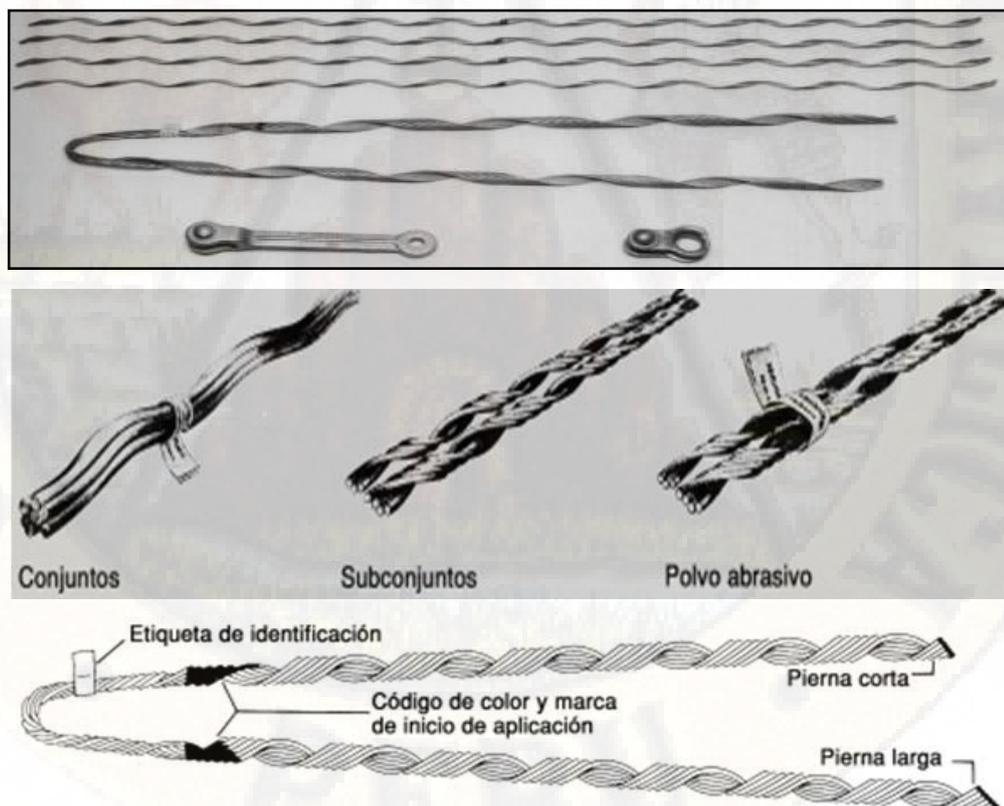


Figura 2.8 – Varillas preformadas

Fuente: FITEL – MTC

Para realizar la instalación de herrajes de retención o suspensión, es necesario conocer el tipo de cable a ser instalado, es decir la fabricación del mismo, su diámetro exterior, peso, máximo span y tensión. Además, la temperatura y el hielo que soportan y soportarán una vez instalados. Para poder obtener la carga de tracción a la ruptura y deslizamiento de 100% a la carga de ruptura del cable sin transferir esfuerzos mecánicos al núcleo del cable óptico, se requiere un juego de varillas de protección preformadas debajo de la retención preformada. Para una retención preformada, se recomienda utilizar un extensor para mantener el radio del cable (ver la Figura 2.9).



Figura 2.9 – Preformados y problemas que se pueden suscitar si no se seleccionan correctamente

Fuente: FITEL - MTC

d) Amortiguador

Es utilizado para atenuar las vibraciones eólicas en los cables, contrarrestan la exposición al flujo del viento. Esta función es totalmente diferente de las protecciones contra concentraciones de tensión, fricción o abrasión y arco de potencia. Los dispositivos de amortiguamiento deben ser considerados solamente como complementarios a los productos preformados de suspensión, retención y protección. En las Figura 2.10 se muestra un amortiguador típico.



Figura 2.10 – Amortiguador de cable de fibra óptica

Fuente: FITEL – MTC

La distribución recomendada de amortiguadores por vano y por distancia se muestran en la Tabla 2.6. Además de considerar el vano donde se instalen los amortiguadores es necesario saber el diámetro del cable.

Tabla 2.6 – Distribución de amortiguadores por vano y por distancia

Inicial (m)	Final (m)	Cantidad estándar de amortiguadores (U)
0	140	0
240	480	2
480	720	4
720	960	6
960	1200	8
1200	1440	10
1440	1680	12

Fuente: FITEL – MTC

El amortiguador espiral (de impacto) es muy eficiente para reducir las vibraciones eólicas en conductores, cables de guarda y cables de fibra óptica. El amortiguador dieléctrico tipo espiral se debe instalar entre 10 y 15 pies del extremo de la suspensión o retención para eliminar los efectos “tracking” del amortiguador y/o del cable. El amortiguador espiral hace impacto en el cable, lo cual interfiere con el movimiento del cable interrumpiendo la resonancia y así disipando la energía producida por el viento. Los cables de menor diámetro vibran a frecuencias más altas que los cables de mayor diámetro.

e) Corona coil

El atenuador de efecto corona (Figura 2.11) reduce los efectos eléctricos en las puntas de las varillas metálicas de protección de los conjuntos de anclaje y suspensión para cables de fibra óptica aéreos - ADSS.

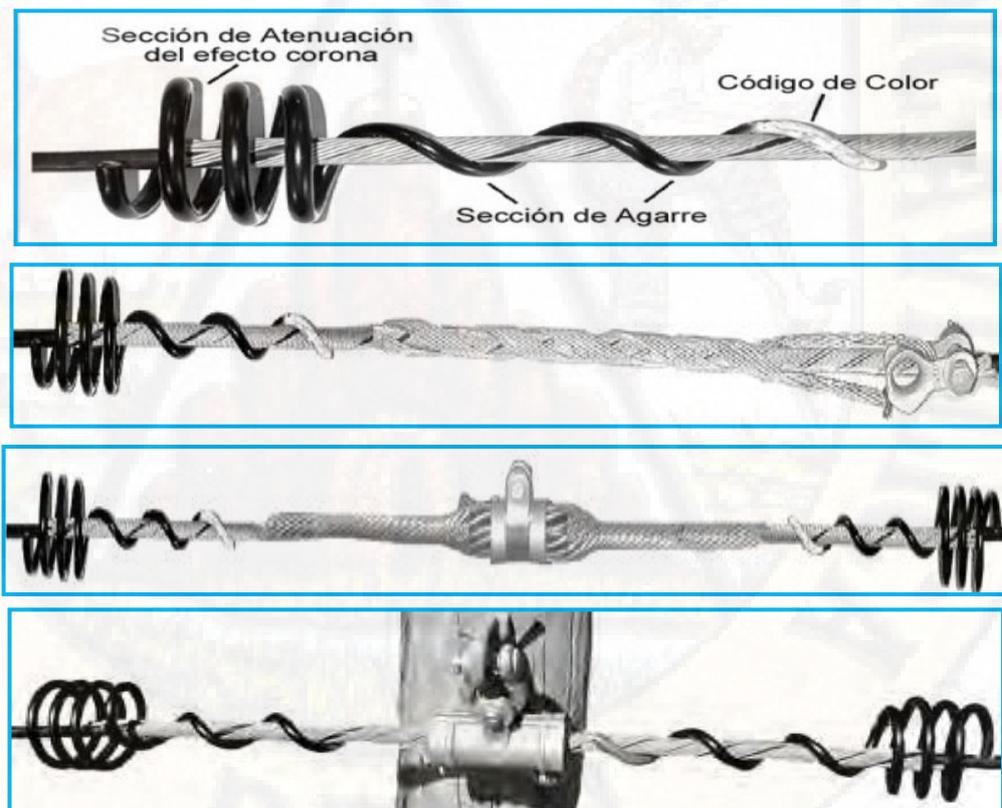


Figura 2.11 – Corona coil, partes y aplicación a los dos tipos de suspensiones

Fuente: FITEL – MTC

Generalmente son usados cuando el cable de fibra óptica está próximo a líneas de alto voltaje sometido a campo eléctrico y que podría dañar la capa externa del cable. La corona coil se instala sobre los extremos de las varillas de protección de la grapa de anclaje o de la grapa de suspensión o retención. Las coronas coil están formadas por un plástico semi-conductivo que disipa el campo magnético que se forma entre la terminación de las varillas metálicas (conductivas) y el forro del cable ADSS en líneas de alto voltaje. Esto es importante cuando se usa "track resistant cable" o cuando el voltaje de la línea es 115 KV o mayor.

Infraestructura

Postes

Son estructuras que poseen una carga de rotura y una altura predeterminada; en campo se encuentran alturas de 9, 11, 12, 15, 16 o 18 metros y cargas de rotura de 300, 400, 510, 750, 1050, 1300 kgf, además de postes de madera. Sobre estos apoyos están instalados los circuitos de baja tensión (220V), media tensión (13.2, 22.9, 34.5 y 44KV), además de los cables de redes de datos.

Torrecillas

Son soportes de las redes y equipos tales como transformadores. Son instaladas en las redes aéreas de MT y BT, tanto en la parte rural como urbana.

Torres

Las torres son parte del sistema de distribución y suministro eléctrico, llevan las líneas eléctricas de media y alta tensiones con valores de 30, 60 a 500KV a grandes distancias.

Cámaras y canalización

Son el conjunto de instalaciones subterráneas con ductos y cámaras que permiten el tendido, la protección y el mantenimiento de los cables de fibra óptica.

Infraestructura nueva o propia

En algunos casos, por causas técnicas como catenarias pronunciadas, vanos muy largos o infraestructura existente en mal estado, se podrá instalar infraestructura nueva. Se recomienda postes de 12 metros, siendo la profundidad del hueco de 1.8m.

Selección de los diámetros exteriores de los cables

12mm para vanos menores a span 200m

14mm para vanos mayores a 200 a 600m

15mm para vanos con antitracking

Flechas

La selección de flecha se realiza de acuerdo con la longitud de los vanos:

1% para vanos de 0 a 400m

2% para vanos de 401 a 800m

3% para vanos de 801 a 1000m

5% para vanos mayores a 1000m

En el capítulo de Resultados se muestran los resultados de los cálculos realizados para determinar o definir las flechas, spans, longitud de bobina; también se muestran, el material, tipo, estado, propiedad y nivel de tensión de cada poste. Así mismo, se listan las longitudes de los diversos vanos y reservas de cable y la ferretería y cajas de empalmes requeridos considerando el total de 207 postes empleados para el tendido entre los dos nodos a enlazar.

2.2.4. Presupuesto de pérdidas y ganancias

El presupuesto de potencia óptica se refiere a la cantidad de pérdida de potencia que un enlace de datos puede tolerar. Es la diferencia (en dB) entre la potencia óptica transmitida (dBm) y la sensibilidad del receptor (dBm). En ciertas ocasiones el presupuesto de potencia óptica tiene un valor máximo y un valor mínimo, lo que significa que necesita al menos un valor mínimo de pérdida para que no se sobrecargue o sature el receptor y un valor máximo

de pérdida para garantizar que el receptor tenga suficiente señal para funcionar correctamente en presencia del ruido de fondo típico. Para el cálculo se toman en cuenta los pasos descritos a continuación (ver Tablas 2.7 y 2.8) [FOA, 2019].

Paso 1

Cálculo de la pérdida o atenuación total del cable en toda su longitud. Esto se debe realizar a la longitud de onda de trabajo, típicamente de 1550nm en enlaces monomodo.

Paso 2

Cálculo de la pérdida total de conectores.

Para enlaces troncales son dos pares de conectores, uno en cada extremo de la fibra.

Paso 3

Cálculo de la pérdida total por empalmes. Los empalmes en enlaces troncales son de fusión con pérdidas típicas menores a 0.1dB.

Paso 4

Cálculo de la pérdida total por otros componentes

Paso 5

Cálculo de la ganancia del sistema. Es igual a la suma de la potencia promedio de salida del transmisor y la sensibilidad mínima del receptor.

Paso 6

Cálculo de la penalización total de potencia.

Tabla 2.7 – Cálculos para determinar el presupuesto del enlace óptico (1/2)

Paso uno - distancia
Distancia del cable (Distancia medida del sistema)
Pérdida por Km (Este valor lo debe obtener del fabricante del cable)
Pérdida total de la fibra (Distancia del cable x pérdida por Km)
Paso dos - Pérdida total de conectores
Pérdida por par de conectores (La pérdida máxima permitida por par de conectores durante la instalación. Este valor debe ser determinado por el Diseñador del Sistema. ANSI/TIA/EIA-568-C.3 recomienda un valor máximo de 0.75 dB.)
Número de pares de conectores (No se incluye los conectores que se enchufan al equipo.)
Pérdida total de conectores (Pérdida por par de conectores x número de pares de conectores.)
Paso tres - pérdida total por empalme
Pérdida por empalme individual (La pérdida máxima por empalme durante la instalación. Este valor deberá ser determinado por el Diseñador del Sistema. ANSI/TIA/EIA-568-C.3 recomienda un valor máximo de 0.3 dB para un empalme mecánico o de fusión.)
Número de empalmes (Incluye los empalmes mecánicos y de fusión.)
Pérdida total por empalmes (Pérdida por empalme individual x el número de empalmes.)
Paso Cuatro - Pérdida total por otros componentes
Pérdida óptica del switch (Este valor deberá ser obtenido del fabricante del switch)
Pérdida óptica por divisores (splitter) (Este valor deberá ser obtenido del fabricante del splitter.)
Pérdida óptica por otros componentes (Un ejemplo de otros componentes ópticos sería un HUB. Introduzca el valor para cualquier otro componente óptico diferente del switch y del splitter. Estos valores deberán ser obtenidos del fabricante del componente.)
Pérdida total por otros componentes (Pérdida óptica del switch + Pérdida óptica del splitter + Pérdida óptica por otros componentes)

Fuente: <https://www.bicsi.org/>

Tabla 2.8 – Cálculos para determinar el presupuesto del enlace óptico (2/2)

Paso cinco - Especificaciones de los fabricantes de equipo de networking
Potencia de salida promedio del transmisor (Este valor deberá ser obtenido del fabricante del transmisor. Si la especificación de la potencia de salida promedio del transmisor no está disponible, use la especificación de la potencia mínima de salida.)
Sensitividad mínima del receptor (Este valor deberá ser obtenido del fabricante del receptor.)
Ganancia de sistema (= Potencia Promedio de salida del transmisor – sensitividad mínima del receptor)
Paso seis - Penalizaciones totales de potencia
Penalizaciones de potencia (Este valor deberá ser obtenido del fabricante del equipo. Si no cuenta con este valor, use 2.0 dB.)
Margen de reparación (Un valor de 0.6 dB (2 empalmes x 0.3 dB de pérdida por empalme) es el que se utiliza típicamente.)
Penalización total de potencia (=Penalización de potencia + Margen de reparación)
Paso siete - Presupuesto de pérdida por enlace
Ganancia del sistema (= Potencia promedio de salida del transmisor – sensitividad mínima del receptor)
Penalización total de pérdida (= Penalizaciones de potencia + Margen de reparación)
Presupuesto total de pérdida por enlace (= Ganancia del sistema – penalizaciones de potencia)
Paso ocho - Margen de desempeño del sistema
Presupuesto total de pérdida por enlace (= Ganancia del sistema – Penalizaciones de potencia)
Atenuación total del sistema de cableado (= Pérdida total de la fibra + Pérdida total de conectores + Pérdida total por empalme + Pérdida total por otros componentes)
Calcular la pérdida por enlace
Margen de desempeño del sistema (= Presupuesto total de pérdida por enlace – Atenuación total del sistema de cableado)

Fuente: <https://www.bicsi.org/>

2.2.5. Caracterización de la fibra óptica

Consiste en un conjunto de pruebas realizadas a la fibra a nivel de capa 1. Se emplean una serie de instrumentos para tal propósito con el objetivo de verificar que el medio físico se encuentre en óptimas condiciones para propagar la señal óptica. Estas pruebas se realizan en diversos momentos y escenarios que a continuación se describen (JDSU, 2000).

Antes de la instalación - Pruebas en carrete

a) En fábrica

Son mediciones realizadas por el fabricante, se realizan en una sola dirección y en las ventanas de 1310 y 1550nm. Se incluyen en los reportes: la longitud de la bobina, tipo de span, número de la bobina y la atenuación en dB/km.

b) En almacenes de cada región (pruebas pre-instalación)

Las mediciones son de manera unidireccional y en la ventana de 1550nm. Las pruebas son para detectar problemas de continuidad o atenuación ocurridos durante el traslado del carrete desde fábrica hasta los depósitos en el lugar de instalación. Se verifica la longitud óptica del carrete y se compara con la longitud física. Se verifica el coeficiente de atenuación/km del carrete de fibra óptica y que no supere lo especificado por el fabricante.

Luego de la instalación

a) Pruebas post-empalme

Las pruebas post-empalme tienen por objetivo detectar posibles pérdidas en el cable, empalmes y conectores generadas durante y luego de la instalación de estos.

b) Pruebas post-conexión

Estas pruebas tienen por objetivo detectar posibles problemas luego de la conectorización y terminación de los hilos ópticos en los respectivos gabinetes.

c) Pruebas de aceptación

Se realizan para la verificación final de la instalación para su entrega y conformidad.

Los instrumentos empleados, para las pruebas y mediciones, son los siguientes [VIAVI, 2011]:

Power Meter y Fuente de Luz

Permiten verificar la pérdida de inserción o atenuación total del enlace, hilo por hilo, considerando todos los elementos que existan entre los extremos de la fibra: conectores, empalmes, la misma fibra y otros. Se realizan en ambas direcciones de ODF a ODF entre los nodos que enlaza la fibra bajo prueba. Es una prueba de gran precisión, pero sujeta a la realización de una buena limpieza de los conectores en los extremos de cada hilo.

OTDR (reflectómetro óptico en el dominio del tiempo)

Permiten realizar pruebas reflectométricas. en ambas direcciones de ODF a ODF entre los nodos enlazados por la fibra bajo prueba y considerando todos los elementos que existan entre ellos: conectores, empalmes por fusión o mecánicos y otros. Esta prueba, a diferencia de la anterior, reporta todos los detalles de pérdidas y reflexiones de cada elemento que se encuentre en el enlace, entre otros resultados adicionales. Así, tenemos que el OTDR reporta por hilo lo siguiente (Agilent Technology, 2001):

- Longitud del enlace
- Atenuación total del enlace
- Atenuación por kilómetro
- Pérdidas ópticas de retorno (ORL)
- Pérdidas y ubicación de empalmes
- Pérdidas de inserción y reflectancia de conectores
- Detección de eventos (curvaturas, roturas y otros)

Analizador de dispersión cromática

Permite realizar la prueba de dispersión cromática. Esta prueba mide la capacidad de la fibra para transportar las señales ópticas de manera óptima, sin ensanchamientos fuera de los valores umbrales permitidos según la velocidad o ancho de banda de transmisión. El fenómeno de dispersión es crítico a altas velocidades, superiores a los 10Gbps debido a que los pulsos son más angostos y el ensanchamiento mayor (ANRITSU, 2010).

Analizador de dispersión de modo de polarización

Permite realizar la prueba de dispersión de modo de polarización que mide la capacidad de la fibra de transportar las señales óptica de manera óptima, sin ensanchamientos fuera de los valores umbrales permitidos según la velocidad o ancho de banda de transmisión y ante la presencia de posibles fenómenos ambientales o mecánicos como vientos, esfuerzos y cambios de temperatura sobre la fibra. También, es especialmente crítico a altas velocidades, superiores a los 10Gbps, debido a que los pulsos son más angostos y el ensanchamiento es mayor (ANRITSU, 2010). Adicionalmente, existen otros instrumentos como el analizador de espectro óptico. Este se emplea en redes multiplexadas que no es el caso del presente proyecto. También existe otro instrumento como la sonda o microscopio óptico que se emplea para verificar el estado de los conectores al extremo de los cables o hilos de fibra óptica.

Estándares aplicables

Todas las pruebas se consideran aceptables cuando los resultados cumplen con la normatividad según se indican en la Tabla 2.9. Cabe indicar que se pueden tomar otros valores, dados por el fabricante, siempre y cuando cumplan con los estándares [NECA 2016].

Tabla 2.9 – Valores normalizados para caracterizar un enlace óptico

CHARACTERISTICS	TEST METHOD	CABLE SPECIFICATION	Sampling
Optical attenuation @ 1310 nm @ 1550 nm	IEC60793-1-40 IEC60793-2-50	0.35 dB/km max. 0.25 dB/km max.	01 reel All fibers
Chromatic dispersion (CD)	IEC 60793-1-42 method C: Differential Phase Shift	Slope: 0.090 ps.nm- 2.km-1 1310nm: ≤3.5 ps/√km 1550nm: ≤18 ps/√km	01 reel 1fiber
PMD coefficient	IEC 60793-1-48 method A: Fixed analyzer Measurement	≤0.1 ps/√km	01 reel 1fiber

Nº	Test	Method	Severity	Mechanical splice (single fibre) (Note 3)	Fusion splice with protector (single fibre) (Note 3)
6.1.1	Attenuation/ Insertion loss (IL)	IEC 61300-3-7	IL at 1310 nm, 1550 nm and 1625 nm	≤ 0.2 dB average ≤ 0.5 dB max in 97%	≤ 0.1 dB average ≤ 0.2 dB max in 97%

Tipo de pérdida	Valor máximo	Normativa
Macrocurvatura	0.1dB	IEEE 1222
Empalme por fusión	0.2dB	ITU-T L.12
Empalme mecánico	0.5dB	ITU-T G.671

Fuente: <http://www.thefoa.org/tech/standards.htm>

Pruebas de caracterización

Para enlaces menores a 2.5Gbps se consideran la prueba de atenuación total del sistema (realizada con Power Meter y Fuente de Luz); también, pruebas reflectométricas con OTDR o iOLM (Inteligente Optical Link Mapper). No deberían considerarse las pruebas de dispersión cromática (CD – Chromatic Dispersion), ni las pruebas de dispersión por modo de polarización (PMD – Polarization Mode Dispersion) debido a que los efectos de dispersión no son relevantes a velocidades de 1Gbps como es del presente caso. Sin embargo, la medición con PMD se recomienda en los siguientes casos [VIAVI, 2010]:

- Upgrade a 10Gbps de la planta existente
- Upgrade a 40Gbps de la planta existente

- Instalaciones nuevas a 40Gbps o velocidades superiores
- Calificación de la fibra durante su fabricación
- Calificación de la fibra antes y después de un nuevo cableado

En la Tabla 2.10, se muestran las diferencias entre ambos tipos de dispersiones, la cromática y por modo de polarización (JDSU, 2000).

Tabla 2.10 – Diferencias entre CD y PMD

Dispersión cromática	Dispersión por modo de polarización
Determinística	Estocástico (aleatorio)
Lineal	No lineal
No es afectada por el medio ambiente	Afectada por el medio ambiente
Puede ser compensada	No puede ser compensada

Fuente: JDSU, Reference Guide to Fiber Optic Testing

Pruebas con Power Meter y Fuente de Luz

El objetivo de esta prueba es determinar, de forma precisa, la pérdida total del enlace óptico entre nodos empleando fuente de luz y medidor de potencia ópticos. Se realiza en ambas direcciones, de ODF a ODF, entre los nodos que enlaza la fibra bajo prueba. Se verifica la pérdida de inserción o atenuación total del enlace considerando todos los elementos que existan entre los extremos de la fibra: conectores, empalmes, la misma fibra y otros. En la Tabla 2.11 se precisan los valores umbrales considerados para esta prueba.

Tabla 2.11 - Valores de pérdidas bidireccionales para cálculo teórico

Punto de Atenuación	Atenuación (dB) 1310 nm	Atenuación (dB) 1550 nm
Conector de ODF	0.5 dB	0.5 dB
Pérdida por Empalme	0.1 dB	0.1 dB
Atenuación de cable	0.35 dB/Km	0.25 dB/Km

Fuente: JDSU, Reference Guide to Fiber Optic Testing

- **ESTABLECIMIENTO DE LA REFERENCIA DE 0dB**

El método descrito para la medición de la referencia de potencia emplea el método A.2, del estándar OFSTP-7, publicado en el TIA/EIA-526-7. Para ello, se emplea un cable de referencia y se realizan las conexiones mostradas en la Figura 2.12 entre la fuente de luz y el medidor de potencia. El jumper empleado debe ser de buena calidad con los conectores (SC-APC/LC-APC) y adaptadores necesarios. Ambos equipos deben estar a la misma longitud de onda para realizar la referenciación. El objetivo de la referenciación es la de eliminar las pérdidas debidas a los jumpers y conectores en la medición a ser realizada y solo tomar en cuenta el enlace bajo prueba [NECA, 2016].

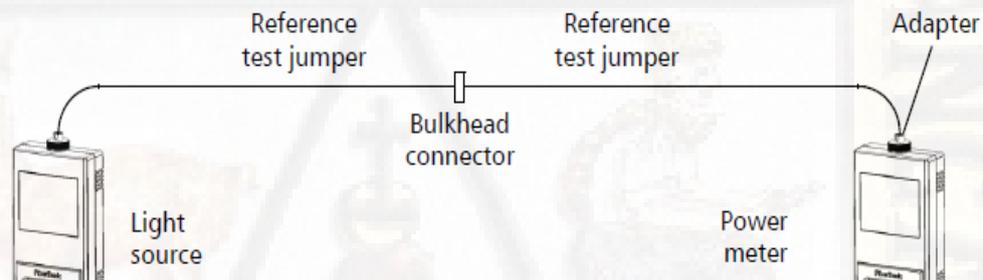


Figura 2.12 – Establecimiento de la referencia, 0dB
Fuente: The Fiber Optic Association, Inc. - FOA

La referencia 0dB se establece presionando durante unos segundos, la tecla **REF** del medidor de potencia:



La potencia medida (por ejemplo, 2.18dB en la figura de la derecha) es guardada por el medidor y tomada como potencia de referencia (0dB) para las mediciones siguientes así se apague y encienda de nuevo el equipo. Mientras se realicen las mediciones no debe desconectarse el jumper de referencia de la fuente de luz, tampoco



someterla a curvaturas. Se debe referenciar primero a una longitud de onda y luego a la otra. Las referencias quedan almacenadas en el medidor de potencia.

- **MEDICION**

Se debe conectar la fibra bajo prueba (según la Figura 2.13) de acuerdo con el estándar OFSTP-7, empleando los jumpers o cables usados en la referenciación.

Las longitudes de onda deben ser iguales tanto en la fuente como en el medidor. El medidor de potencia medirá la potencia enviada por la fuente y atenuada a su paso por la fibra bajo prueba y por los diversos elementos en ella (empalmes, curvaturas, etc.). El valor de la pérdida mostrada en la pantalla es la atenuación total del enlace medida de A hacia B. Las medidas se realizan en cada uno de los 48 hilos del cable de fibra óptica y a cada longitud de onda (1310 y 1550nm).



Figura 2.13 – Conexión de la fibra bajo prueba
Fuente: The Fiber Optic Association, Inc. - FOA

Los valores obtenidos deben ser menores a las pérdidas de inserción calculada teóricamente (en base a la Tabla 2.11 y la longitud total del enlace y cantidad de empalmes). Los valores medidos se registran en un formato como se muestra en la Figura 2.14.

Formato 01									
PRUEBA DE ATENUACION TOTAL DEL ENLACE - POWER METER Y FUENTE DE LUZ									
							FECHA:		
ID y nombre NODO A							Longitud de onda (nm)	1310	1550
ID y nombre NODO B							Cálc. teórico enlace (dB)	0.00	0.00
Fuente de luz: modelo y s/n							Longitud del enlace (km)		
Power Meter: modelo y s/n							Número de hilos del enlace		
		1310nm			1550nm			Observaciones	
Nº Fibra	Medida A-B (dB)	Medida B-A (dB)	Promedio	Medida A-B (dB)	Medida B-A (dB)	Promedio			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Figura 2.14 – Formato para registro de datos de medición de atenuación total del enlace

Fuente: FITEL - MTC

La medición debe repetirse en dirección opuesta (B hacia A) y a ambas longitudes de onda. Ambos valores obtenidos (de A hacia B y de B hacia A, a cada longitud de onda) se deben promediar entre sí. Así, las mediciones se realizan en ambas direcciones para cada hilo y luego se promedian y comparan con las teóricas a fin de verificar que sean iguales o menores.

Pruebas Reflectométricas con OTDR

Se realiza en ambas direcciones (es una prueba bidireccional, al igual que la realizada con Power Meter y fuente de luz), de ODF a ODF, entre los nodos que enlaza la fibra bajo prueba y considerando todos los elementos que existan entre ellos: conectores, empalmes por fusión o mecánicos y otros. Son pruebas en las que se verifican (Feng, 2013):

- Longitud del enlace
- Atenuación total del enlace
- Atenuación por kilómetro
- Pérdidas ópticas de retorno (ORL)

- Pérdidas y ubicación de empalmes
- Pérdidas de inserción y reflectancia de conectores
- Detección de eventos (curvaturas, roturas y otros)

Los equipos requeridos son los siguientes:

- Medidor OTDR
- Sonda de inspección, para verificar la fibra en los conectores y adaptadores
- Localizador visual de fallos para fibra óptica
- Jumpers ópticos, conectores y adaptadores
- Bobinas de lanzamiento y llegada
- Kit de limpieza de fibra óptica para conectores hembra y para conectores macho

Para todos los equipos se debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Deben estar debidamente calibrados.
- b) La fecha de emisión de los certificados de calibración no debe ser mayor a un año de antigüedad
- c) Se exceptúan de certificado de calibración el localizador visual de fallos y la sonda de inspección.

Las mediciones se realizan bajo las siguientes consideraciones:

- a) Longitud de onda: 1310 y 1550nm. Los resultados son independientes para cada longitud de onda.
- b) En ambas direcciones y por cada longitud de onda.
- c) Se toma como resultado el promedio aritmético de ambas medidas para las pérdidas de los conectores y empalmes (denominada atenuación bidireccional). Para las reflectancias de los conectores se toma como resultado el mayor de entre las dos mediciones realizadas en cada longitud de onda.

Se debe considerar la recomendación **ITU L12**, donde se considera que el 97% de los empalmes a fusión deben tener una atenuación bidireccional menor o igual a 0.2 dB y el promedio de las atenuaciones bidireccionales de todos los empalmes del tramo óptico debe ser menor o igual a 0.1 dB (ver Tabla 2.12).

Tabla 2.12 – Recomendaciones para atenuación de empalmes de fusión y ORL

Nº	Test	Method	Severity	Mechanical splice (single fibre) (Note 3)	Fusion splice with protector (single fibre) (Note 3)
6.1.1	Attenuation/ Insertion loss (IL)	IEC 61300-3-7	IL at 1310 nm, 1550 nm and 1625 nm	≤ 0.2 dB average ≤ 0.5 dB max in 97%	≤ 0.1 dB average ≤ 0.2 dB max in 97%
6.1.2	Return loss (RL)	IEC 61300-3-6 method 1 or 2	RL at 1310 nm, 1550 nm and 1625 nm	When straight cleaved: ≥ 35 dB (grade 3) ≥ 45 dB (grade 2) When angle cleaved: ≥ 60 dB (grade 1)	≥ 60 dB

Fuente: The Fiber Optic Association, Inc. - FOA

Respecto a las pérdidas ópticas de retorno, esta se relaciona con la cantidad de potencia perdida por reflexión de la señal óptica. La pérdida de retorno óptica (ORL) es la diferencia existente entre la potencia óptica incidente en un enlace (o una sección) y la potencia que este enlace regresa hacia la fuente (potencia reflejada), ver la Figura 2.15. Se expresa como un valor positivo en dB y está dada por la expresión siguiente:

$$ORL (dB) = P_{incidente}(dBm) - P_{reflejada}(dBm)$$

Las pérdidas ópticas de retorno tienen dos causas:

- Pérdidas por reflexión Fresnel, es debido a conexiones mecánicas, empalmes y otros elementos o daños en la fibra.
- Pérdidas Rayleigh debido a impurezas presente en la misma fibra óptica.

Se considera que la pérdida óptica de retorno (ORL) debe ser mayor o igual a 35dB.

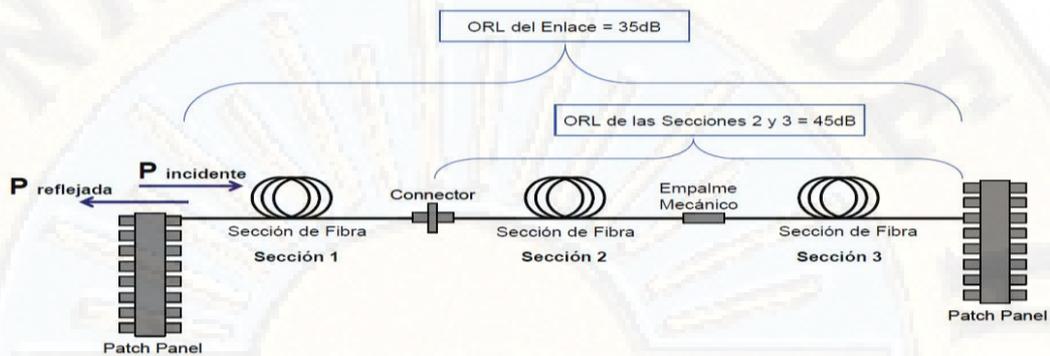


Figura 2.15 – Concepto de pérdida óptica de retorno de todo el enlace o partes de ella

Fuente: The Fiber Optic Association, Inc. – FOA

La pérdida de inserción es la atenuación producida cuando la señal óptica pasa por un elemento atenuador como lo es un conector. La reflectancia en los conectores se define de manera similar a las pérdidas de retorno óptico (ORL) como la diferencia entre la potencia de entrada al elemento y la que sale de éste. Los conectores introducen una pérdida de la señal de aproximadamente 10% (0.5 dB) y se debe verificar que el promedio de la atenuación de inserción medido bidireccionalmente no supere el valor de 0.50 dB según lo establecido en la Recomendación **G.671** de la UIT-T.

- Configuración de parámetros y umbrales en el equipo

Se utiliza un OTDR con configuración de parámetros y medición automáticos (iOLM) a 1310 y 1550nm. Sin embargo, se le configura con los datos del cable ADSS. Los parámetros para indicar son los siguientes (ver las figuras 2.16 y 2.17) (EXFO, 2019).

- Índice de refracción de la fibra empleada
- Factor hélix
- Porcentaje de retrodispersión

- Diámetro del núcleo
- Longitud del enlace
- Valor máximo de pérdida de conector: 0.5dB
- Valor máximo de reflectancia: -60dB
- Valor máximo de pérdida de empalme: 0.1dB.
- Bobina de lanzamiento: 1000m
- Tipo de fibra: OS2
- Tiempo de adquisición: automático
- Ancho de pulso: automático

En la Figura 4.34 se muestra la configuración de los valores umbrales de acuerdo a la Tabla 2.12.

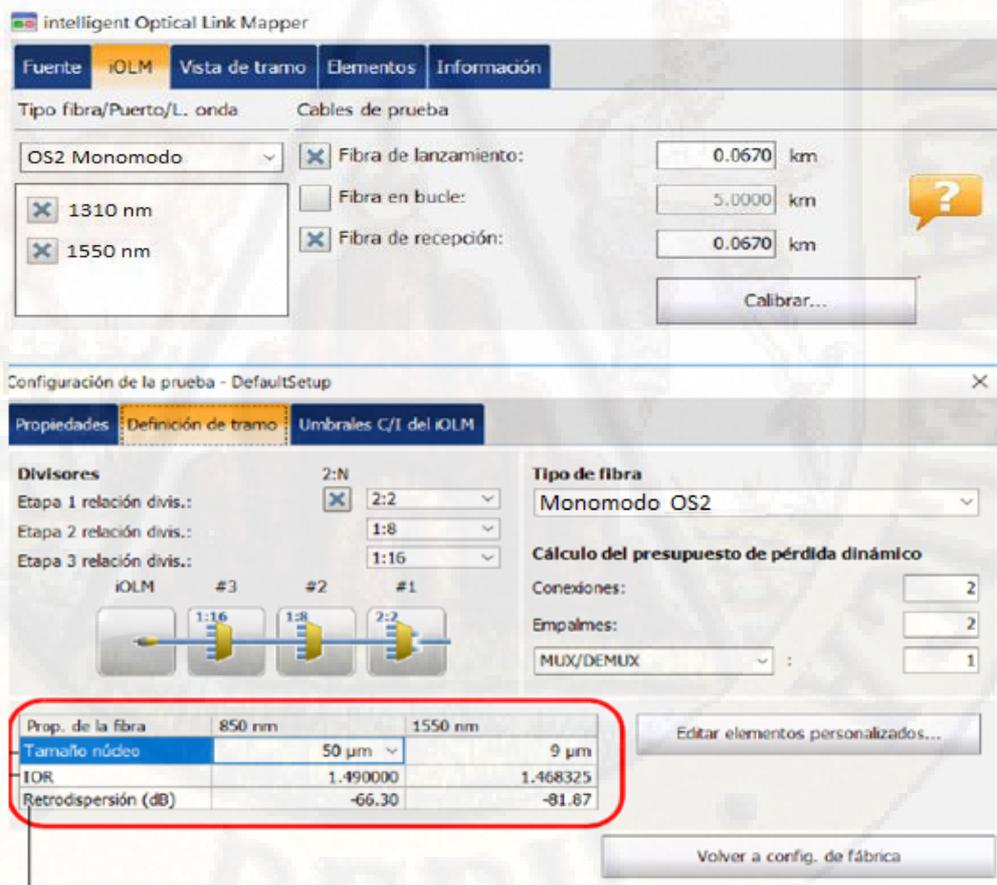


Figura 2.16 – Configuración de los datos de la fibra óptica en el OTDR
Fuente: EXFO (www.exfo.com)

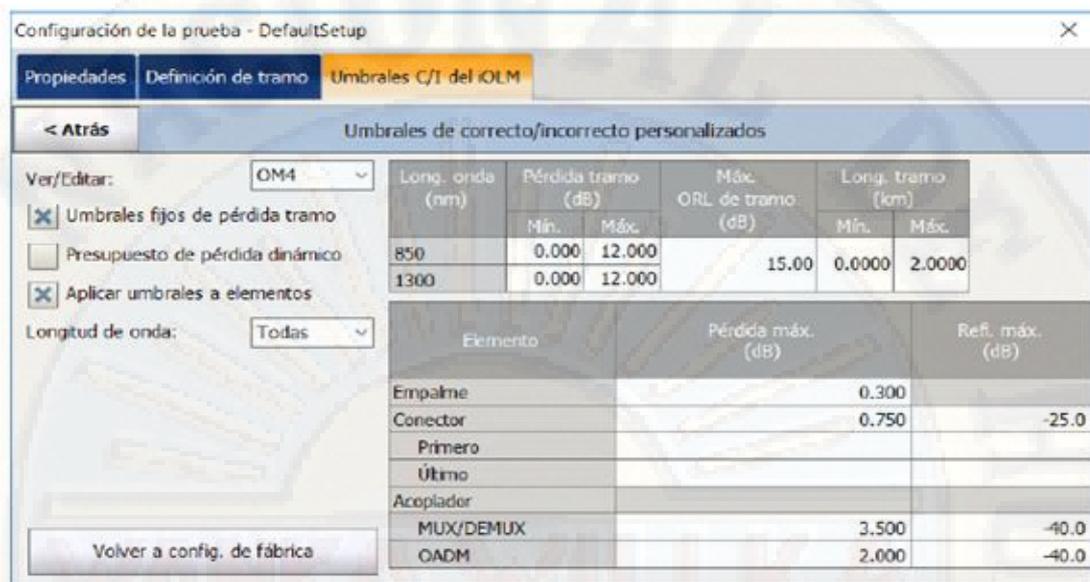


Figura 2.17 - Configuración de los criterios de aceptación
Fuente: EXFO (www.exfo.com)

Antes de realizar las conexiones, se deberá verificar/limpiar todos los conectores a unir. El OTDR se conecta a los extremos de la fibra mediante una bobina de lanzamiento, una bobina de recepción y conectores adecuados según se muestra en la Figura 2.18. La bobina de lanzamiento y la de recepción se emplean para determinar la atenuación en los acoplamientos de los conectores de los repartidores ópticos [EXFO, 2019]. Las mediciones se realizan en cada uno de los 48 hilos de cada cable de fibra óptica, tanto a 1310 como a 1550nm. El procedimiento de medición se repite en dirección opuesta igualmente en cada uno de los 48 hilos de cable de fibra óptica y en ambas longitudes de onda (ver la Figura 2.19). En todos los casos los valores medidos deben cotejarse que no superen los valores esperados basados en los valores teóricos, los valores según normas y recomendaciones, los valores indicados por el fabricante. Los resultados se registran en los formatos que sean necesarios para ello. Los resultados de las mediciones de cada hilo se muestran (a modo de ejemplo) en la Figura 2.20. El uso de iOLM, en lugar del OTDR tradicional facilita la rápida visualización e interpretación de los resultados.

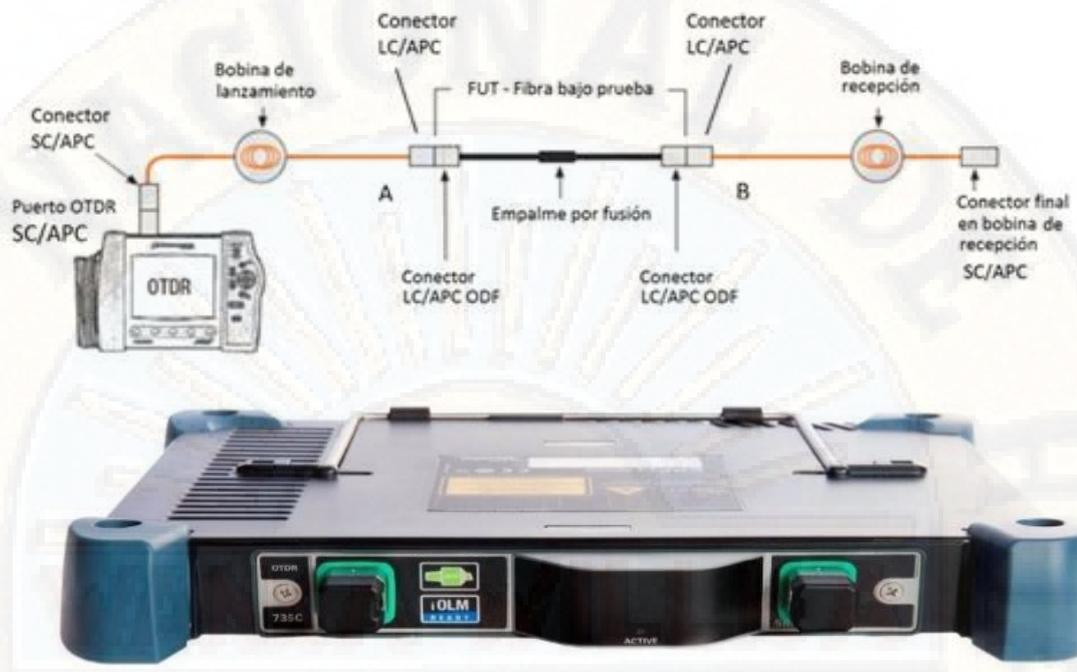


Figura 2.18 – OTDR y su conexión a la fibra bajo prueba para medición A->B

Fuente: EXFO (www.exfo.com)

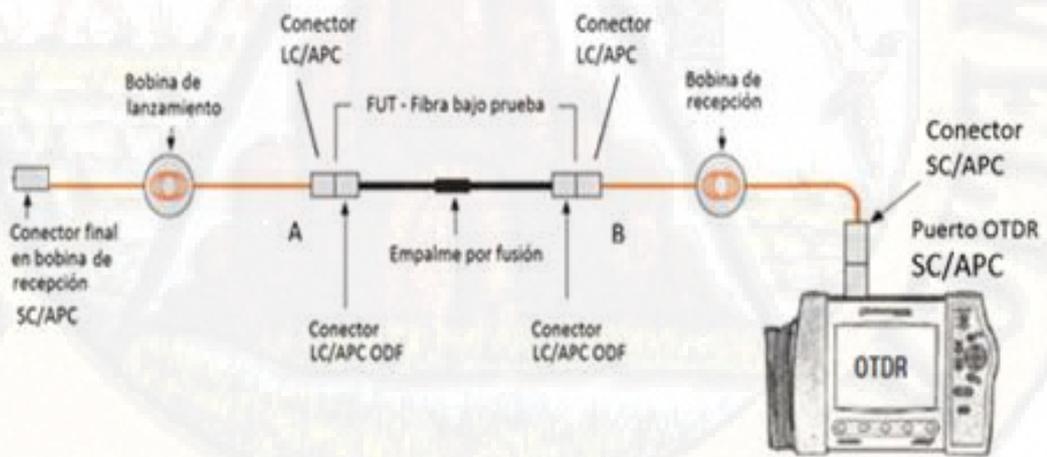


Figura 2.19 - Conexiones del OTDR para medición de B hacia A
Fuente: EXFO (www.exfo.com)

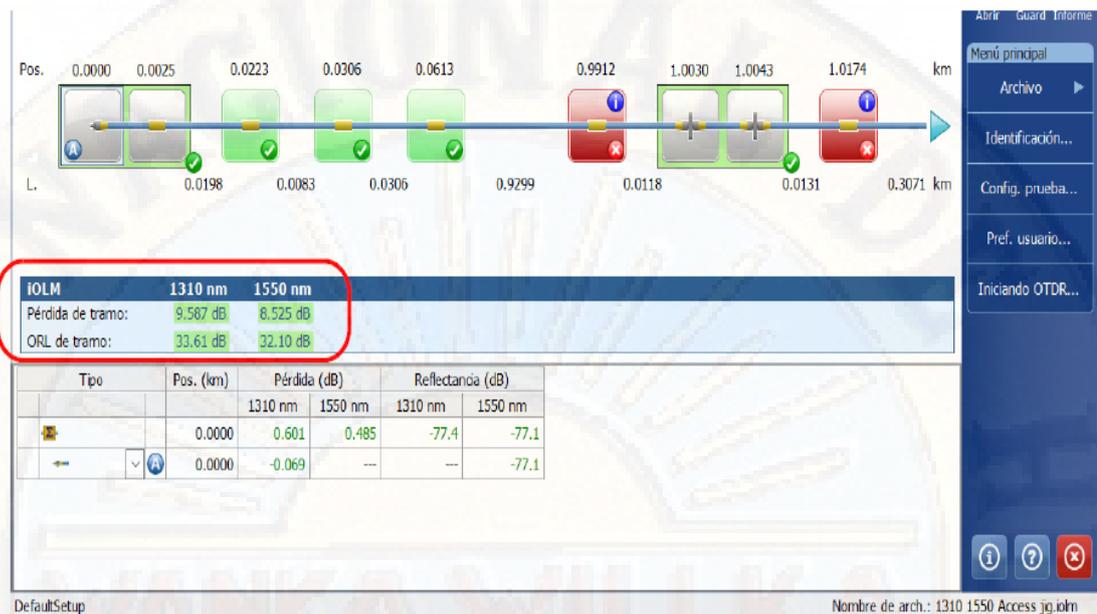


Figura 2.20 – Resultados generados por el iOLM
Fuente: EXFO (www.exfo.com)

Prueba de dispersión cromática y por modo de polarización

Los objetivos de la prueba son:

- Determinar los parámetros que cuantifican la dispersión de los pulsos de luz en la fibra óptica por la variación de velocidad de grupo debido a la variación del índice de refracción con la longitud de onda.
- Determinar los parámetros que cuantifican la dispersión de los pulsos de luz debido a cambios en el modo de polarización inducidos por diversos factores mecánicos y ambientales que alteran la geometría de la fibra.

Se realizan las dos pruebas bajo un enfoque “Single Ended Approach”, es decir se utiliza un único equipo (FTB-5700 de EXFO) conectado a un extremo del enlace. La técnica tiene similitud con la de OTDR pues se inyectan pulsos por un extremo de la fibra y se analizan los pulsos reflejados. En el otro extremo de la fibra se conecta un elemento reflexivo.

La señal óptica transmitida a altas velocidades por la fibra se ve afectada por la dispersión de los pulsos luminosos (ver la Figura 2.21) debido a que está

compuesta por diversas longitudes de onda; cada una de ellas viaja a distinta velocidad de transmisión debido a la variación del índice de refracción con la longitud de onda. Esta dispersión o ensanchamiento de los pulsos provoca la superposición de los bits contiguos y el aumento de la tasa de errores de bit (BER) [VIAVI, 2010].



Figura 2.21 – Principio básico de la dispersión cromática, se muestran dos pulsos traslapados debido a ensanchamiento
Fuente: EXFO (www.exfo.com)

Debido al fenómeno de la birrefringencia (material con dos índices de refracción), las dos componentes electromagnéticas de la luz se desfasan entre sí (ver la Figura 2.22) resultando en pulsos más anchos e incrementando la tasa de error de bits y limitando el ancho y la tasa de bits. Este modo de dispersión depende mucho de las condiciones mecánicas y ambientales a las cuales se ve sometido el cable (esfuerzos, curvaturas, vibraciones y variaciones de temperatura).

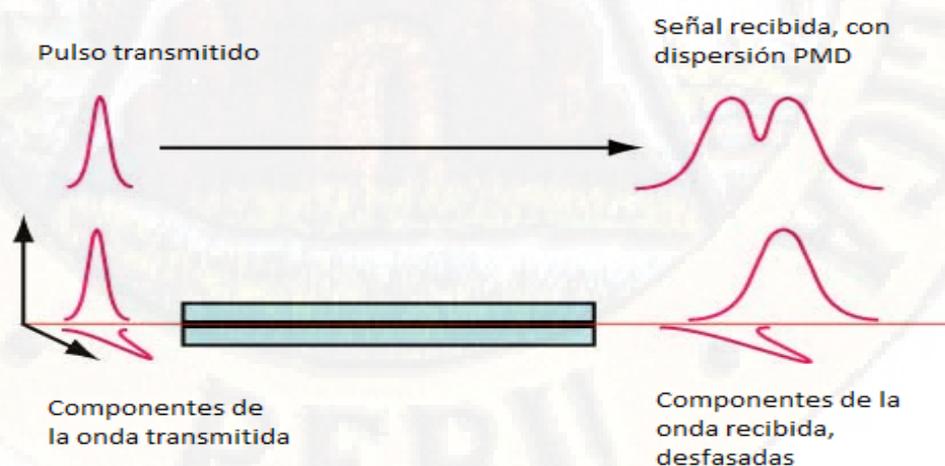


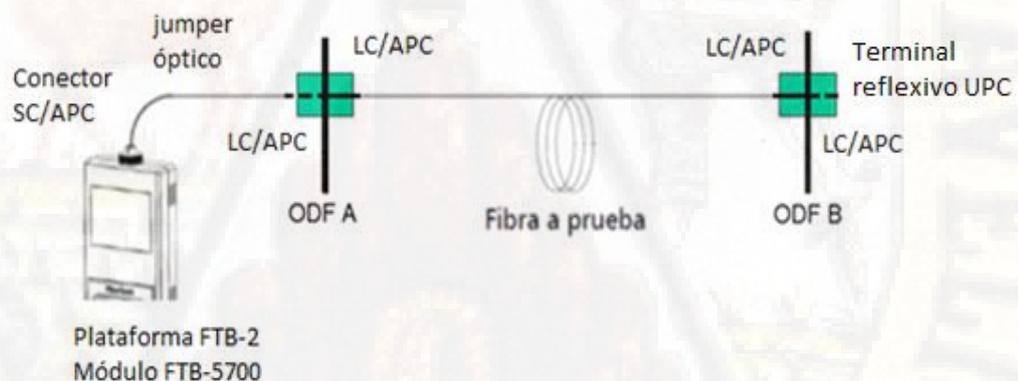
Figura 2.22 – Principio básico de la dispersión por modo de polarización
Fuente: EXFO (www.exfo.com)

Los valores obtenidos en las mediciones de dispersión cromática y dispersión de modo de polarización serán comparados con los umbrales especificados por el fabricante del cable de fibra óptica (ZTT, ver la Tabla 2.13). Las conexiones para realizar se muestran en la Figura 2.22 [ZTT, 2019]. En la Figura 2.23, se muestra un ejemplo de resultados de las pruebas de dispersión CD y PMD.

Tabla 2.13 – Valores máximos de las dispersiones CD y PMD para la fibra óptica según fabricantes de la fibra y transceivers

Descripción	Valor umbral
Coefficiente de CD (a 1550nm)	18 ps/nm.km
Coefficiente de PMD	0.1 ps/ \sqrt{km}
Dispersión CD (hasta 40km)	800ps/nm
Dispersión PMD	10ps

Fuente: FITEL - MTC



Plataforma FTB-2
Módulo FTB-5700



FTB-2 y FTB-5700

Figura 2.22 – Conexiones del analizador con la fibra a probar. El equipo consta de una plataforma (FTB-2) y el analizador de CD/PMD (FTB-5700).

Fuente: EXFO (www.exfo.com)

Results
 Length: 25266 m

CD Measurement ✓ PASS

Dispersion (1550 nm): -5.86 ps/nm ✓
 Dispersion slope (1550 nm): 1.75 ps/(nm²)
 Coefficient (1550 nm): -0.23 ps/(nm* km)
 Max. dispersion: 133.22 ps/nm

PMD Measurement ✓ PASS

PMD: 0.28 ps ✓
 PMD, 2nd order: 0.04 ps/nm
 Coefficient: 0.06 ps/√ km

Current Fiber Options

Details Save... Discard

Measurement Information

CD Fiber prefix: Fiber Fiber suffix: 001
 PMD Cable ID: Cable Threshold: OC192 - STM64

List of Fibers

Fiber ID	Cable ID	File Name	Date
✓ Fiber001	Cable	Fiber001_2...	1/21/2000 2:3...

Edit...
CD Details...

Fiber

General
 Length: 25266 m Threshold: OC192 - STM64

CD
 Dispersion (1550): -5.86 ps/nm Slope (1550): 1.75 ps/(nm²)
 Coefficient (1550): -0.23 ps/(nm* km) Fiber type: G.652 NDSF
 Max. Dispersion: 133.22 ps/nm

PMD
 PMD: 0.28 ps Fiber type: Telecommunication
 Coefficient: 0.06 ps/√ km Number Of scans: 1
 PMD 2nd Order: 0.04 ps/nm λ range: 1502 - 1623 nm

Main Menu

Open...
Close
Delete
Report...
Setup...
About

Figura 2.23 – Resultados de las pruebas de dispersión
 Fuente: EXFO (www.exfo.com)

2.2.6. Sistema de baterías

El sistema de batería del nodo óptico, y para el nodo radioeléctrico, debe ser para aplicaciones de telecomunicaciones, de una tensión nominal de 48V a 20°C. Consta de baterías VRLA (batería de ácido-plomo regulada por válvula, más conocidas como baterías selladas o libres de mantenimiento). Se pueden instalar en espacios confinados y de poca ventilación. Cada unidad debe tener una capacidad de unos 90Ah según diseño a realizar y tensión de 12V. Se requieren cuatro unidades para formar un banco de 48V. Las baterías deben ser capaces de trabajar a la altura sobre el nivel del mar del distrito de Quichuas. También, deben estar contenidas dentro de un plástico de alta resistencia mecánica y tener una válvula de seguridad para la salida de gases cuando se eleve la presión interna de las mismas. Deben ser fabricadas completamente selladas, libres de mantenimiento y contener electrolito gelificado. El número de ciclos, a 20% de profundidad de descarga, debe ser de por los menos unos 5000. La tasa de auto descarga debe ser menor al 6%/mes y una vida útil de 10 años. El tiempo de autonomía proporcionado por el banco de baterías deber ser de ocho horas. Las baterías deben contar con manual de instalación, manual de mantenimiento y comportamiento con la temperatura (ver Figura 2.24 y Figura 2.25) (Hitachi Chemical, 2019).



Figura 2.24 – Batería para aplicaciones de telecomunicaciones, selladas y libres de mantenimiento

Fuente: <http://ukbatterysales.co.uk/brand/fiamm/fiamm-xl-12v-range/>

La capacidad del banco de baterías se calcula según la fórmula siguiente:

$$CBB = \frac{CB \times DOD \times \text{Cantidad de baterías}}{\frac{\text{Consumo}}{\text{Voltaje}}}$$

Donde:

- CBB, es la capacidad del banco de baterías
- CB, es la capacidad de cada batería
- DOD, es la profundidad de descarga
- Consumo, es la potencia a consumir, en W
- Voltaje, es el voltaje del sistema de baterías, 48V

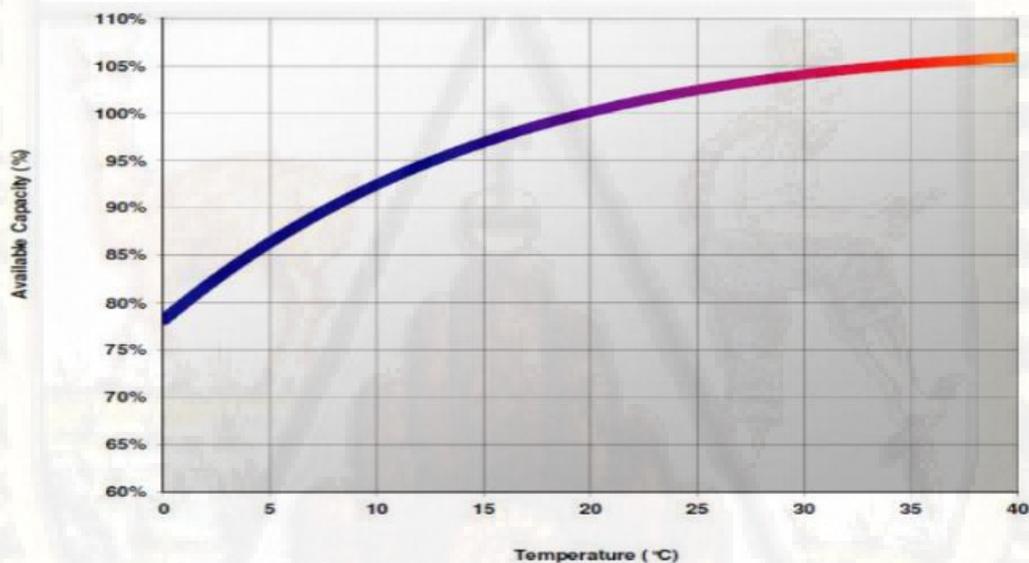


Figura 2.25 – Capacidad de la batería según la temperatura

Fuente: <http://ukbatterysales.co.uk/brand/fiamm/fiamm-xl-12v-range/>

Las baterías para telecomunicaciones cumplen con los estándares internacionales siguientes:

- DIN 43539T5 Deep discharge
- IEC 60896 Part 21 VRLA methods of testing
- IEC 60896 Part 22 VRLA requirements
- Eurobat "Long Life" 12 years and longer
- UL Recognized

2.2.7. Ancho de banda y cobertura

El enlace óptico, con terminación en un nodo óptico en el distrito de Quichuas, se define para una velocidad troncal de 1Gbps. Esta velocidad esta dimensionada para la cantidad de usuarios a atender. Por otra parte, se dispone de enlaces inalámbricos, en banda no licenciada, para la red de acceso. Los usuarios disponen de cobertura mediante antenas punto-multipunto sectoriales de 5.1 a 5.8GHz que habilitan enlaces a multiples usuarios en simultáneo. En la Figura 2.26 se observa una antena sectorial del fabricante Cambium Networks. Estas antenas disponen de ángulos de cobertura de 90° y 120° y permiten el reúso de frecuencias con capacidades de hasta 120 usuarios configurables según cantidad estimada de abonados. En la Tabla 2.14 se presentan las características técnicas de este tipo de antenas (Cambium Networks, 2019).

ePMP Sector Antenna

C050900D021A

Cambium Networks has designed an antenna solution that enables network operators to increase the spectral efficiency and scale of their ePMP point-to-multipoint (PMP) distribution access networks. Wireless Service Providers deploying networks in 5 GHz spectrum will find this sector antenna for 90° and 120° applications especially well-suited for high-density networks requiring frequency re-use and wide-band spectrum coverage.



Cambium Networks



Figura 2.26 – Antenas sectoriales para la red de acceso

Fuente: <https://www.cambiumnetworks.com/>

Tabla 2.14 – Especificaciones técnicas de dos antenas sectoriales

SPECIFICATIONS	C050900D003A 90 DEGREE SECTOR	C050900D002A 120 DEGREE SECTOR
FREQUENCY RANGE	5150 – 5875 MHz	
ANTENNA TYPE	ACCESS POINT SECTOR	
GAIN	15 dBi	14 dBi
VSWR	1.6:1 MAX	1.7:1 MAX
PORT TO PORT ISOLATION	25 dB	
6DB BEAMWIDTH-AZIMUTH	90°	120°
3DB BEAMWIDTH-AZIMUTH	65°	90°
3DB BEAMWIDTH-ELEVATION	8°	12°
POLARIZATION	Dual Linear, Horizontal / Vertical	
MAXIMUM INPUT POWER	5 W	
INPUT IMPEDANCE	50 Ohms	
FRONT-TO-BACK RATIO	>32 dB	
CROSS POLARIZATION	>18 dB	
MECHANICAL SIZE (MM)	827h x 161w x 59d (excl AP & bracket) 827h x 161w x 231d (incl AP & bracket)	
ANTENNA WEIGHT	3.1 kg (6.8 lb), w/o bracket kit	
MOUNTED ANT WEIGHT (W/ AP)	5.5 kg (12.1 lb)	
ANTENNA CONNECTOR	2 x male RP-SMA	
WIND SURVIVAL	190 km/h (118 mph)	
WIND LOADING (@216 KM/H)	FRONT: 318 N (72 LBF) SIDE: 160 N (36 LBF)	
POLE MOUNTING HARDWARE	QUICK RELEASE, 1.5" TO 4.5" DIA. POLE	
MECHANICAL DOWNTILT	-3° TO 12°	

Fuente: <https://www.sicetelecom.it/wp-content/MU/datasheet/CAMBIUM-ANTENNAS-CAMBIUM-NETWORKS-old-AH00CBWA5120-SICE-Distributore-Italiano.pdf>

En las Figura 2.27 se muestran los patrones de radiación de dos antenas ePMP del fabricante Cambium, una de 90° y la otra de 120°.

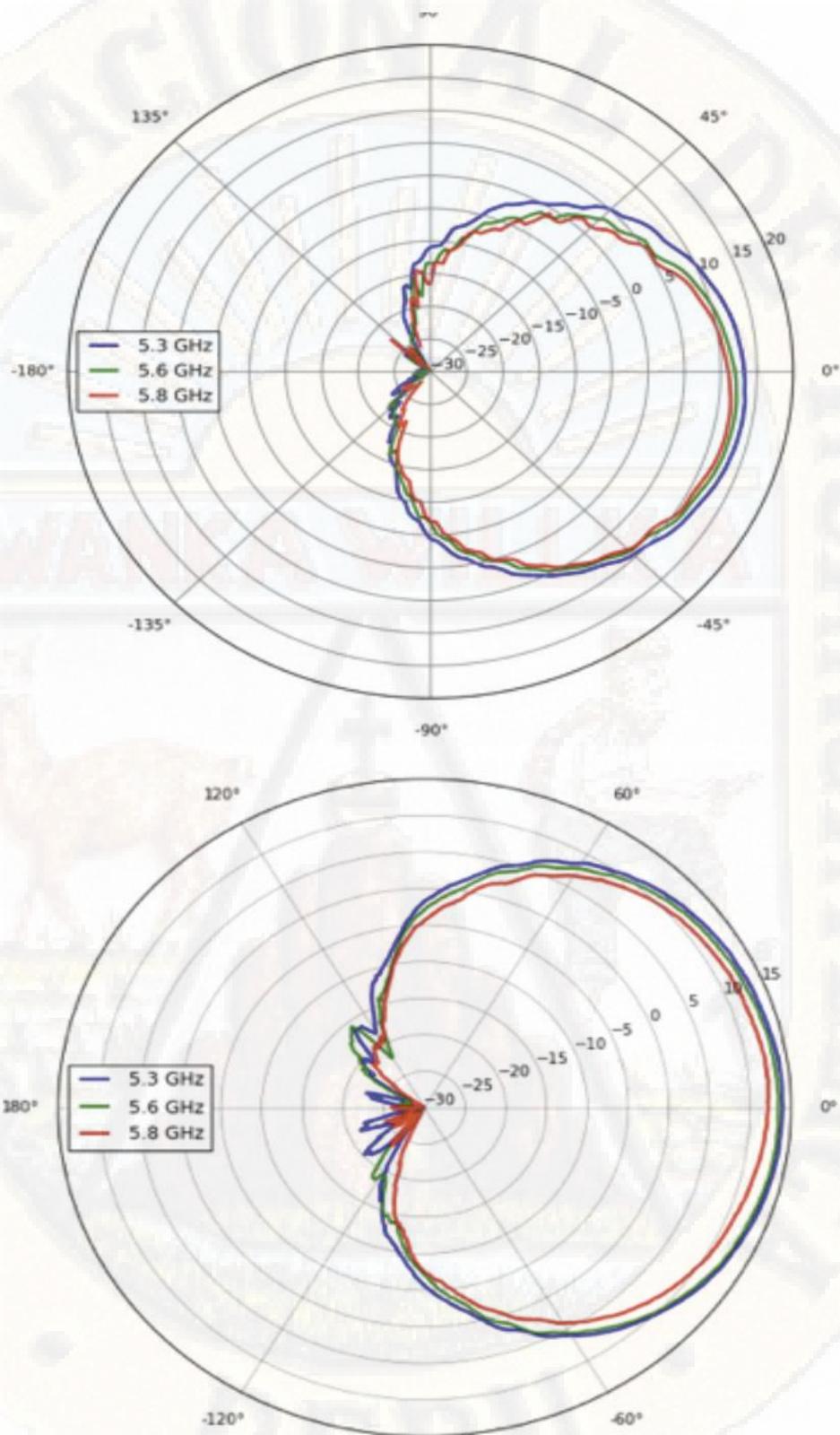


Figura 2.27 – Patrones de radiación de dos antenas sectoriales; superior, de 90°; inferior, de 120°

Fuente: <https://www.smartwifeworks.com/ePMP-Sector-Antena.asp>

2.2.8. Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO)

Tiene por finalidad integrar a todas las capitales de las provincias del país mediante una red de transporte de alta capacidad de transmisión usando fibra óptica del tipo ADSS, de 13500km de longitud, desplegadas a lo largo y ancho del territorio peruano. Lleva conectividad de banda ancha a 22 capitales de región y 180 capitales de provincia y, para su instalación, emplea como soporte la infraestructura existente de las redes eléctricas de alta y media tensión de las empresas eléctricas y así como la instalación de postes sobre el derecho de vía de las carreteras nacionales. Consta, también, de nodos de datos de alta capacidad en cada capital provincial y de nodos de conexión. A partir de esta red, se despliegan redes regionales que proporcionan servicios finales de banda ancha hacia cada región. Se caracteriza por la calidad y cantidad de datos que podrá transmitir a altas velocidades. También, permitirá reducir los costos de acceso a Internet hasta un 80%. Las compañías de telefonía móvil e Internet tendrán menores costos de transporte de señales de telecomunicaciones. Esto permitirá que reduzcan sus tarifas de servicios finales al público, tales como Internet, telefonías fija y móvil, TV, etc (MTC Viceministerio de Comunicaciones, 2018). La red de transporte de la RDNFO consta de varios tipos de capas y nodos que se describen a continuación (ver las figuras 2.28 y 2.29) [PROINVERSION, 2018]:

Capas en la red de transporte

- Capa Core IP/MPLS
- Capa de Agregación Carrier Ethernet
- Capa de Acceso

Nodos en la red de transporte

- Nodo Core
- Nodos de Agregación
- Nodos de Distribución
- Nodos de Conexión

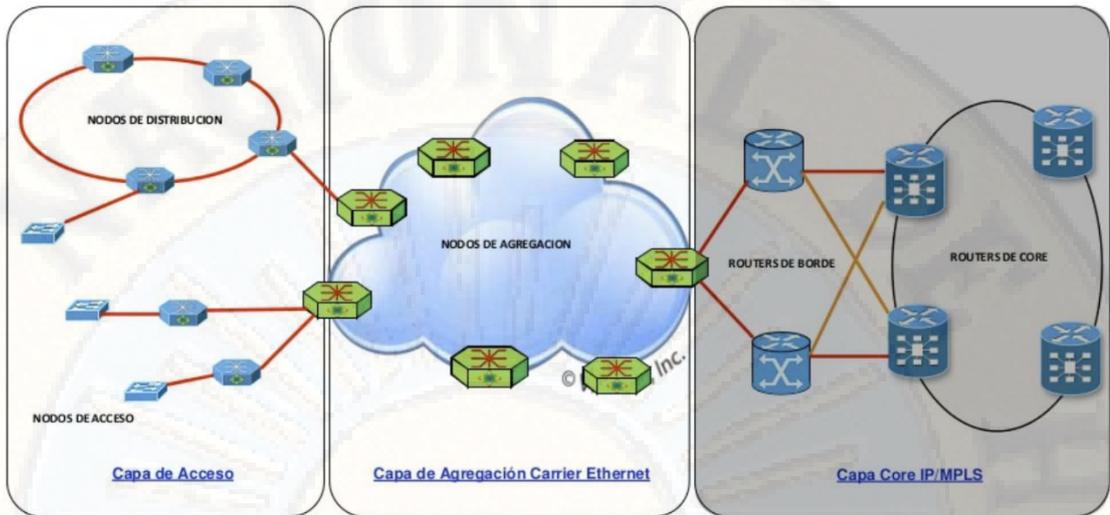


Figura 2.28 – Tipos de redes/nodos en la red de transporte de la RDNFO

Fuente: FITEL, MTC. www.mtc.gob.pe

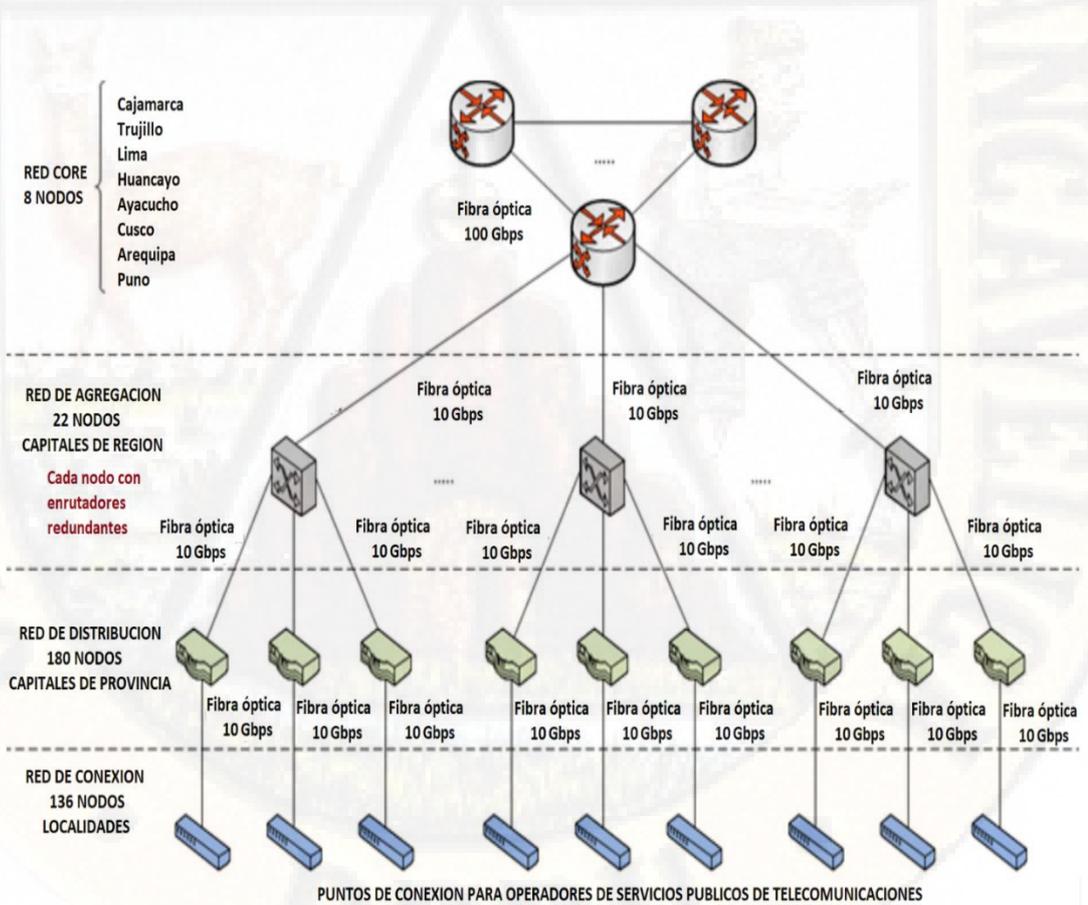


Figura 2.29 – Tipos de redes/nodos en la RDNFO

Fuente: MTC. www.mtc.gob.pe

Capa Core IP/MPLS

Es la capa núcleo del diseño jerárquico de la red. Posee conexiones redundantes. Se encarga de transportar grandes cantidades de datos entre las distintas redes a través de routers y switches de distribución de alta velocidad. Esta capa es fundamental para la interconexión entre los dispositivos de la capa de distribución; por ello, debe tener una alta disponibilidad, ser redundante y tolerante a fallas.

Capa de Agregación Carrier Ethernet

Esta es una capa intermedia que permite escalar en la cantidad de nodos de acceso que se conectan a la capa de distribución. Cada nodo de agregación puede acceder a dos nodos de distribución. También es posible topologías donde la conexión es a un solo nodo de distribución (IEEE, 2009)

Capa de Acceso

Es la capa donde se conectan los clientes a la Red de Transporte, permitiéndoles conexión a múltiples servicios de banda ancha por medio de una conexión cableada de fibra óptica. En esta capa se lleva a cabo la conmutación Ethernet (Ethernet switching), control de acceso y políticas. Aquí se encuentran switches y routers con conexiones eléctricas y ópticas. Para el despliegue de la capa de Acceso, los Nodos de Distribución se interconectan entre sí formando anillos ópticos redundantes mediante rutas físicas distintas. La topología de anillo permite que la Red de Transporte esté protegida y con redundancia ante los siguientes escenarios:

- En caso de corte de fibra ya sea por manipulación humana, construcción de obras, desastres naturales, etc.; el tráfico se mantendrá a través del anillo físico o lógico.
- En caso de falla de un nodo, el tráfico de los restantes nodos seguirá cursándose por el anillo formado, y sólo se perderá el tráfico de los accesos conectados al nodo que ha fallado.

El equipamiento activo de fibra óptica en estos nodos debe cumplir con la certificación *Carrier Ethernet 2.0 Equipment Certification* que es otorgada por el Metro Ethernet Forum (MEF). Las redes conformadas por los nodos de Distribución y Agregación constituirán una red metro (interconectada a la red IP core). Esta red de transporte y la de IP Core operarán mediante una solución basada en el protocolo Multi Protocol Label Switching, MPLS [PROINVERSION, 2018].

Nodos de Agregación

Los nodos de agregación se ubican en cada capital de región. Se conectan a los nodos de distribución, por un lado, y a la red core por otro lado. Los equipos agregadores tienen la función de agregar todo el tráfico proveniente de la capa de acceso (Nodos de Distribución y Nodos de Acceso), y enrutarlo hacia la capa del Core. Los equipos agregadores están colocados junto a los equipos de distribución de la RDNFO [MTC, 2018].

Nodos de Distribución

Los nodos de distribución se implementan en cada capital provincial. Todos los Nodos de Distribución tendrán conectividad a un Nodo de Agregación (ubicado en cada capital regional) a través de enlaces de 10 Gbps.

Nodos de Conexión

Los nodos de conexión serán puntos desde donde se brindará conectividad final a las localidades rurales, además habrá equipos cuya finalidad será la amplificación de la señal para tramos en los que los Nodos de Distribución están muy alejados.

Los nodos Core y de Agregación tienen redundancia de los siguientes tipos:

- Redundancia lógica
- Redundancia de equipos activos
- Redundancia física (hilos de reserva sobre el mismo cable)
- Redundancia a través de diversidad de rutas físicas

Los Nodos de Distribución y de Acceso sirven como puntos de partida para el despliegue de las redes de radio por parte del Operador de la Red de Acceso regional.

2.2.9. Redes Regionales

La RDNFO se expande y conecta a las redes regionales. Los proyectos regionales permiten masificar e incrementar el acceso y empleo de la banda ancha en los sectores prioritarios de educación, salud y seguridad. También, desarrollar las habilidades digitales en las localidades y población beneficiarias e incentivar el uso de las TIC en las personas para conseguir igualdad de oportunidades. Las redes regionales están compuestas por dos redes [PROINVERSION, 2018]:

- Red de Transporte
- Red de Acceso

La red de transporte consta de un backbone de fibra óptica (y nodos ópticos) y se conecta a la RDNFO a través de un nodo de agregación regional. A su vez, la red de transporte regional se conecta a las diversas redes de acceso mediante nodos de distribución (ver la Figura 2.30).

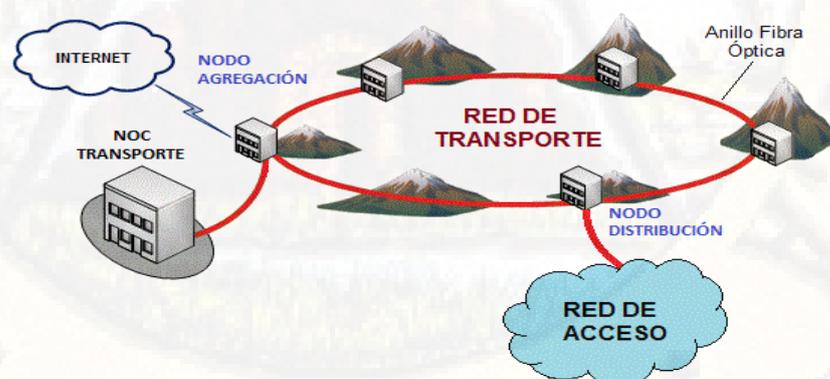


Figura 2.30 – Esquema de la red de transporte

Fuente:

<http://www.proinversion.gob.pe/MODULOS/LAN/landing.aspx?are=0&pfl=1&lan=13&tit=red-dorsal-de-fibra-%C3%B3ptica>

En la Tabla 2.15, se presentan los componentes de las Redes Regionales. Constan de una red de transporte conformada por un backbone de fibra óptica, diversos nodos ópticos, así como el NOC y Centro de Mantenimiento. La Red de Acceso consta de nodos radioeléctricos de diversos tipos y también un NOC.

Tabla 2.15 – Componentes de las Redes Regionales

Red de transporte	
- Backbone de fibra óptica	
- Nodos ópticos	Nodo Core
	Nodo de Agregación
	Nodo de distribución
	Nodo de Conexión
- Nodos ópticos NOC y Centro de Mantenimiento	NOC
	Centro de Mantenimiento
Red de Acceso	
- Nodos radioeléctricos	Nodos distritales
	Nodos intermedios
	Nodos Terminales
- Nodo óptico NOC	NOC

Fuente: FITEL - MTC

En la Figura 2.31, se observa que la RDNFO se conecta a los nodos de agregación de las redes regionales. Estos, a su vez, se conectan a los nodos de distribución y luego a los nodos distritales. Los nodos de agregación, distribución y conexión forman parte de la red de transporte regional. Las redes de acceso están conformadas por varios tipos de nodos. En la mencionada Figura 2.31 se muestran los nodos distritales.

En las secciones siguientes se describen las redes y proyectos de telecomunicaciones ejecutadas, o en actual ejecución, en la región de

Huancavelica y que están directamente relacionadas al proyecto propuesto en este informe.

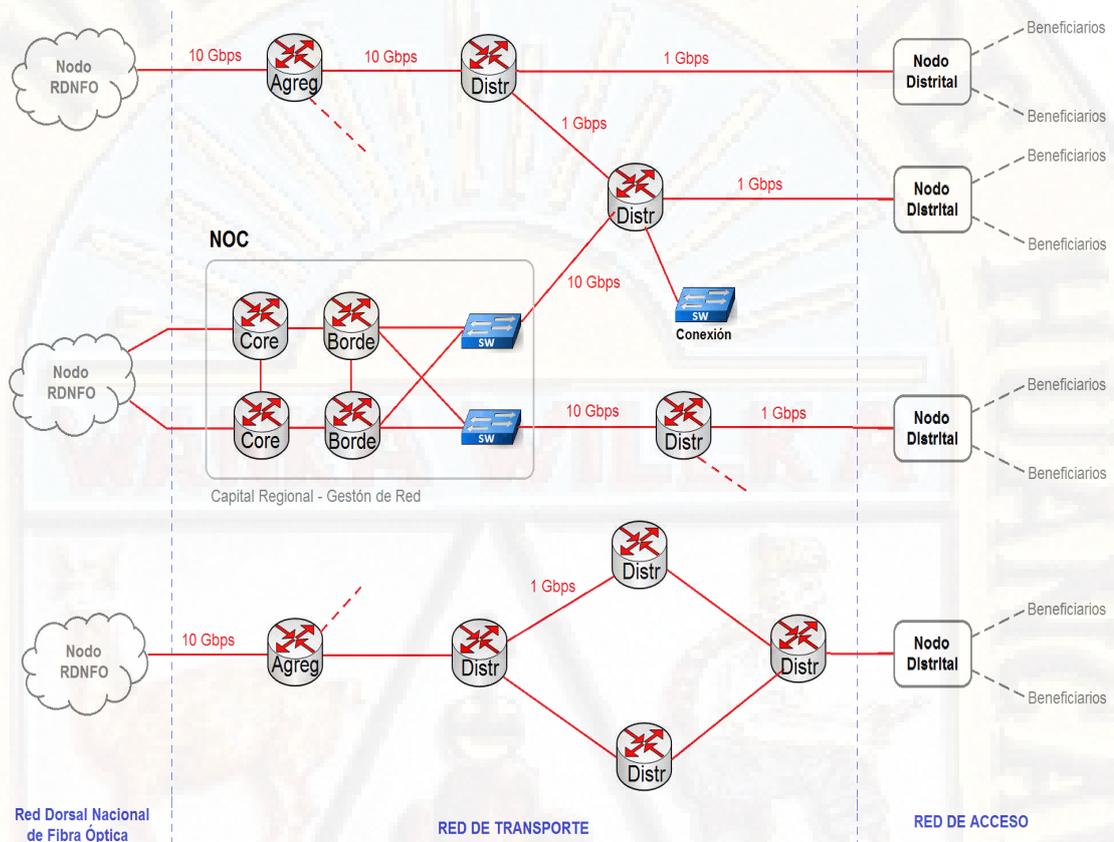


Figura 2.31 – Diagrama ilustrativo de los distintos nodos de la red de transporte de los Proyectos Regionales y como se enlazan a la red de acceso

Fuente: FITEL - MTC

2.2.10. Proyecto Regional de Huancavelica

Está a cargo de Gilat Networks Perú mediante la ejecución del proyecto “INSTALACIÓN DE BANDA ANCHA PARA LA CONECTIVIDAD INTEGRAL Y DESARROLLO SOCIAL DE LA REGIÓN HUANCVELICA”. La implementación del proyecto comprende el despliegue de servicios públicos de telecomunicaciones a través de una red de enlace a 354 LOCALIDADES

BENEFICIARIAS de la región Huancavelica para integrar a los beneficiarios a la red terrestre de telecomunicaciones nacional, dotándolos de acceso a Internet e Intranet, a través de una infraestructura con tecnología de punta, servicio técnico y humano. Para poder brindar estos servicios, GILAT NETWORKS PERU respalda la instalación, el mantenimiento, la operación y provisión de servicios, sistemas de gestión y la atención a reclamos. En la Figura 2.32 se aprecian los nodos y fibra asociada de la red de transporte regional en la región Huancavelica [FITEL, 2018].

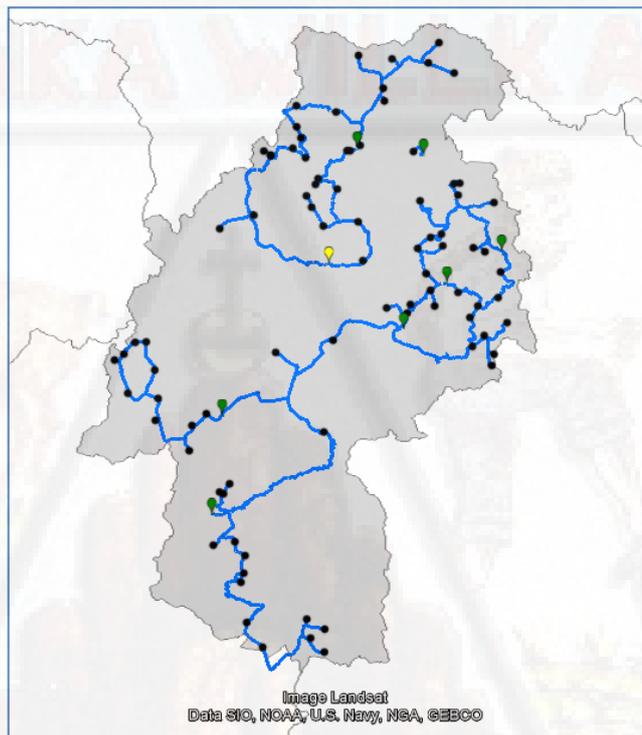


Figura 2.32 – Red de transporte de la región Huancavelica, se muestran los nodos y recorrido de la fibra óptica

Fuente: <https://www.fitel.gob.pe/pg/proyectos-ejecucion.php>

En la Tabla 2.16, se muestran los Nodos de Distribución de la RDNFO en la región Huancavelica. En la región Huancavelica se instalaron siete Nodos de Distribución (para la red Regional de Huancavelica estos nodos son de

Agregación que permiten la interconexión con la RDNFO) en cada capital de provincia. Es de interés, para el presente trabajo, el Nodo Pampas.

Tabla 2.16 – Nodos de Distribución de la RDNFO en la región Huancavelica (se ubican en las capitales de las provincias)

Provincia	Distrito	Capital	Longitud	Latitud	Altitud
Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	-74.975830	-12.786990	3679
Acobamba	Acobamba	Acobamba	-74.569320	-12.840610	3431
Angaraes	Lircay	Lircay	-74.720470	-12.984220	3271
Castrovirreyna	Castrovirreyna	Castrovirreyna	-75.317550	-13.282690	3958
Churcampa	Churcampa	Churcampa	-74.387080	-12.740350	3275
Huaytará	Huaytará	Huaytará	-75.352740	-13.605010	2712
Tayacaja	Pampas	Pampas	-74.867320	-12.395710	3521

Fuente: FITEL - MTC

Para la RDNFO, el nodo Pampas es un nodo de distribución que se conecta a un nodo de agregación de la red de transporte regional de Huancavelica. En la Figura 4.3 se observa que estos dos nodos tienen exactamente la misma ubicación física, están coubicados. En la misma Figura 2.33, se observa que el Nodo Pampas tiene conexión con el Nodo Mariscal Cáceres. Este nodo es el que se empleará como nodo de partida para llevar la fibra óptica al distrito de Quichuas. Esta elección está basada en la cercanía geográfica que permite reducir longitud de tendido y costos asociados. Por otra parte, en la Tabla 2.17, observamos que en el distrito de Quichuas no se consideró ninguna Institución Beneficiaria.

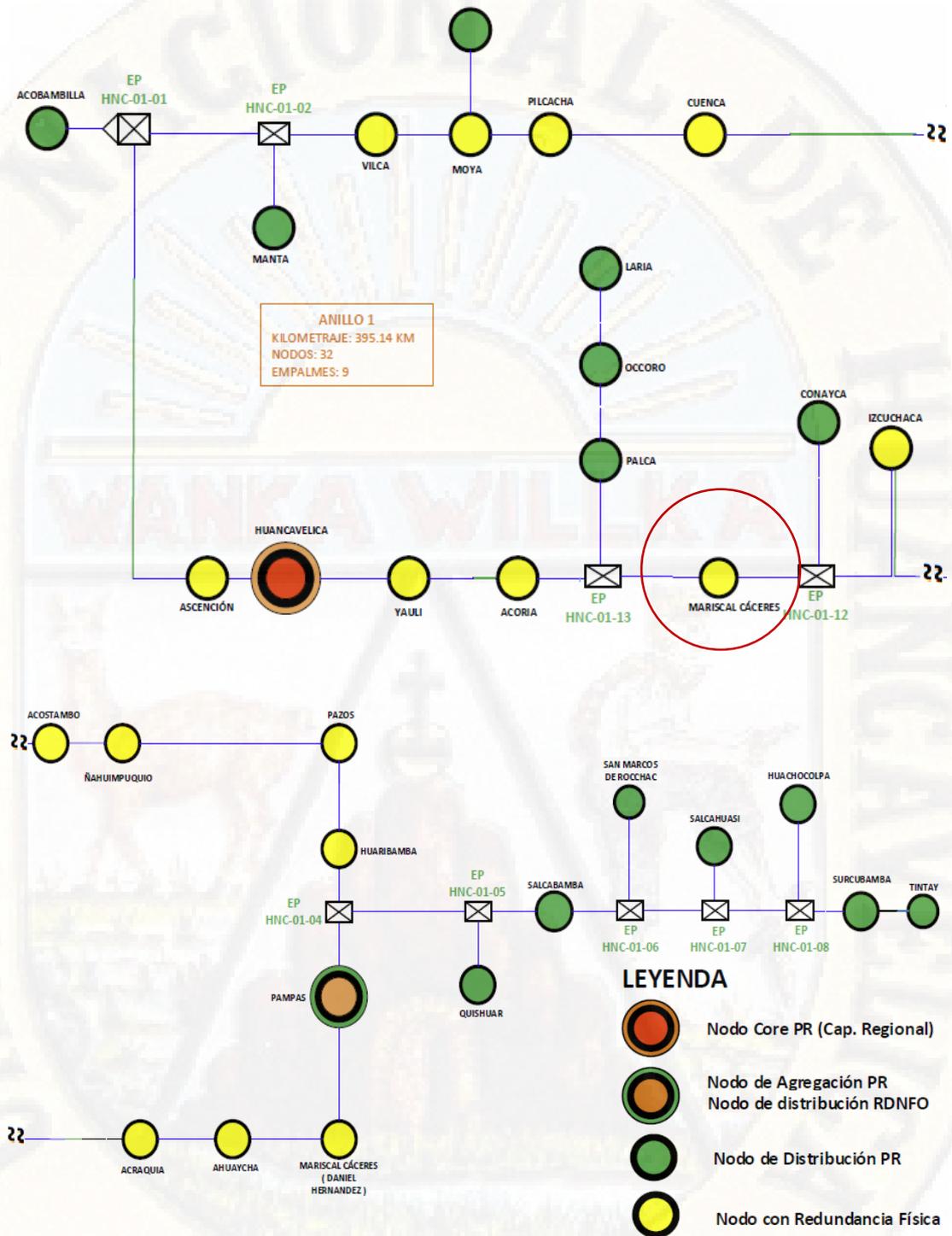


Figura 2.33 – Ubicación del nodo Mariscal Cáceres dentro de la Red Regional Huancavelica (en círculo rojo)

Fuente: FITEL – MTC

Tabla 2.17 – Localidades beneficiarias por distrito en la región Huancavelica

Provincia	Distrito	Localidades Beneficiarias
Acobamba	Acobamba	3
	Andabamba	5
	Anta	6
	Marcas	3
	Paucará	2
	Pomacocha	13
	Rosario	8
Angaraes	Anchonga	10
	Callanmarca	1
	Cochaccasa	2
	Chincho	1
	Congalla	5
	Huanca-Huanca	2
	Huayllay Grande	1
	Julcamarca	1
	Lircay	17
	San Antonio de Antaparco	3
	Santo Tomás de Pata	3
	Seclla	2
	Castrovirreyna	Arma
Aurahua		1
Capillas		1
Chupamarca		1
Cocas		1
Huachos		4
Huamatambo		1
Mollepampa		2
San Juan		1
Santa Ana		1
Tantara		1
Ticrapo		1
Churcampa		Anco
	Chinchihuasi	2
	El Carmen	3
	Locroja	3
	Pachamarca	4
	Paucarbamba	6
	San Miguel de Mayocc	1
	San Pedro de Coris	1
	Huancavelica	Acobambilla
Acoria		27
Cuenca		3
Huachocolpa		1
Huancavelica		8
Huando		5
Huayllahuara		1
Izcuchaca		2
Laria		1
Manta		4
Mariscal Cáceres		1
Moya		2
Nuevo Occoro		2
Palca, Pilchaca, Vilca y Yauli		4, 1, 2 y 28

Fuente: FITEL - MTC

Tabla 2.18 – Localidades beneficiarias por distrito en la región Huancavelica (cont.)

Provincia	Distrito	Localidades Beneficiarias
Huaytara	Ayavi	1
	Cordova	2
	Huayacundo Arma	1
	Laramarca	1
	Ocoyo	4
	Pilpichaca	1
	Querco	1
	Quito-Arma	1
	San Antonio de Cusicancha	1
	San Francisco de Sangayaico	1
	San Isidro	1
	Santiago de Chocorvos	4
	Santiago de Quirahuara	1
	Santo Domingo de Capillas	1
Tambo	1	
Tayacaja	Acostambo	1
	Acraquia	5
	Ahuaycha	3
	Colcabamba	6
	Daniel Hernández	5
	Huachocolpa	2
	Huaribamba	7
	Pampas	7
	Pazos	3
	Quichuas	0
	Quishuar	1
	Salcabamba	3
	Salcahuasi	5
	San Marcos de Rocchac	2
	Surcubamba	3
Tintay Puncu	2	

Fuente: FITEL - MTC

El Proyecto Regional Huancavelica utiliza la infraestructura de la Red de Transporte para la interconexión con el Centro de Operaciones de Red (NOC, por sus siglas en inglés Network Operation Center) que se encuentra ubicado en la capital de la región Huancavelica. En el NOC se ubican los equipos de gestión y monitoreo de la Red de Acceso, servidor de Intranet y Filtro de Contenidos. Asimismo, es el punto de conexión para el acceso a Internet. GILAT NETWORKS PERU implementará un NOC en la capital de la región Huancavelica en el cual se alojarán los equipos de comunicaciones que forman parte de los siguientes componentes y/o subsistemas [FITEL, 2018]:

- Subsistema de Administración y Gestión (NMS)
- Subsistema de Seguimiento y Reportes
- Servidor de INTRANET
- Equipamiento de red incluyendo el Filtro de Contenidos

Asimismo, también alojarán los equipos activos y pasivos del Proveedor Mayorista de Internet. A continuación, se muestra un diagrama topológico referencial del NOC (ver la Figura 2.34).

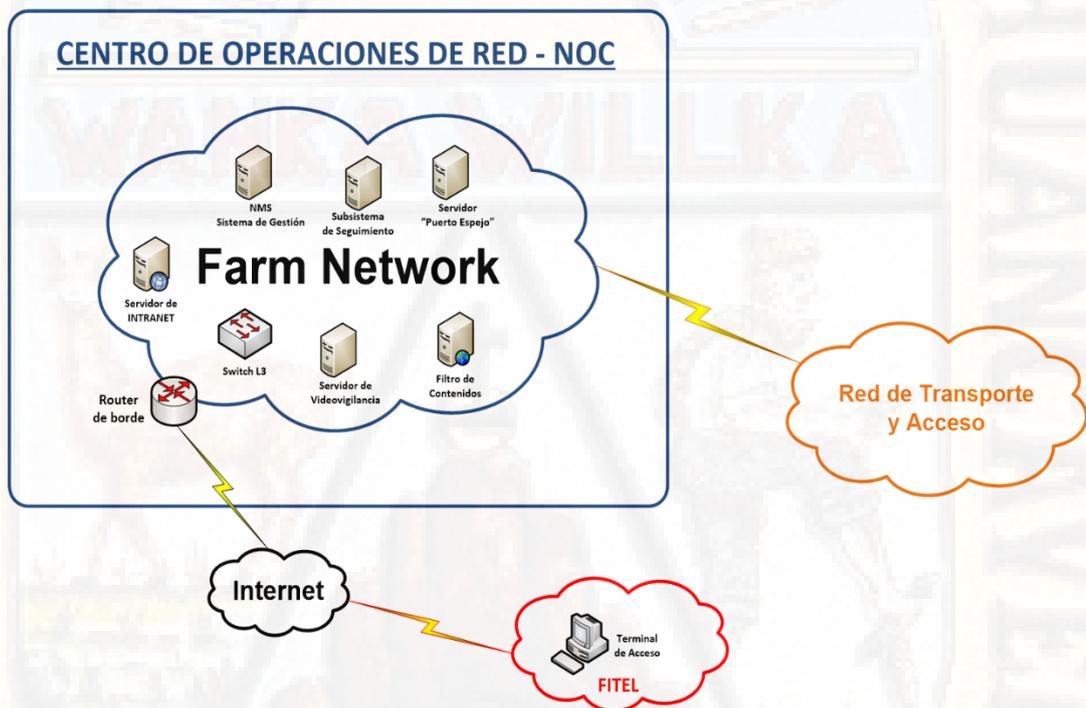


Figura 2.34 – Diagrama básico del NOC
Fuente: FITEL - MTC

GILAT NETWORKS PERU considera la implementación de dos Centros de Atención de Usuarios dentro de la Región Huancavelica, los cuales permitirán la presentación de reportes de avería, reclamos escritos o presenciales, recursos de reconsideración, recursos de apelación y quejas, así como la presentación de cualquier solicitud de los usuarios que se deriven de la aplicación de las normativas referidas a Condiciones de Uso de los Servicios

Públicos de Telecomunicaciones. Estos Centros de Atención de Usuarios serán los puntos de venta a través de los cuales se ofrecerá la contratación del servicio, el pago de los servicios a instituciones públicas o privadas con quienes **GILAT NETWORKS PERU** celebrará algún convenio. Se brindarán los siguientes servicios:

- Atención y absolución de consultas de usuarios.
- Garantizar que cualquier abonado o usuario que requiera presentar una solicitud, reporte de avería, reclamo, reconsideración, apelación y/o queja, recabe la constancia de presentación de estos documentos con la misma garantía, celeridad y facilidades a las que un CONTRATANTE tiene ese derecho en las provincias donde existen oficinas o centros de atención.
- La información y orientación que se brinde a los abonados y usuarios a través de estos centros de atención se proporcionara de acuerdo con el marco normativo de protección de los derechos de los usuarios.

GILAT NETWORKS PERU garantizará que la información y orientación que brinde a los abonados y usuarios a través de sus centros de atención se proporcione y efectúe de acuerdo con el marco normativo de protección de los derechos de los usuarios [FITEL, 2018].

Red de Acceso

La Red de Acceso en la Región Huancavelica incluye los siguientes tipos de nodos (ver la Figura 2.35).

- Nodos Distritales

Son nodos que tienen interconexión con la Red de Transporte. Estos nodos pueden tener un POP (por sus siglas en inglés, Point of Presence).

- **Nodos Intermedios**

Son nodos que tienen como función retransmitir la señal que parte desde un Nodo Distrital y la dirige hasta un Nodo Terminal. Este nodo puede tener un POP.

- **Nodos Terminales**

Son nodos que tienen la función de POP.

El POP es el lugar a donde llega la red de transmisión inalámbrica y desde donde se distribuyen las conexiones de última milla hacia el Equipo Local del Cliente (CPE por sus siglas en inglés, Customer Premises Equipment) para brindar los servicios en una LOCALIDAD BENEFICIARIA. Los POPs pueden estar implementados dentro de los Nodos Distritales, Intermedios y Terminales.

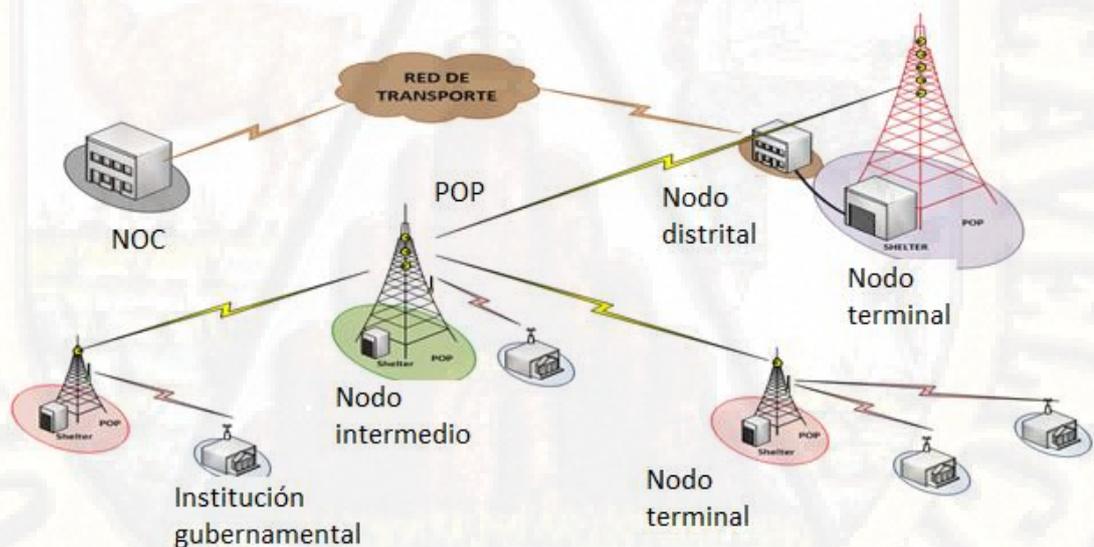


Figura 2.35 – Topología y tipos de nodos de la red de acceso

Fuente: FITEL - MTC

Ultima milla

La última milla de la Red de Acceso opera bajo la topología más adecuada al entorno del lugar y al equipo a utilizar. En cualquier caso, cuenta con

una Estación Base instalada en el POP desde la cual se distribuye la señal a cada CPE, como se muestra en la Figura 2.36. Los enlaces de la Estación Base, o nodo terminal, hacia los clientes se realiza mediante enlaces punto-multipunto (PMP, por sus siglas en inglés).

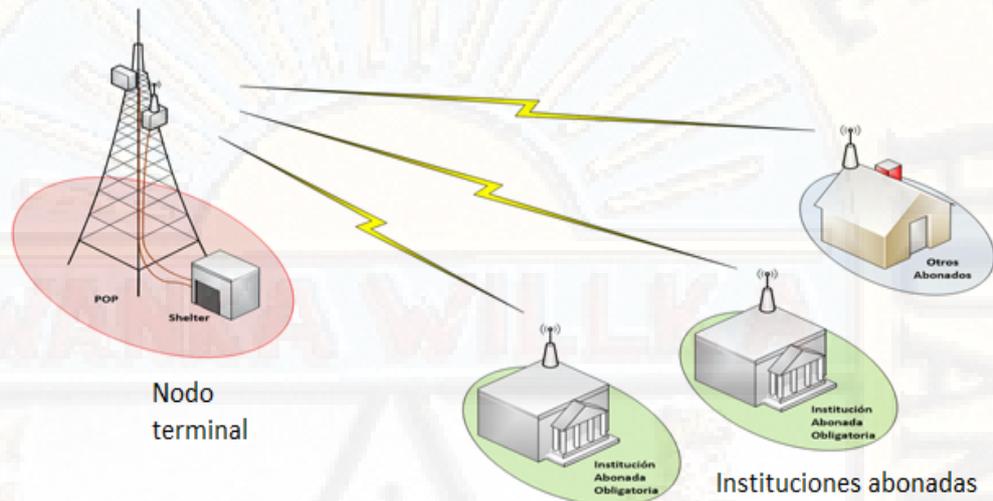


Figura 2.36 – Topología de la última milla en la red de acceso. La distribución de la señal a los usuarios es inalámbrica mediante antenas sectoriales

Fuente: FITEL – MTC

El sistema de telecomunicaciones propuesto en el presente proyecto está conformado por tres partes y que abarcan desde el nodo alimentador (nodo Mariscal Cáceres) hasta el usuario final en el distrito de Quichuas. Son las siguientes.

a) Red de transporte

En esta sección, se presenta el diseño detallado del enlace óptico entre el nodo Mariscal Cáceres de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica y el nodo a construir en el distrito de Quichuas. Incluye el tendido del cable de fibra óptica y descripción del nodo óptico al cual se enlazaré el nodo de Quichuas.

b) Red de acceso y última milla

En esta sección se detalla el diseño del nodo radioeléctrico que darán cobertura de telecomunicaciones al distrito de Quichuas. Tiene como finalidad brindar servicios de red a los usuarios finales. Para ello, se emplean sistemas de comunicaciones inalámbricos basados en radios IP.

a) Instituciones beneficiarias

Finalmente, en esta sección, se detalla la infraestructura y servicios a pobladores e instituciones públicas y privadas del distrito.

**2.2.11. Aspectos civil, eléctrico y de seguridad en la red de acceso
Infraestructura civil**

La infraestructura civil del nodo Quichuas consta de los siguientes elementos (ver Tabla 2.19 y la Figura 2.37) [PROINVERSION, 2018]:

- Cimentación de losa para gabinete
- Cimentación para el grupo electrógeno
- Estructura y techo de calamina para el grupo electrógeno
- Cimentación y torre auto soportada
- Cerco perimétrico
- Baño
- Pozos a tierra
- Puerta y marco de acero

Tabla 2.19 – Componentes de la infraestructura del nodo Quichuas

Shelter 1670mm x 1080mm x 2264mm (WxDxH)
Shelter desarmable doble techo con estructuras fabricadas en plancha acero galvanizado en caliente (columnas de 3mm y base de 4mm). Paredes y techo compuesto por paneles tipo sándwich de 50mm de espesor rellenas poliuretano de alta densidad 40kg/m ³ (poliuretano inyectado en línea continua). Carga: La base del shelter debe soportar 2000Kg x m ² para 4 baterías de 12 VDC Grado de protección: IP65
Puerta doble frontal posterior del mismo material de las paredes tipo sándwich de 50mm con marco de acero galvanizado en caliente de 0.8m de ancho x 2m de alto (medidas aproximadas) y puerta posterior de 0.8 de ancho por 1 m de alto, Incluye 4 y 2 bisagras de acero inoxidable, chapa de acero con cerradura de tres golpes y llave cifrada para abrir cualquier shelter.
Techo del mismo material de las paredes tipo sándwich de 50mm con marco de acero galvanizado en caliente. Asimismo, deberá sobresalir 50cm desde la parte frontal del Shelter y 20 cm a los costados
Reglas UR para 32 UR
Bandeja divisoria, 2 unidades
Barra de cobre de 19" para 10 conexiones, 2 unidades
Luminaria interna de 48VDC, 2 unidades
Luminaria externa de 220VAC, IP65, con lámparas y balastro marca Phillips y pantalla de policarbonato, 1 unidad
Interruptor de fin de carrera, 2 unidades
Bandeja porta Laptop, 1 unidad
Ventiladores/Extractores de 48VDC, 120x120mm
Termostato bimetálico, 1 unidad
Filtro, 2 unidades
Interruptor IP65 Hidrobox, 1 unidad
Pasamuro de aluminio con 4 prensaestopas selladas de 2" y 3 prensaestopas de 1".
Kit de accesorios para instalación de Fans
Kit de accesorios para luminarias
Kit de cables internos para las luminarias y Fans
Kit de pernos galvanizados, anclaje y remaches de aluminio
Kit de sellador elastomérico a base de poliuretano y sellante acrílico

Fuente: Elaboración propia

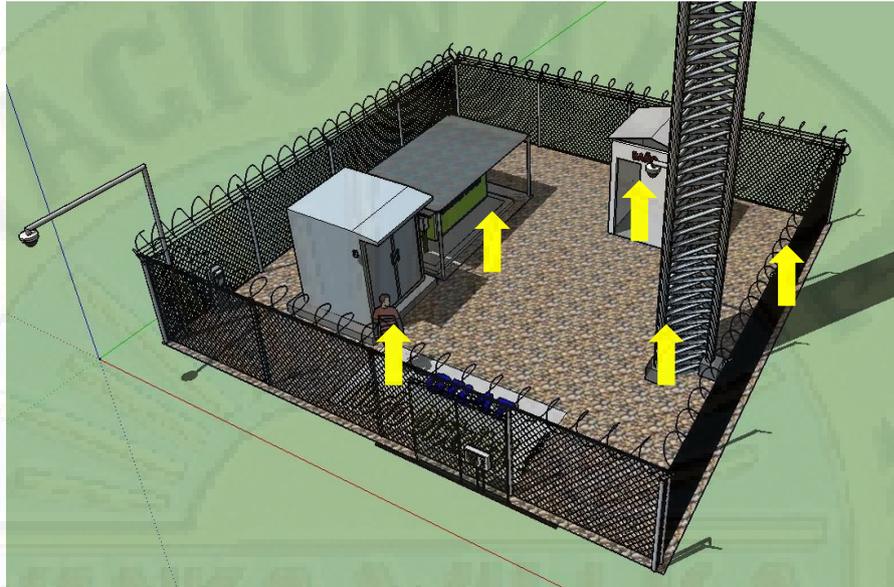


Figura 2.37 – Componentes de la infraestructura civil

Fuente: Elaboración propia

Sistema eléctrico

En la Figura 2.38, se muestra el sistema eléctrico del nodo Quichuas. Se considera un sistema de respaldo con grupo electrógeno y UPS. En la Tabla 2.20 se presentan los resultados del cálculo del consumo estimado de corriente eléctrica del nodo.

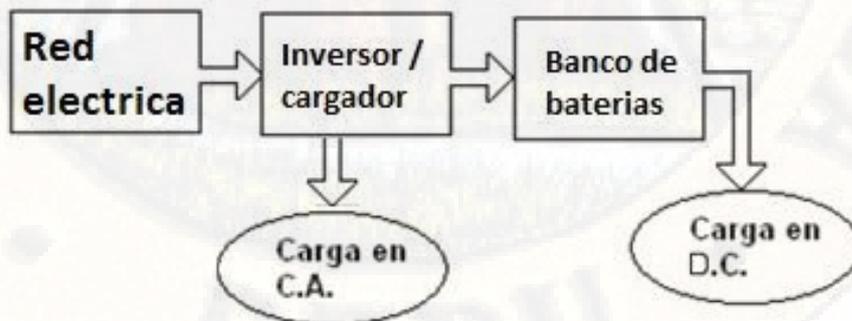


Figura 2.38 - Respaldo solo de baterías y conexión a la red comercial

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.20 – Consumo estimado del nodo

Equipamiento	Cant.	Consumo (A, AC)	Consumo (A, DC)	Volt. AC	Volt. DC	Pot. (W) AC	Pot. (W) DC	Pot. (W) DC	Pot. (W) AC
Equipo de radio, PMP	1		0.15		48		7.2	7.2	
Switch	1								10
Video vigilancia, alarma inteligente, detección de intrusión, movimiento y humo, puerta y control de acceso, luminarias y otras cargas	1	2		220		440			440
Extractores de aire	1		0.5		48		24	24	
TOTAL		2	0.65	220	48	440	61.44	31.2	450

En base a los consumos indicados en la Tabla 2.20, se determina que la capacidad requerida de las baterías es de 90Ah. Para ello, son necesarias cuatro baterías. El equipamiento adicional para instalar, como inversores/cargadores, controladores e interruptores termomagnéticos, se elegirán en base al diseño de consumos finales reales.

Sistema de seguridad

La seguridad del nodo de Quichuas consta de la seguridad externa y de la interna.

Seguridad exterior

Respecto a la seguridad física exterior del nodo, se dispone de un cerco perimétrico con altura de 2.4m y sobre éste una concertina de 0.4m de diámetro.

Seguridad interior

Para la seguridad interior, se dispone de un sistema de alarma inteligente, el cual cuenta con 16 puertos para detectores, controles remotos y sirena tipo Flash; este sistema comprende los siguientes módulos:

- **Video vigilancia**
Consta de cámaras con resolución de 1920x1080, Full HD y mayor a 2 Megapíxeles. El vídeo se comprime a formato MPEG-4. Las cámaras tienen cobertura horizontal de 360° continuos e inclinación (tilt) de hasta 220°. Además, cuentan con infrarrojo y clasificación IP66 para protección ante climas adversos.
- **Detección de Intrusión Física**
Consta de un sensor de contacto en la puerta de entrada que envía una alerta al módulo de alarmas en caso ocurra algún evento en la puerta. Esta alarma será enviada al NOC por el sistema de alarma inteligente.
- **Detectores de movimiento**
Disponibles en la sala de equipos y demás ambientes. Al detectar movimiento se activa la sirena con flash y se envía una alarma de intrusión al NOC. Este detector se instala con un adaptador para alimentación de 220 VAC 60Hz. Las características de estos detectores son las siguientes:
 - 360° de cobertura para montaje de techo
 - LED indicador de activado
 - Tapa giratoria para montaje al techo
 - Perillas de sensibilidad, control de tiempo y control de detección diurna o nocturna.
 - Distancia de detección mayor a 10m
 - Control de luz

- Nivel de altura 2.2 a 4m
 - Carcasa de alto impacto
 - Anti-enmascaramiento, capacidad de detectar el enmascaramiento de la lente, así como bolsas o trapos que se puedan colgar de la visera del detector para taparlo.
 - Anti-sabotaje de proximidad, capacidad de emitir una alerta antes de que el detector sea sabotado o enmascarado.
- Detector de humo y extintores de incendios
Se ubican en la sala de equipos (con sirena con flash y el envío de alarma al NOC). También se ubican extintores en la caseta del motor generador (especializado para controlar incendios eléctricos, tal como los de CO2).
 - Control de acceso al edificio
La puerta de acceso al nodo es metálica con cerradura electromagnética y eléctrica. Para acceder al nodo se implementa un sistema de control de acceso basado en un lector de tarjetas RFID. Dicho sistema se gestiona desde el NOC para garantizar el acceso del personal autorizado, así como llevar un registro de actividades.

2.2.12. Calidad del servicio

La calidad del servicio se monitorea mediante el subsistema de Seguimiento y Reportes que está conformado por [FITEL, 2018]:

1. Servidor de Seguimiento y Reportes que estará conectado al puerto espejo de la salida Internet de la RED de ACCESO para almacenar y procesar el tráfico IP generado por dicha red. Este servidor se conectará al NMS Web que a su vez se conecta a las plataformas core y NMS, mediante protocolos estándares como FTP o NFS. La información de la red se obtiene de protocolos SNMP, SYSLOG y

del registro de alarmas de los componentes de la Red. Este servidor es para los propósitos indicados en el Numeral 6.6.1.2 del Anexo 8-B de las Bases y el FITEL tendrá acceso al mismo a través de Internet mediante una VPN.

2. Terminal de acceso, que tendrá las siguientes características: Procesador Core i5, Memoria RAM DDR 16 GB, Disco Duro 1 TB, Monitor 21" LCD, Periféricos (mouse, teclado).

3. NMS Web

El NMS WEB es la plataforma para cumplir con los requerimientos del Subsistema de Seguimiento y Reportes. El NMS WEB es un sistema informático que se encarga de explotar la información generada por las plataformas operativas Core de Internet y NMS de los subsistemas, para producir los reportes requeridos en las ESPECIFICACIONES TECNICAS de las BASES. Los reportes se presentan mediante un portal Web.

El NMS WEB soporta una serie de reportes del tipo MRTG, dentro de los cuales se encuentran:

- Reporte de uso del acceso a Internet en KBytes: por minuto, por hora, por mes, entrante y saliente, por protocolos, por cada localidad beneficiaria, picos de volumen de tráfico por día, información gráfica y tabular.
- Ranking de las veinte páginas web más visitadas en Internet con sus correspondientes frecuencias de uso, por mes, por localidad beneficiaria.
- Reporte de uso del acceso a Intranet en KBytes: por minuto, por hora, por mes, entrante y saliente, por cada localidad beneficiaria, información gráfica y tabular.

- Reporte de interrupción del acceso a Internet por localidad beneficiaria, fecha y hora de inicio y fin de la interrupción, problema, exclusión, datos de horas fuera de servicio y horas término de la distancia.
- Reporte de interrupción del acceso a Intranet por localidad beneficiaria, fecha y hora de inicio y fin de la interrupción, problema, exclusión, datos de horas fuera de servicio y horas término de la distancia.
- Niveles de potencias, tipo de modulación, atenuación, tasa de transmisión de bits y BER para los equipos microondas.
- Reporte de disponibilidad: tiempo de caídas del servicio y sus causas.
- Reporte de calidad: latencia, jitter, pérdida de paquetes, consumos de anchos de banda (por minuto), porcentaje de congestión, simultaneidad, velocidad de subida y bajada en los terminales, entre otros.

La calidad del servicio en la red de transporte se define por la disponibilidad de los nodos de acceso y distribución (ver la Figura 2.39). En las figuras 2.40 a 2.42 se muestran los parámetros de calidad de una red de transporte, los parámetros de disponibilidad y la tasa de pérdidas de paquetes en la Red de Acceso y Velocidades y tarifas establecidas por OSIPTEL para los usuarios en las redes regionales

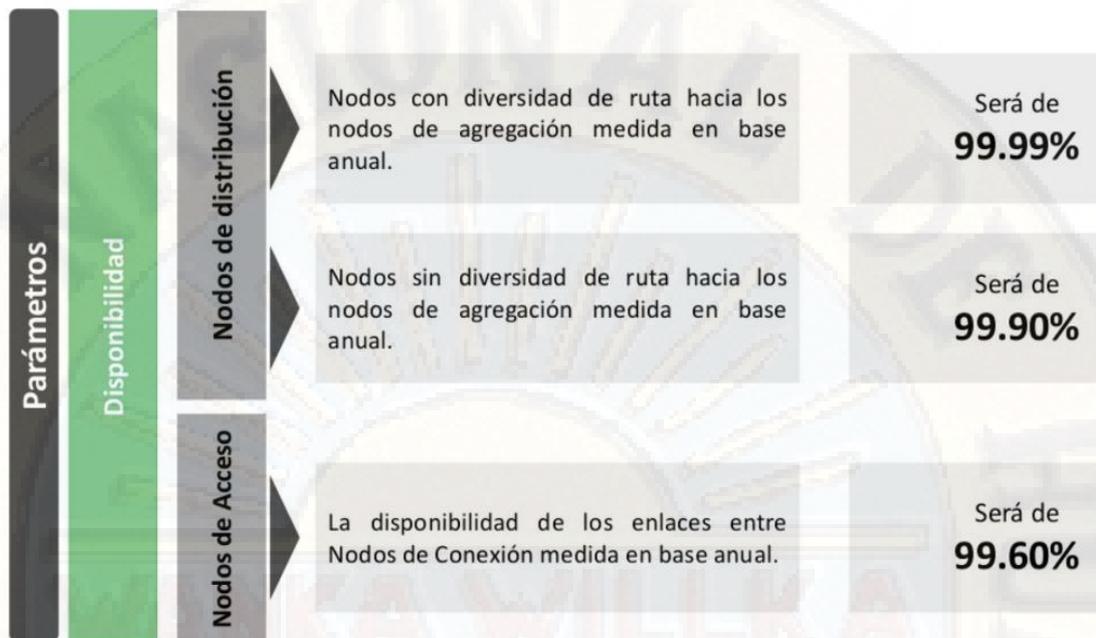


Figura 2.39 – Parámetro de disponibilidad en los nodos de distribución y acceso

Fuente: FITEL, MTC. www.mtc.gob.pe

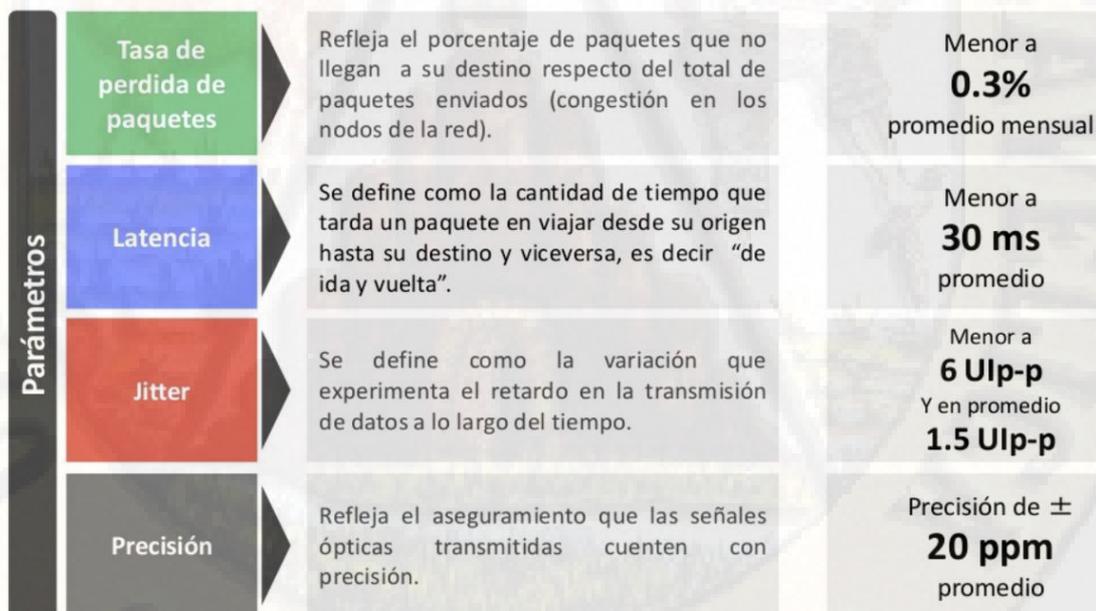


Figura 2.40 – Parámetros de calidad en la Red de Transporte

Fuente: FITEL, MTC. www.mtc.gob.pe

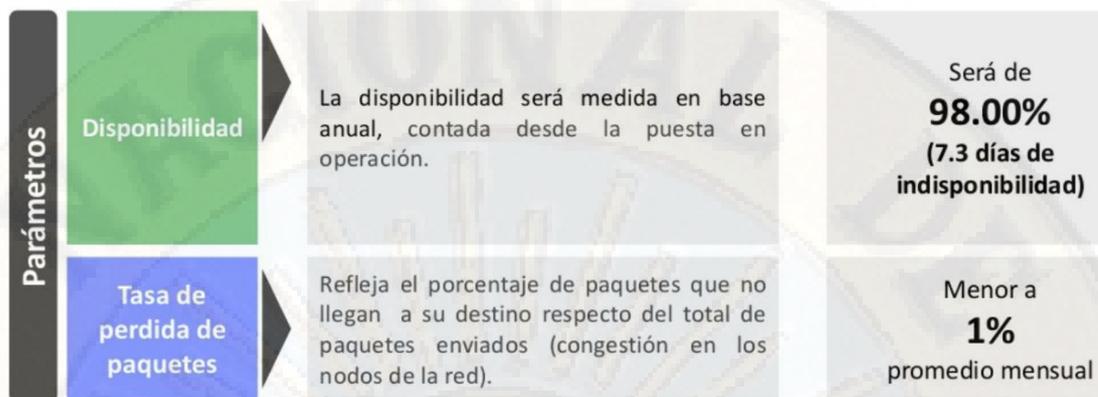


Figura 2.41 – Parámetros de disponibilidad y tasa de pérdidas de paquetes en la Red de Acceso

Fuente: FITEL, MTC. www.mtc.gob.pe

Velocidad de descarga	Velocidad mínima garantizada (%)	Pago mensual (incluido IGV)
2 Mbps	40%	S/ 97.59
4 Mbps	40%	S/. 142,06

Figura 2.42 – Velocidades y tarifas establecidas por OSIPTEL para los usuarios en las redes regionales

Fuente: FITEL, MTC. www.mtc.gob.pe

PRUEBA DE CALIDAD DE ENLACES IP

La prueba de calidad de los enlaces IP tiene como objetivo medir y probar el desempeño de la red IP/MPLS de acuerdo a los criterios de calidad de una red Carrier Ethernet. Estas pruebas están basadas en la recomendación ITU-T Y.1564.

Para las pruebas se usará un generador propio del equipo 7210 SAS-R6 (router) y la cual está basada en la recomendación ITU-T Y.1564. Con el fin de probar el desempeño y calidad de la red, se considera el siguiente escenario [EXFO, 2018]:

Throughput

Está basado en la recomendación EITF RFC 2544. Para la ejecución de la prueba se implementará para un servicio Ethernet VPLS de 1Gbps con protocolo de transporte IP/MPLS, con protocolo de enrutamiento IS-IS y con tamaños de trama de: 1518, 1024 y 9100KB. Para el alcance de esta prueba, el EIR de los servicios será 0 pues se desea probar toda la capacidad de cada servicio. La duración de cada prueba es de 30 minutos.

Latencia

Está basado en la recomendación EITF RFC 2544. Para la ejecución de la prueba se implementará un servicio Ethernet VPLS de 1Gbps con protocolo de transporte IP/MPLS, con protocolo de enrutamiento IS-IS y con tamaños de trama de: 1518, 1024 y 9100KB. El promedio de latencia de la Red debe ser menor de 30ms roundtrip.

Jitter

Está basado en la recomendación EITF RFC 2544. Esta prueba permite medir la variación en el tiempo de retardo en la llegada de cada paquete. Para la ejecución de la prueba se implementará un servicio Ethernet VPLS de 1Gbps con protocolo de transporte IP/MPLS, con protocolo de enrutamiento IS-IS y con tamaños de trama de: 1518, 1024 y 9100KB. El promedio de jitter de la Red debe ser menor a 10 mseg. El jitter máximo en la Red debe ser menor de 20 mseg.

Pérdida de paquetes

Está basado en la recomendación EITF RFC 2544. Para la ejecución de la prueba se implementará un servicio Ethernet VPLS de 1Gbps con protocolo de transporte IP/MPLS, con protocolo de enrutamiento IS-IS y con tamaños de trama de: 1518, 1024 y 9100KB.

Para la ejecución de las pruebas de Throughput, Latencia, Jitter y Pérdida de paquetes se considera la implementación de una prueba Y.1564, la cual

permite desarrollar todas las pruebas en mención. El promedio mensual de pérdida de paquetes a través de toda la Red debe ser menor de 0.3%.

Prueba de Redundancia de Servicio Ethernet

La finalidad de esta prueba es verificar la redundancia de rutas. En caso la ruta principal no esté disponible, el servicio tomará la ruta secundaria. Para la ejecución de esta prueba será necesario crear un servicio Ethernet con interfaces de 1 Gbps, de capa 2, punto a punto, con protocolo de transporte MPLS, protocolo de enrutamiento ISIS y utilizando protocolo de señalización de etiquetas RSVP; con la finalidad de establecer túneles con ingeniería de tráfico. Dichos túneles serán establecidos sobre dos caminos diferentes, una ruta principal y una ruta secundaria con analizadores de tráfico en ambos extremos. En un extremo el equipo analizador se comportará como maestro y en el otro estará el equipo analizador esclavo. El enlace óptico entre los dos nodos considerados se realiza en capa 2 mediante Carrier Ethernet. En esta tecnología se tienen diversas tasas de información, ver la Figura 2.43.

CIR

Tasa de información garantizada o contratada.

EIR

Tasa de información en exceso

Estos enlaces funcionan en base a determinados acuerdos de niveles de servicio (SLA, por sus siglas en inglés). La prueba de configuración de servicios y la prueba de rendimiento de servicios se realizan bajo el estándar Y.1564 (ver la Figura 2.44). En la Tabla 2.21 se presentan los diversos comandos de verificación de calidad de la red.



Figura 2.43 – Tasas de información en Carrier Ethernet

Fuente: EXFO, www.exfo.com

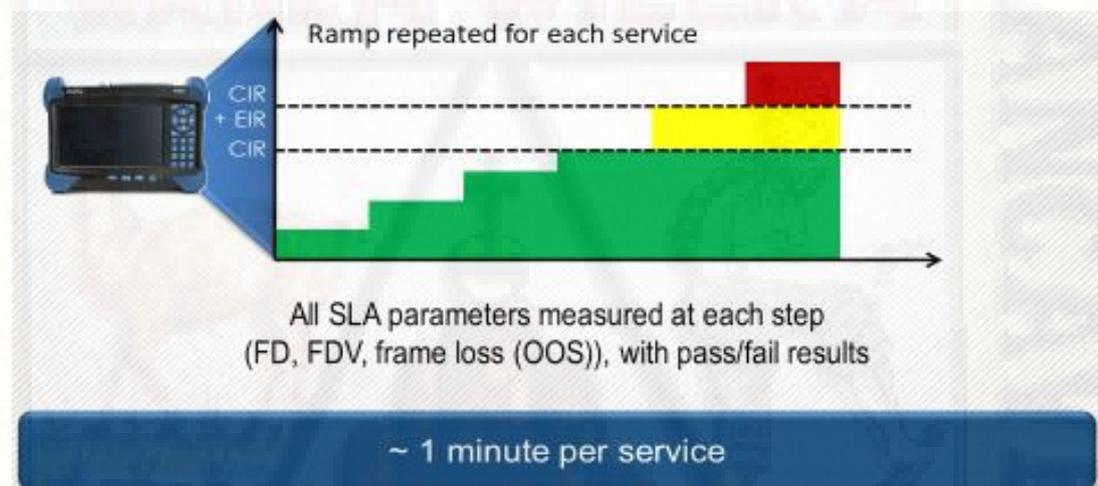


Figura 2.44 - Prueba de Rendimiento de Servicios con Y.1564

Fuente: EXFO, www.exfo.com

Tabla 2.21 – Verificación de diversos comandos y pruebas de calidad

	Cumple Si/NO
1.1. Pruebas básicas de la red	
Conectividad IP Existe conectividad IP entre los enrutadores	
Preparación para gestión Validar que tiene habilitado el protocolo snmp y que el parámetro “persist” tenga el valor “on”.	
MTU MTU satisfactorio es un valor por encima de los 1500.	
Sincronismo Se tiene habilitado el sincronismo por Ethernet (SyncE)	
1.2. Verificación de la Redundancia de Fuentes, Controladoras y Hot Swap	
Redundancia de fuentes de energía	
Redundancia de controladora	
Se verifica el correcto funcionamiento de la red después de la extracción/inyección en caliente de la tarjeta IMM	
	Cumple Si/NO
2.1. Datos del Sistema Muestra información del sistema: Versiones de Hardware /Software, Nombre del Equipo y otros.	
2.2. Estado general del Shelf o Chasis Muestra la información de chasis, fuente de poder y ventiladores.	
2.3. Estado general de las tarjetas Instaladas Muestra la información de las tarjetas físicas de servicio y control.	
2.4. Versión TiMOS Muestra la información del sistema operativo utilizado por el equipo.	
2.5. Verificación de Protocolos Se verifica el protocolo ISIS Se verifica el protocolo BGP Se verifica el protocolo MPLS	
3. PRUEBA DE CALIDAD DE ENLACES IP	
	Throughput (Mbps)
3.1 Throughput: Indicar el valor de throughput, debe de ser 10, 100, 1000 Mbps.	
	Cumple Si/NO
3.2 Latencia El promedio de latencia de la Red debe ser menor de treinta (30) ms roundtrip.	
	Cumple Si/NO
3.3 Jitter El promedio de jitter de la Red debe ser menor a 10 mseg. El jitter máximo en la Red debe ser menor de 20 mseg.	
	Cumple Si/NO
3.4 Pérdida de paquetes El promedio mensual de pérdida de paquetes debe ser menor de 0.3%.	
	Cumple Si/NO
3.5 Prueba de Redundancia de Servicio Ethernet Se cumple la redundancia de rutas. En caso de caída de ruta principal la ruta secundaria será activada.	

Fuente: FITEL - MTC

2.3 Bases conceptuales

Actualmente el desarrollo de la tecnología electrónica y de las telecomunicaciones se da a un ritmo vertiginoso. Las nuevas tecnologías están basadas en las redes ópticas en las cuales convergen todos los servicios de voz, vídeo y datos. Las aplicaciones no se limitan al sector de usuarios masivos o comerciales, también incluyen al sector industrial en los que los requerimientos y niveles de exigencias y confiabilidad son muy elevados. La tecnología óptica se soporta en un conglomerado de estándares que garantizan la compatibilidad de equipos y protocolos entre diversos fabricantes. El presente trabajo sigue esos lineamientos, recomendaciones y estándares de obligado cumplimiento y aplicación. En este sentido, existen normas aplicables a los diversos aspectos de la tecnología empleada para el presente trabajo: cables de fibra óptica, tendido de los cables ópticos, caracterización de los enlaces ópticos, pruebas de networking, etc.

Los dos grupos que trabajan y formulan estos estándares son: la IEC y la UIT. Así tenemos los siguientes estándares [VIAVI, 2011]:

SC86A: Fibras y cables

SC86B: Interconexión de fibra óptica de dispositivos y componentes pasivos

G.652: Características de cables y fibras ópticas monomodo

IEC60793-1-40, IEC60973-2-50: Métodos de prueba de fibras monomodo, atenuación

IEEE 1222: Macrocurvaturas

ITU-T I.12: Pérdidas máximas por empalmes de fusión

ITU-T G.671: Pérdidas máximas por empalmes mecánicos

También, se debe considerar el marco regulatorio del estado peruano en el sector de telecomunicaciones, entre ellas la nueva Ley de Telecomunicaciones a ser aprobada en 2019 y que reemplazará a la antigua ley de 1993 cuando se privatizaron las comunicaciones en el Perú. Esta nueva ley, junto con la Ley de Banda Ancha, tienen como objetivo promover el uso de las redes ópticas dorsal y regionales [MTC, 2018].

El presente proyecto, se enmarca pues, dentro de la política del estado peruano para masificar el acceso a las redes ópticas por parte de la población

en general a través de las redes regionales en actual despliegue por todo el Perú. Estas redes, sin embargo, no cubren la totalidad de los centros poblados. De ahí la necesidad de plantear soluciones alternativas que coadyuven a no postergar más el desarrollo de los pueblos más alejados al interior del país.

2.4 Definición de términos

Adaptador

Dispositivo mecánico que permite la unión de dos cables o equipos con conectores distintos entre sí.

ADSS

Cable de fibra óptica que no requiere cables mensajeros adicionales para sujetarse a los postes de la red de distribución eléctrica o postes instalados expresamente para los cables de fibra óptica.

Ancho de banda

Es la capacidad de transmisión de determinado enlace o equipo. Se da en bits por segundo.

Anillo óptico

Enlaces ópticos formando una topología física en anillo.

Conector

Dispositivo mecánico al cual se fija el extremo de una fibra óptica. Permite interconectar la fibra óptica con diversos equipos o instrumentos.

dB

Decibelios, unidad logarítmica de medida de ganancia.

dBm

Unidad logarítmica de medida de potencia.

Dispersión

Fenómeno por el cual los pulsos de luz empleados en fibra óptica sufren un aumento de su ancho o duración afectado a pulsos contiguos y, por ende, la calidad de la comunicación.

Empalme

Es la unión mecánica o por fusión de dos fibras ópticas.

Ethernet

Protocolos de capa 2 que permite la transmisión de datos por un medio compartido.

Ferretería

Es el conjunto de accesorios metálicos que permiten la sujeción segura del cable de fibra óptica para su tendido en los postes.

Fibra monomodo

Fibra óptica fabricada para la transmisión de una señal óptica de una determinada banda y un único modo de transmisión.

Férula

Elemento que protege y cubre el hilo de fibra óptica en un conector.

Jumper

Es un cable de fibra óptica de corta longitud. Un extremo dispone de un conector y el otro no. El extremo sin conector se empalma a una fibra óptica.

Nodo

Hace referencia a un lugar o equipos donde confluyen los enlaces ópticos. Consta de una serie de equipos como routers y switches.

Nodo radioeléctrico

Hace referencia a un lugar o equipos donde se distribuyen enlaces radioeléctricos hacia otros nodos o usuarios.

OC

Portadora óptica

OTDR

Instrumento empleado para determinar la longitud de fibra óptica tendida, atenuación del enlace, ubicación y atenuación de empalmes y conectores, etc. Se basa en el método de la reflectometría.

Power Meter

Instrumento de medición de potencia o atenuación en cables de fibra óptica. Se caracteriza por su precisión.

PON

Red óptica pasiva. Permite la conexión del abonado con la red mediante elementos pasivos y con mayor ancho de banda y menores costos.

Red de acceso

Parte de la red de comunicaciones que conecta a los abonados o usuarios finales con el nodo más próximo del proveedor de servicios.

Red Dorsal

Red troncal nacional de fibra óptica llevada a cabo por el FIDEL del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Router

Equipo de comunicación de datos que reenvía los paquetes hacia sus respectivos destinos tomando en cuenta los algoritmos de enrutamiento programados, los estados de los enlaces y otros.

SDH

Jerarquía digital síncrona. Es un conjunto de protocolos para la transmisión de datos empleando fibra óptica y multiplexado en el tiempo.

SFP+

Transceptor óptico/eléctrico hasta 10Gbps.

STMx

Módulo de transporte óptico. Son tramas transmitidas a determinadas velocidades en SDH. Por ejemplo, STM-1 tiene una velocidad de 155.52Mbps.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en la mejora de comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

2.5.2 Hipótesis específicas

- a) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en la calidad de servicio para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.
- b) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en el ancho de banda para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.
- c) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en el equipamiento de usuario para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

- d) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en el costo para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.
- e) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.
- f) El desarrollo y empleo de aplicativos informáticos ayuda al cálculo y diseño de los presupuestos de potencia óptica.
- g) El diseño de una red inalámbrica de acceso influye favorablemente en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

2.6 Variables

2.6.1 Variable independiente

- Diseño de una red de fibra óptica

2.6.2 Variable dependiente

- Mejorar la comunicación de datos

2.7 Operacionalización de variables

Las variables representativas, identificadas para este proyecto, son todas cuantitativas y medibles a través de una serie de indicadores tal como se indican y numeran en la Tabla 2.22.

a) Diseño de una red de fibra óptica (DRFO)

Es una variable compleja, multidimensional e independiente. Sus valores particulares se seleccionan según diseño, cálculos, buenas prácticas de ingeniería, criterios y estándares aplicables.

b) Mejorar la comunicación de datos (MCD)

Es una variable compleja, multidimensional y dependiente. Sus valores dependen de los resultados de la implementación de este trabajo y se cuantifica mediante una serie de indicadores adecuados.

Tabla 2.22 – Variables independiente y dependiente

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidades de medida
Variable independiente Diseño de una red de fibra óptica	Enlace óptico punto a punto con cable de fibra óptica, de alta velocidad y confiabilidad y red de acceso inalámbrica	y ₁ . Capacidad de la red troncal y ₂ . Acceso a contenidos modernos de calidad y ₃ . Costo del servicio y ₄ . Cobertura del servicio y ₅ . Facilidad de diseño y ₆ . Cobertura inalámbrica en la red de acceso	Ancho de banda Equipamiento de usuario Pago mensual Disponibilidad de troncal óptica Uso de aplicativos RSSI	bps --- S/ --- --- dBm
Variable dependiente Mejorar la comunicación de datos	Mejorar los servicios digitales de telecomunicaciones con parámetros medibles de calidad	x ₁ . Errores en los datos recibidos x ₂ . Demora en la recepción de datos x ₃ . Oscilaciones de la demora de recepción de datos x ₄ . Pérdida de paquetes x ₅ . Velocidades de transmisión y recepción de datos	BER Retardo Jitter Frame loss rate Throughput	--- ms ms --- bps

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Ámbito temporal y espacial

El ámbito de estudio comprende todo el distrito de Quichuas ubicado en la provincia de Tayacaja (Pampas), región de Huancavelica. También se incluye todo el recorrido de la fibra óptica, más de 26km, desde el nodo de telecomunicaciones más próximo, el nodo Mariscal Cáceres en Huancavelica, hasta el distrito de Quichuas.

El periodo de ejecución del presente trabajo es el siguiente:

Inicio	:	Mayo 2019
Culminación	:	Diciembre 2019

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación correspondiente al presente trabajo es aplicado. Se emplean los conocimientos adquiridos en la universidad, además de la experiencia para dar solución a una problemática local.

Hernández, Fernández y Baptista, (2010, p.xxvii) “tal clase de investigación cumple dos fundamentales: *a.* producir conocimientos y teorías (*investigación básica*) y *b.* resolver problemas (*investigación aplicada*). Gracias a estos dos tipos de investigación la humanidad ha evolucionado”.

3.3 Nivel de investigación

La investigación es del nivel explicativa, porque se busca determinar la influencia de la Red de Fibra Óptica en la mejora del servicio de internet en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas.

Hernández, Fernández y Baptista, (2010, p.83) “los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos;

es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o porque se relacionan dos o más variables.

3.4 Población, muestra y muestreo

La población consiste de todas las viviendas e instituciones públicas del distrito de Quichuas ubicada en la provincia de Tayacaja (Pampas) en la región de Huancavelica. Es una población que carece de servicios de telecomunicaciones con calidad y costos asequibles y no considerados dentro de los alcances de los proyectos oficiales del estado.

Las viviendas e instituciones públicas del distrito no son de similares características en cuanto a requerimientos, población y ubicación; por ello, se considera para efectos del diseño realizar un muestreo según se detalla a continuación (INEI, 2016).

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 * P(1 - P)}{E^2}$$

Ecuación 3.1

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza o coeficiente de confianza.

E = Error de la muestra o error permitido.

P= Proporción de unidades que poseen el atributo de interés en la población. Se conoce de antecedentes de estudios similares o de lo contrario de un estudio piloto. En caso no existiera estudios similares y no pudieran hacerse un estudio piloto se considera la máxima varianza cuando P=0.5 con un error absoluto de E=0.05 (ver la Tabla 3.1).

Tabla 3.1 – Muestra de los valores que toma Z y E

Los valores Z más utilizados y sus niveles de confianza							
Z	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%
Error (E)	25%	20%	15%	10%	5%	4,5%	1%

Reemplazando los valores en la ecuación 3.1, considerando un error del 20%, obtenemos el siguiente resultado:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5(1 - 0.5)}{(0.2)^2} = \frac{0.9604}{0.04} = 24$$

Por lo tanto, el número de muestras que necesitaremos para la prueba de hipótesis es de 24 datos.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnica de recolección de datos

Las técnicas que se utilizarán en este trabajo serán la observación y registro de datos en campo.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para utilizar son las siguientes:

- Mapas de relieve de la zona
- Camioneta
- Equipos para medición y registro de información
 - GPS
 - Cámara fotográfica
 - Computadora portátil
 - Binoculares
 - Cinta métrica y medidor de distancia inalámbrico
 - Cuaderno de apuntes

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1 Técnicas de procesamiento de datos

La información recopilada sobre la ubicación del terreno del distrito y el trazado del recorrido de la fibra óptica hacia la localidad beneficiaria se procesará mediante varios aplicativos: el desarrollado para el cálculo del presupuesto de potencia óptica, el software LINKPlanner y Google Maps. Con estos últimos se ubicarán también en el mapa la posición del nodo que distribuirá la señal hacia las viviendas e instituciones del distrito, además de puntos adicionales de instituciones que recibirán el servicio de datos.

3.6.2 Técnicas de análisis de datos

El análisis e interpretación de los datos procesados se realizará a través de una aplicación de hoja de cálculo como el Microsoft Excel (cuadros y gráficos estadísticos) que permitan el dimensionamiento y cálculo de los diversos elementos del enlace óptico como empalmes y ferretería requeridos.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

En las secciones siguientes se describen los resultados obtenidos en el presente trabajo según los siete objetivos específicos planteados.

4.1 Red de transporte

El gran ancho de banda de la fibra óptica ADSS (1Gbps) y con posibilidad de ampliación a 10 y 40Gbps y uso de multiplexado CWDM, garantizan una troncal con ancho de banda suficiente para la población. El dimensionamiento de la red de transporte está dado por los kilómetros de cable de fibra óptica tendidos, la capacidad mínima de transporte y la disponibilidad garantizada de cada nodo. En base a ello, se dimensionan la arquitectura de la red, equipos activos, cable óptico, sistema de energía e infraestructura correspondiente (torres y casetas). Para dimensionar una disponibilidad del 99.6% garantizada de los nodos, se considera la redundancia, la dificultad de acceso y la cercanía de los centros de atención ante cualquier eventualidad.

4.1.1 Tendido de la fibra óptica

Debido a la cercanía geográfica se realiza el tendido de fibra óptica al distrito de Quichuas tomando como alimentador al Nodo Mariscal Cáceres (La Mejorada) ubicado en el distrito de Mariscal Cáceres de la provincia de Huancavelica. Este distrito limita con la provincia de Tayacaja y se encuentra a 2847m de altitud en la falda norte del cerro Huamanrazo (ver las figuras 4.1 y 4.2). La red de transporte incluye el tendido de más de 26km de fibra óptica sobre redes de media tensión y en el derecho de la red vial (postes nuevos). Se emplea la infraestructura existente: torres de media tensión. Para el caso de la red vial se considera el empleo de postes plantados paralelos a la ruta. En la Figura 4.2 se aprecia el recorrido del tendido del cable ADSS. En la Figura 4.3 se muestra el recorrido del cable óptico entre los nodos a enlazar y, también, la ubicación de los postes que soportarán al cable. El total de

postes es 207. En la Figura 4.4 se muestran los postes extremos. El poste 1, ubicado en Quichuas y el poste 217, en Mariscal Cáceres. Los detalles del diseño se presentan en las secciones siguientes.



Figura 4.1 – Mapa de la región Huancavelica. Las provincias de Huancavelica y Tayacaja son limítrofes entre si

Fuente: <https://mapas.deperu.com/huancavelica/>



Figura 4.2 – Recorrido de la fibra óptica, entre el nodo Mariscal Castilla ubicado en La Mejorada y el nodo a ubicarse en el distrito de Quichuas

Fuente: Elaboración propia del autor con Google Maps

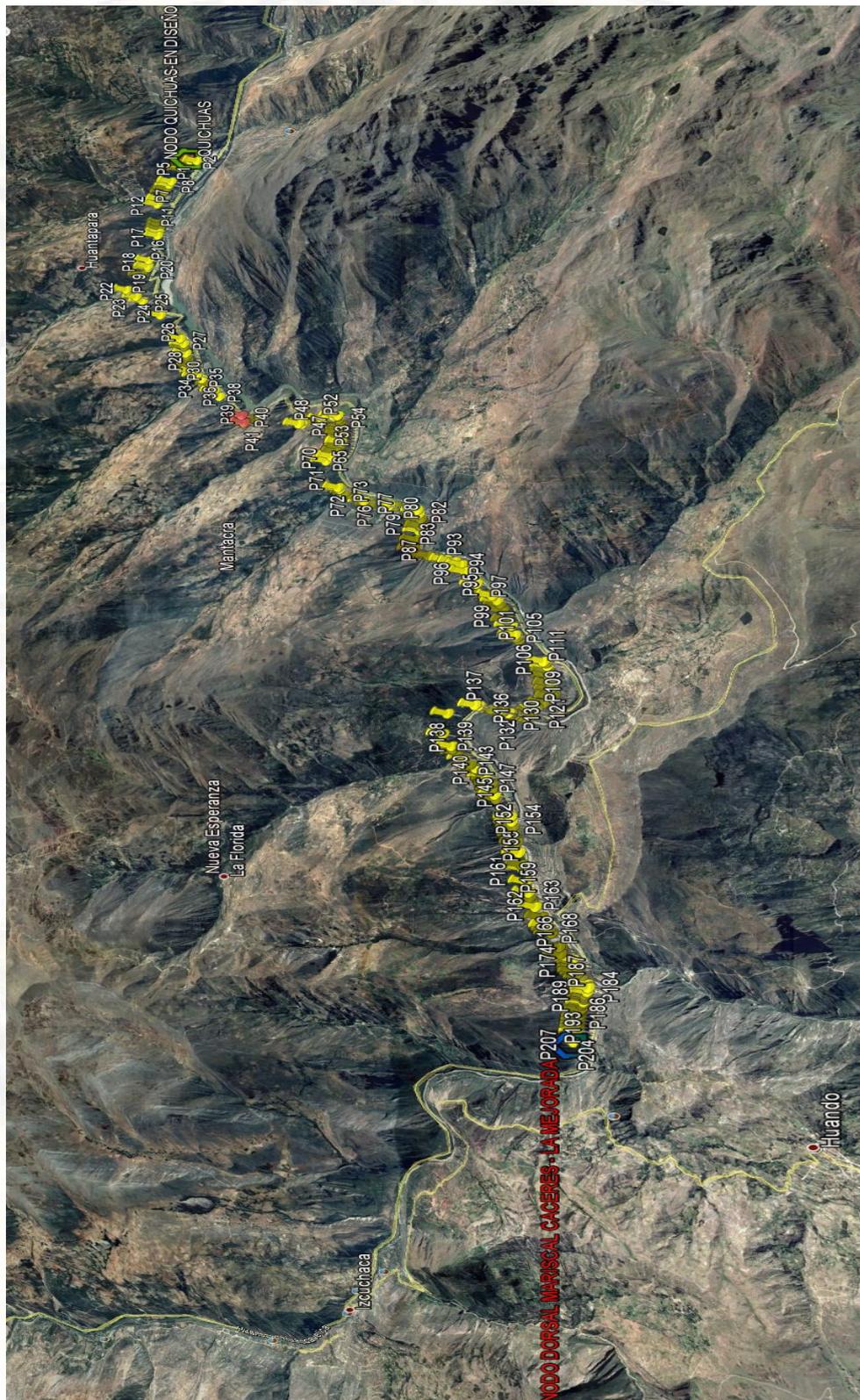


Figura 4.3 – Recorrido y ubicación de los postes para el tendido de la fibra óptica entre los nodos Mariscal Cáceres y Quichuas

Fuente: Google Maps y elaboración propia



Figura 4.4 –Vistas satelitales de los nodos: - Mariscal Cáceres (superior), ubicado en el distrito del mismo nombre en la provincia de Huancavelica. - Quichuas (inferior), ubicado en el distrito del mismo nombre en Tayacaja

Fuente: Elaboración propia del autor con Google Maps

Para dimensionar la cantidad de fibra óptica a emplear, se considera las distancias de las rutas por las que pasará y el tipo de soporte.

- Longitud total
- Longitud sobre redes de alta tensión
- Longitud sobre redes de media tensión
- Longitud sobre la red vial

Respecto a la compartición de infraestructura y facilidades técnicas, el Gobierno Regional debe apoyar todas las gestiones en las que se requiera su participación y contribución para brindar todas las facilidades, esto incluye el otorgar las aprobaciones y/o autorizaciones con respecto al uso del derecho de vía de acuerdo con las normas y procedimientos establecidos.

- **Diagrama unifilar del enlace óptico**

El enlace óptico entre los nodos Mariscal Cáceres y Quichuas requiere un tendido de cable de fibra óptica de 26477km, consta de siete tramos y seis cajas de empalmes (ver la Figura 4.5).

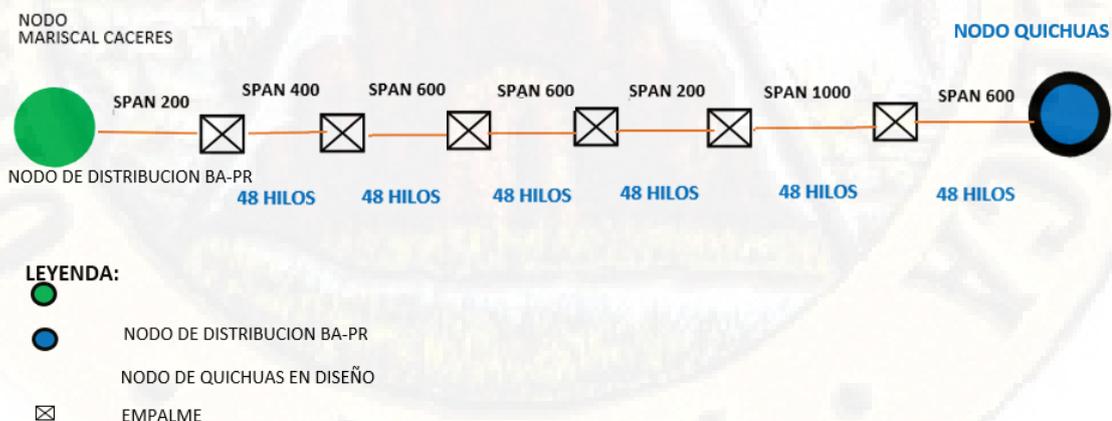


Figura 4.5 – Diagrama unifilar de la red de transporte mostrando los SPAN considerados en los siete tramos del enlace óptico

Fuente: Elaboración propia del autor

- **Ferretería**

Postes empleados

Los postes disponibles, a lo largo del recorrido considerado para la fibra óptica, son de media tensión y, también, postes nuevos exclusivos para el tendido de la fibra óptica en los tramos con ausencia de postes eléctricos. En la Figura 4.6 se muestran dos postes de media tensión empleados para el tendido y sujeción del cable de fibra óptica.



Figura 4.6 – Postes 37 y 38 empleados para el tendido de la fibra óptica.

Ambos son postes de madera, de media tensión

Fuente: Elaboración propia del autor

- **Procedimiento de diseño del tendido de fibra óptica**

- a) El primer paso es la recepción de información de campo y la descarga de información del GPS en el software Basecamp de Garmin (software de uso libre muy empleado para este tipo de aplicaciones) (GARMIN, 2019).

Con este primer paso, se inspeccionan y toman las coordenadas y datos de campo de cada torre o poste eléctrico considerado para el tendido del cable de fibra óptica (ver la Figura 4.7).

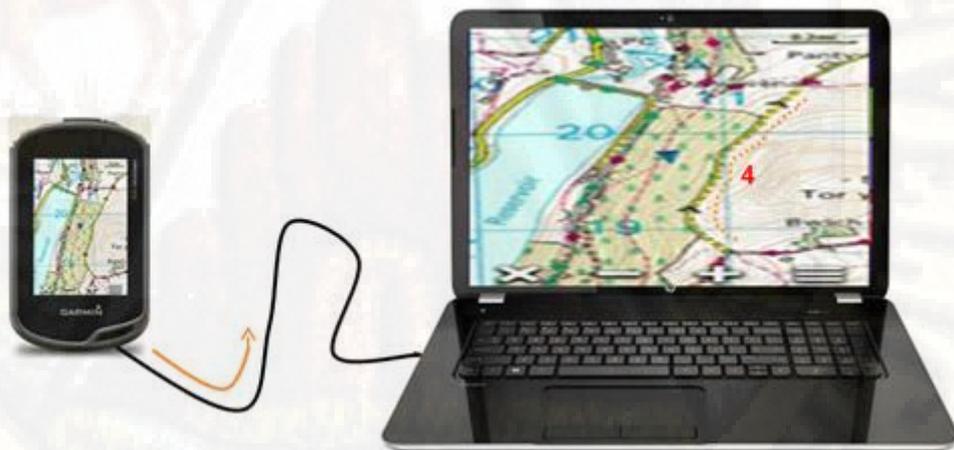


Figura 4.7 – Toma de datos de los postes en el recorrido de la fibra óptica y transferencia de las coordenadas de GPS a la PC

Fuente: Elaboración propia del autor

- b) Teniendo la información de cada poste, se revisa dicha información y se elabora la ruta correspondiente (ver la Figura 4.8).



Figura 4.8 – Elaboración de la ruta del tendido de cable de fibra óptica

Fuente: Elaboración propia del autor

- c) Elaboración de archivos kml (rutas de puntos con fotos) para su visualización en un navegador terrestre como Google Earth o el mismo Basecamp (Figura 4.9).

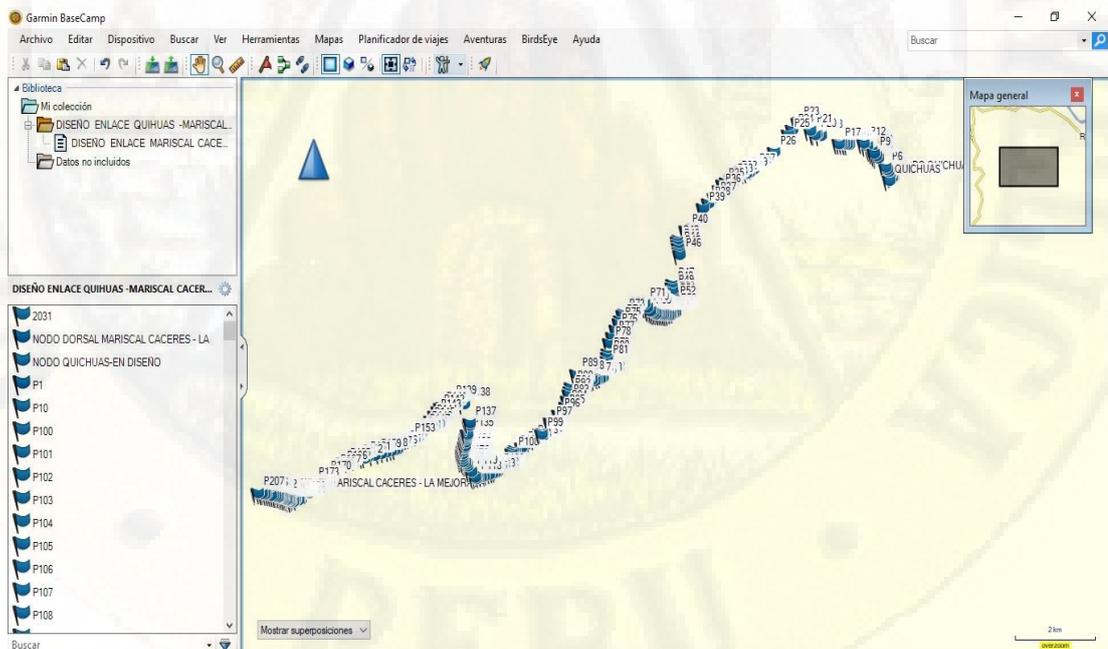


Figura 4.9 – Almacenamiento de los datos en Basecamp

Fuente: Elaboración propia del autor

d) El siguiente paso es la elaboración de plantillas por ruta o tramo

En esta etapa de diseño se consigue:

- Determinar el metrado y flecha de cada vano.
- Definir el tipo de cable en cada tramo.
- Análisis de materiales y herrajes en cada poste/torre, amortiguador y reserva.

La plantilla tiene tres bloques principales, que están divididos por campos específicos

- o Información y ubicación de la estructura
- o Apoyos que tiene la estructura
- o Observaciones y ferretería para instalar en la estructura

e) Elaboración de archivos kmz

f) Elaboración de planos

g) Comprobar la pérdida total del enlace

h) Elaboración de la Memoria Descriptiva y Expedientes por enlace o tramo

i) Elaboración de planos en Autocad por ruta

j) Agregación de la lista de materiales en el plano

k) Membretado y versión definitiva de los planos en Autocad

l) Revisión de los planos por cada diseñador

m) Actualización del esquema unifilar de las rutas trabajadas

n) Elaboración de expediente técnico (con planos, plantillas y expedientes por enlace)

Al diseñar, se debe tener cuidado de que la dirección de diseño sea uniforme. No se debe rutear en zigzag, cruzar puentes o rieles de trenes en forma aérea, cruzar óvalos, ni propiedades. El cruce en una calle o carretera tener en cuenta la distancia de pista a la flecha.

En las tablas 4.1 a 4.8 se muestran los resultados del dimensionamiento del cable ADSS y la ferretería requerida para su tendido y sujeción en los postes a lo largo del recorrido.

Tabla 4.1 – Postes 1 a 55: distancias entre postes, flechas, spans, longitud de bobina; material, tipo, estado, propiedad y nivel de tensión de cada poste

Postes	X	Y	DISTANCIA LINEAL	FLECHA	CABLE	SPAN	BOBINA	POSTE PROPIEDAD	STATUS	TIPO DE POSTE	MATERIAL	NIVEL DE TENSION
NODO QUICHUAS	12°28'17.60"	74°46'4.17"	0	0	40	600	001-600	NODO	NODO	NODO	NODO	NODO
P1	525200	8621290	64.35	64.99	64.99	600	001-600	POSTE NUEVO	BUENO	POSTE NUEVO	CONCRETO	POSTE NUEVO
P2	525155	8621336	23.77	24.01	24.01	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P3	525146	8621358	72.92	73.65	73.65	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P4	525097	8621412	64.44	65.09	65.09	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P5	525054	8621460	62.29	62.91	62.91	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P6	525012	8621506	296.72	300.43	300.43	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P7	524791	8621704	73.88	74.62	74.62	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P8	524734	8621751	84.50	85.35	85.35	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P9	524669	8621805	86.68	87.55	87.55	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P10	524602	8621860	169.92	171.62	171.62	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P11	524470	8621967	114.24	115.38	115.38	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P12	524371	8622024	430.73	439.34	439.34	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P13	523941	8621999	66.12	66.78	66.78	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P14	523875	8622003	85.15	86.00	86.00	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P15	523790	8622008	82.15	82.97	82.97	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P16	523708	8622013	68.00	68.68	68.68	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P17	523640	8622013	558.79	569.96	569.96	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P18	523111	8622193	135.07	136.42	136.42	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P19	522977	8622210	39.01	39.40	39.40	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P20	522938	8622209	169.46	171.16	171.16	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P21	522797	8622303	386.25	392.05	412.05	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P22	522463	8622497	43.42	43.85	43.85	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P23	522429	8622470	220.98	223.75	223.75	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P24	522264	8622323	155.13	156.68	156.68	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P25	522148	8622220	560.74	571.96	571.96	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P26	521732	8621844	717.75	739.29	739.29	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P27	521120	8621469	151.82	153.34	153.34	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P28	520988	8621394	81.79	82.60	82.60	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P29	520908	8621377	156.11	157.67	157.67	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P30	520755	8621346	73.25	73.98	73.98	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P31	520684	8621328	86.40	87.26	87.26	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P32	520601	8621304	148.93	150.42	150.42	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P33	520463	8621248	156.78	158.35	158.35	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P34	520319	8621186	114.24	115.38	115.38	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P35	520214	8621141	159.55	161.15	161.15	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P36	520110	8621020	226.81	229.64	229.64	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P37	519961	8620849	202.19	204.72	204.72	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P38	519792	8620738	187.78	189.66	189.66	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P39	519637	8620632	701.69	722.74	722.74	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P40	519128	8620149	295.11	298.80	298.80	1000	001-1000	POSTE NUEVO	BUENO	POSTE NUEVO	CONCRETO	POSTE NUEVO
P41	518911	8619949	55.17	55.72	55.72	1000	001-1000	POSTE NUEVO	BUENO	POSTE NUEVO	CONCRETO	POSTE NUEVO
P42	518871	8619911	71.06	71.77	71.77	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P43	518888	8619842	73.01	73.74	73.74	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P44	518905	8619771	89.74	90.64	90.64	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P45	518927	8619684	58.69	59.28	59.28	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P46	518941	8619627	664.45	684.38	704.38	1000	001-1000	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P47	518739	8618994	70.21	70.92	70.92	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P48	518718	8618927	94.54	95.49	95.49	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P49	518735	8618834	137.30	138.67	138.67	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P50	518760	8618699	44.91	45.36	45.36	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P51	518769	8618655	53.76	54.30	54.30	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P52	518778	8618602	172.99	174.72	174.72	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P53	518810	8618432	58.05	58.63	58.63	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P54	518821	8618375	20.02	20.23	20.23	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P55	518801	8618374	62.64	63.27	63.27	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 4.2 – Postes 56 a 110: distancias entre postes, flechas, spans, longitud de bobina; material, tipo, estado, propiedad y nivel de tensión de cada poste

Postes	X	Y	DISTANCIA LINEAL	FLECHA	CABLE	SPAN	BOBINA	POSTE PROPIEDAD	STATUS	TIPO DE POSTE	MATERIAL	NIVEL DE TENSION
P56	518741	8618356	61.68	62.30	62.30	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P57	518682	8618338	29.73	30.03	30.03	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P58	518662	8618316	54.01	54.55	54.55	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P59	518608	8618315	57.31	57.89	57.89	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P60	518551	8618321	58.14	58.72	58.72	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P61	518493	8618325	45.10	45.55	45.55	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P62	518448	8618328	60.13	60.73	60.73	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P63	518388	8618332	65.07	65.72	65.72	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P64	518323	8618335	55.23	55.78	55.78	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P65	518268	8618340	42.30	42.72	42.72	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P66	518226	8618345	65.00	65.65	65.65	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P67	518166	8618370	64.62	65.27	65.27	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P68	518106	8618394	41.23	41.64	41.64	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P69	518068	8618410	114.69	115.84	115.84	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P70	517983	8618487	116.78	117.95	117.95	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P71	517897	8618566	623.77	642.48	662.48	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P72	517310	8618355	51.40	51.91	51.91	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P73	517269	8618324	136.21	137.58	137.58	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P74	517196	8618209	73.25	73.98	73.98	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P75	517157	8618147	165.86	167.51	167.51	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P76	517065	8618009	186.66	188.52	188.52	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P77	516961	8617854	160.03	161.63	161.63	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P78	516872	8617721	231.48	234.38	234.38	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P79	516832	8617493	73.01	73.74	73.74	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P80	516815	8617422	95.34	96.29	96.29	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P81	516794	8617329	371.60	377.17	377.17	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P82	516672	8616978	78.75	79.53	79.53	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P83	516597	8616954	109.42	110.51	110.51	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P84	516493	8616920	61.68	62.30	62.30	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P85	516434	8616902	89.29	90.18	90.18	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P86	516348	8616926	88.32	89.21	89.21	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P87	516263	8616950	187.09	188.96	188.96	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P88	516083	8617001	185.85	187.71	187.71	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P89	515904	8617051	325.72	330.60	330.60	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P90	515741	8616769	98.08	99.06	99.06	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P91	515707	8616677	68.35	69.04	69.04	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P92	515683	8616613	144.90	146.35	146.35	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P93	515633	8616477	137.64	139.02	139.02	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P94	515585	8616348	111.83	112.94	112.94	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P95	515516	8616260	165.50	167.15	167.15	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P96	515374	8616175	299.82	303.56	303.56	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P97	515125	8616008	316.80	321.55	321.55	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P98	514903	8615782	39.60	39.99	39.99	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P99	514875	8615754	79.51	80.31	80.31	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P100	514814	8615703	37.74	38.11	38.11	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P101	514782	8615683	87.66	88.54	88.54	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P102	514708	8615636	133.15	134.48	134.48	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P103	514581	8615596	210.62	213.25	213.25	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P104	514387	8615514	111.09	112.20	112.20	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P105	514285	8615470	202.07	204.60	204.60	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P106	514093	8615407	55.47	56.03	56.03	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P107	514047	8615376	59.64	60.24	60.24	600	002-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P108	513998	8615342	548.84	559.81	579.81	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P109	513582	8614984	50.54	51.04	51.04	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P110	513559	8614939	62.82	63.45	63.45	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 4.3 – Postes 111 a 165: distancias entre postes, flechas, spans, longitud de bobina; material, tipo, estado, propiedad y nivel de tensión de cada poste

Postes	X	Y	DISTANCIA LINEAL	FLECHA	CABLE	SPAN	BOBINA	POSTE PROPIEDAD	STATUS	TIPO DE POSTE	MATERIAL	NIVEL DE TENSION
P111	513498	8614924	84.17	85.01	85.01	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P112	513416	8614905	99.46	100.46	100.46	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P113	513319	8614883	155.00	156.55	156.55	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P114	513168	8614848	93.39	94.33	94.33	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P115	513077	8614827	96.54	97.51	97.51	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P116	512983	8614805	47.30	47.77	47.77	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P117	512937	8614794	38.21	38.59	38.59	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P118	512911	8614822	169.85	171.55	171.55	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P119	512796	8614947	163.53	165.16	165.16	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P120	512686	8615068	54.49	55.03	55.03	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P121	512649	8615108	50.25	50.75	50.75	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P122	512615	8615145	68.66	69.35	69.35	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P123	512548	8615160	61.85	62.47	62.47	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P124	512533	8615220	52.01	52.53	52.53	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P125	512532	8615272	59.44	60.03	60.03	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P126	512545	8615330	71.06	71.77	71.77	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P127	512562	8615399	54.08	54.62	54.62	600	001-600	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P128	512580	8615450	18.87	19.06	19.06	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P129	512596	8615460	37.11	37.48	37.48	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P130	512605	8615496	88.53	89.41	89.41	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P131	512626	8615582	70.34	71.05	71.05	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P132	512644	8615650	40.85	41.26	41.26	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P133	512659	8615688	35.47	35.82	35.82	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P134	512672	8615721	34.48	34.83	34.83	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P135	512682	8615754	196.09	198.05	198.05	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P136	512741	8615941	54.71	55.26	55.26	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P137	512758	8615993	447.90	456.86	456.86	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P138	512592	8616409	409.44	417.63	417.63	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P139	512186	8616462	263.89	267.19	267.19	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P140	511948	8616348	65.31	65.96	65.96	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P141	511889	8616320	96.18	97.14	97.14	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P142	511820	8616253	138.62	140.01	140.01	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P143	511720	8616157	153.48	155.02	155.02	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P144	511609	8616051	113.15	114.28	114.28	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P145	511528	8615972	90.52	91.43	91.43	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P146	511463	8615909	99.72	100.72	100.72	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P147	511391	8615840	85.56	86.42	86.42	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P148	511330	8615780	53.04	53.57	53.57	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P149	511292	8615743	49.73	50.23	50.23	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P150	511244	8615730	103.32	104.36	104.36	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P151	511144	8615704	120.33	121.54	121.54	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P152	511028	8615672	80.78	81.59	81.59	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P153	510950	8615651	398.56	404.54	404.54	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P154	510617	8615432	87.66	88.54	88.54	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P155	510531	8615415	106.10	107.16	107.16	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P156	510427	8615394	154.15	155.69	155.69	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P157	510276	8615363	136.69	138.06	138.06	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P158	510142	8615336	194.74	196.69	196.69	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P159	509951	8615298	229.65	232.52	232.52	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P160	509726	8615252	69.43	70.12	70.12	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P161	509658	8615238	252.01	255.16	255.16	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P162	509411	8615188	209.06	211.67	211.67	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P163	509206	8615147	87.86	88.74	88.74	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P164	509120	8615129	74.32	75.07	75.07	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P165	509052	8615099	113.72	114.86	114.86	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 4.4 – Postes 166 a 207: distancias entres postes, flechas, spans, longitud de bobina; material, tipo, estado, propiedad y nivel de tensión de cada poste

Postes	X	Y	DISTANCIA LINEAL	FLECHA	CABLE	SPAN	BOBINA	POSTE PROPIEDAD	STATUS	TIPO DE POSTE	MATERIAL	NIVEL DE TENSION
P166	508948	8615053	204.09	206.64	206.64	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P167	508762	8614969	164.69	166.34	166.34	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P168	508612	8614901	70.66	71.37	71.37	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P169	508549	8614869	75.13	75.88	75.88	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P170	508482	8614835	272.38	275.78	295.78	400	001-400	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P171	508240	8614710	65.30	65.95	85.95	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P172	508182	8614680	69.58	70.28	70.28	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P173	508113	8614689	187.46	189.33	189.33	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P174	508034	8614519	50.99	51.50	51.50	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P175	507996	8614485	68.00	68.68	68.68	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P176	507928	8614485	65.01	65.66	65.66	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P177	507863	8614484	30.41	30.72	30.72	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P178	507833	8614479	51.86	52.37	52.37	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P179	507793	8614446	50.45	50.95	50.95	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P180	507754	8614414	28.84	29.13	29.13	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P181	507730	8614398	66.48	67.15	67.15	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P182	507706	8614336	92.91	93.84	93.84	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P183	507614	8614349	25.08	25.33	25.33	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P184	507604	8614326	42.49	42.91	42.91	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P185	507566	8614307	20.59	20.80	20.80	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P186	507548	8614297	70.26	70.96	70.96	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P187	507478	8614303	25.08	25.33	25.33	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P188	507453	8614305	30.00	30.30	30.30	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P189	507435	8614329	30.15	30.45	30.45	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P190	507405	8614332	33.54	33.88	33.88	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P191	507372	8614338	34.53	34.87	34.87	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P192	507338	8614344	59.44	60.03	60.03	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	MADERA	22.9KV
P193	507280	8614357	33.96	34.30	34.30	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P194	507247	8614365	33.84	34.18	34.18	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P195	507219	8614384	35.51	35.87	35.87	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P196	507184	8614390	43.00	43.43	43.43	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P197	507141	8614390	25.32	25.57	25.57	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P198	507116	8614394	25.18	25.43	25.43	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P199	507091	8614397	69.43	70.12	70.12	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P200	507023	8614411	70.04	70.74	70.74	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P201	506954	8614423	65.76	66.42	66.42	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P202	506889	8614433	73.55	74.29	74.29	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P203	506816	8614442	77.52	78.30	78.30	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P204	506739	8614451	43.42	43.85	43.85	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P205	506696	8614457	75.13	75.88	75.88	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P206	506622	8614470	110.82	111.93	111.93	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
P207	506513	8614490	0.00	0.00	40.00	200	001-200	ELECTROCENTRO	BUENO	MT	CONCRETO	22.9KV
NODO MARISCAL CACERES(LA MEJORADA)	12°32'1.74"	74°56'24.51"	0	0	0	0	0.00	NODO		NODO	0	0
					26477	26.477 KMTS DE FIBRA OPTICA DE 48 HILOS ADSS						

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 4.5 – Postes 1 a 55: altura, suma de cable de fibra óptica, reservas, ferretería y cajas de empalmes requeridos

Postes	ALTURA POSTE	Suma de cable de fibra óptica	RESERVA	Kits de herrajes de retención	Herrajes de retension simples	Kits de herrajes de suspension	Herrajes de suspension simples	Amortig. de viento	Crucetas de empalme y/o reserva	Cajas de emplame
NODO QUICHUAS	NODO	NODO	NODO	NODO	NODO	NODO	NODO	NODO	NODO	NODO
P1	12.00	0	0		2			0	2	
P2	15.00	0	0		2			0		
P3	15.00	0	0		2			0		
P4	15.00	0	0				1	0		
P5	15.00	0	0				1	0		
P6	15.00	0	0	2				2		
P7	15.00	0	0	2				0		
P8	15.00	0	0		2			0		
P9	15.00	0	0		2			0		
P10	15.00	0	0		2			2		
P11	15.00	0	0		2			0		
P12	15.00	0	0	2				2		
P13	15.00	0	0	2				0		
P14	15.00	0	0		2			0		
P15	15.00	0	0		2			0		
P16	15.00	0	0		2			0		
P17	15.00	0	0	2				4		
P18	15.00	0	0	2				0		
P19	15.00	0	0	2				0		
P20	15.00	2806.32	20	2				2	1	1
P21	15.00	0	20	2				2		
P22	15.00	0	0	2				0		
P23	15.00	0	0	2				2		
P24	15.00	0	0	2				2		
P25	15.00	0	0	2				2		
P26	15.00	0	0	2				4		
P27	15.00	0	0	2				6		
P28	15.00	0	0	2				0		
P29	15.00	0	0	2				2		
P30	15.00	0	0	2				0		
P31	15.00	0	0	2				0		
P32	15.00	0	0	2				2		
P33	15.00	0	0	2				2		
P34	15.00	0	0		2			0		
P35	15.00	0	0		2			2		
P36	15.00	0	0		2			2		
P37	15.00	0	0		2			2		
P38	15.00	0	0	2				2		
P39	15.00	0	0	2				6		
P40	12.00	0	0	2				2		
P41	12.00	0	0	2				0		
P42	15.00	0	0	2				0		
P43	15.00	0	0			1		0		
P44	15.00	0	0			1		0		
P45	15.00	0	0			1		0		
P46	15.00	5988.81	20	2				6	1	1
P47	15.00	0	20	2				0		
P48	15.00	0	0	2				0		
P49	15.00	0	0	2				0		
P50	15.00	0	0	2				0		
P51	15.00	0	0	2				0		
P52	15.00	0	0	2				2		
P53	15.00	0	0	2				0		
P54	15.00	0	0	2				0		
P55	15.00	0	0	2				0		

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 4.6 – Postes 56 a 110: altura, suma de cable de fibra óptica, reservas, ferretería y cajas de empalmes requeridos

Postes	ALTURA POSTE	Suma de cable de fibra óptica	RESERVA	Kits de herrajes de retención	Herrajes de retension simples	Kits de herrajes de suspension	Herrajes de suspension simples	Amortig. de viento	Crucetas de empalme y/o reserva	Cajas de emplame
P56	15.00	0	0		2			0		
P57	15.00	0	0		2			0		
P58	15.00	0	0		2			0		
P59	15.00	0	0		2			0		
P60	15.00	0	0		2			0		
P61	15.00	0	0		2			0		
P62	15.00	0	0		2			0		
P63	15.00	0	0		2			0		
P64	15.00	0	0		2			0		
P65	15.00	0	0		2			0		
P66	15.00	0	0		2			0		
P67	15.00	0	0		2			0		
P68	15.00	0	0		2			0		
P69	15.00	0	0	2				0		
P70	15.00	1701.90	20	2				0	1	1
P71	15.00	0	20	2				4		
P72	15.00	0	0	2				0		
P73	15.00	0	0	2				0		
P74	15.00	0	0		2			0		
P75	15.00	0	0	2				2		
P76	15.00	0	0	2				2		
P77	15.00	0	0	2				2		
P78	15.00	0	0	2				2		
P79	15.00	0	0	2				0		
P80	15.00	0	0	2				0		
P81	15.00	0	0	2				2		
P82	15.00	0	0	2				0		
P83	15.00	0	0	2				0		
P84	15.00	0	0	2				0		
P85	15.00	0	0	2				0		
P86	15.00	0	0	2				0		
P87	15.00	0	0	2				2		
P88	15.00	0	0	2				2		
P89	15.00	0	0	2				2		
P90	15.00	0	0	2				0		
P91	15.00	0	0	2				0		
P92	15.00	0	0	2				2		
P93	15.00	0	0	2				2		
P94	15.00	0	0	2				0		
P95	15.00	0	0	2				2		
P96	15.00	0	0	2				2		
P97	15.00	0	0	2				2		
P98	15.00	0	0	2				0		
P99	15.00	0	0	2				0		
P100	15.00	0	0	2				0		
P101	15.00	0	0	2				0		
P102	15.00	0	0	2				0		
P103	15.00	0	0	2				2		
P104	15.00	0	0	2				0		
P105	15.00	0	0	2				2		
P106	15.00	0	0	2				0		
P107	15.00	5770.62	20	2				0	1	1
P108	15.00	0	20	2				4		
P109	15.00	0	0	2				0		
P110	15.00	0	0	2				0		

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 4.7 – Postes 111 a 165: altura, suma de cable de fibra óptica, reservas, ferretería y cajas de empalmes requeridos

Postes	ALTURA POSTE	Suna de cable de fibra óptica	RESERVA	Kits de herrajes de retención	Herrajes de retension simples	Kits de herrajes de suspension	Herrajes de suspension simples	Amortig. de viento	Crucetas de empalme y/o reserva	Cajas de emplame
P111	15.00	0	0	2				0		
P112	15.00	0	0		2			0		
P113	15.00	0	0		2			2		
P114	15.00	0	0		2			0		
P115	15.00	0	0		2			0		
P116	15.00	0	0		2			0		
P117	15.00	0	0	2				0		
P118	15.00	0	0	2				2		
P119	15.00	0	0	2				2		
P120	15.00	0	0		2			0		
P121	15.00	0	0		2			0		
P122	15.00	0	0	2				0		
P123	15.00	0	0	2				0		
P124	13	0	0			1		0		
P125	13	0	0			1		0		
P126	13	0	0			1		0		
P127	13	2147.79	20			1		0	1	1
P128	15	0	20	2				0		
P129	15	0	0	2				0		
P130	15	0	0		2			0		
P131	15	0	0		2			0		
P132	15	0	0		2			0		
P133	15	0	0	2				0		
P134	15	0	0	2				0		
P135	15	0	0	2				2		
P136	15	0	0	2				0		
P137	15	0	0	2				2		
P138	15	0	0	2				2		
P139	15	0	0	2				2		
P140	13	0	0	2				0		
P141	13	0	0	2				0		
P142	13	0	0	2				2		
P143	13	0	0	2				2		
P144	13	0	0	2				0		
P145	13	0	0	2				0		
P146	13	0	0	2				0		
P147	13	0	0	2				0		
P148	13	0	0		2			0		
P149	13	0	0		2			0		
P150	13	0	0		2			0		
P151	13	0	0		2			0		
P152	13	0	0		2			0		
P153	13	0	0	2				2		
P154	13	0	0	2				0		
P155	13	0	0		2			0		
P156	13	0	0		2			2		
P157	13	0	0		2			0		
P158	13	0	0		2			2		
P159	13	0	0		2			2		
P160	13	0	0		2			0		
P161	13	0	0		2			2		
P162	13	0	0	2				2		
P163	13	0	0	2				0		
P164	13	0	0	2				0		
P165	13	0	0	2				0		

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 4.8 – Postes 166 a 207: altura, suma de cable de fibra óptica, reservas, ferretería y cajas de empalmes requeridos

Postes	ALTURA POSTE	Suna de cable de fibra óptica	RESERVA	Kits de herrajes de retención	Herrajes de retension simples	Kits de herrajes de suspension	Herrajes de suspension simples	Amortig. de viento	Crucetas de empalme y/o reserva	Cajas de emplame
P166	13	0	0	2				2		
P167	13	0	0	2				2		
P168	13	0	0		2			0		
P169	13	0	0		2			0		
P170	13	5960.97	20	2				2	1	1
P171	13	0	20	2				0		
P172	13	0	0	2				0		
P173	13	0	0	2				2		
P174	13	0	0	2				0		
P175	13	0	0	2				0		
P176	13	0	0		2			0		
P177	13	0	0		2			0		
P178	13	0	0		2			0		
P179	13	0	0		2			0		
P180	15	0	0		2			0		
P181	13	0	0	2				0		
P182	13	0	0	2				0		
P183	13	0	0	2				0		
P184	13	0	0		2			0		
P185	13	0	0		2			0		
P186	13	0	0		2			0		
P187	13	0	0		2			0		
P188	15	0	0		2			0		
P189	15	0	0		2			0		
P190	15	0	0		2			0		
P191	15	0	0				1	0		
P192	15	0	0				1	0		
P193	15	0	0				1	0		
P194	15	0	0		2			0		
P195	15	0	0		2			0		
P196	15	0	0		2			0		
P197	15	0	0		2			0		
P198	15	0	0				1	0		
P199	15	0	0				1	0		
P200	15	0	0				1	0		
P201	15	0	0				1	0		
P202	15	0	0				1	0		
P203	15	0	0				1	0		
P204	15	0	0				1	0		
P205	15	0	0				1	0		
P206	15	0	0				1	0		
P207	15	2060.73	40	2				0	2	
NODO MARISCAL CACERES(LA MEJORADA)	0	26437.14	280	236	136	7	14	136	10	6

Fuente: Elaboración propia del autor

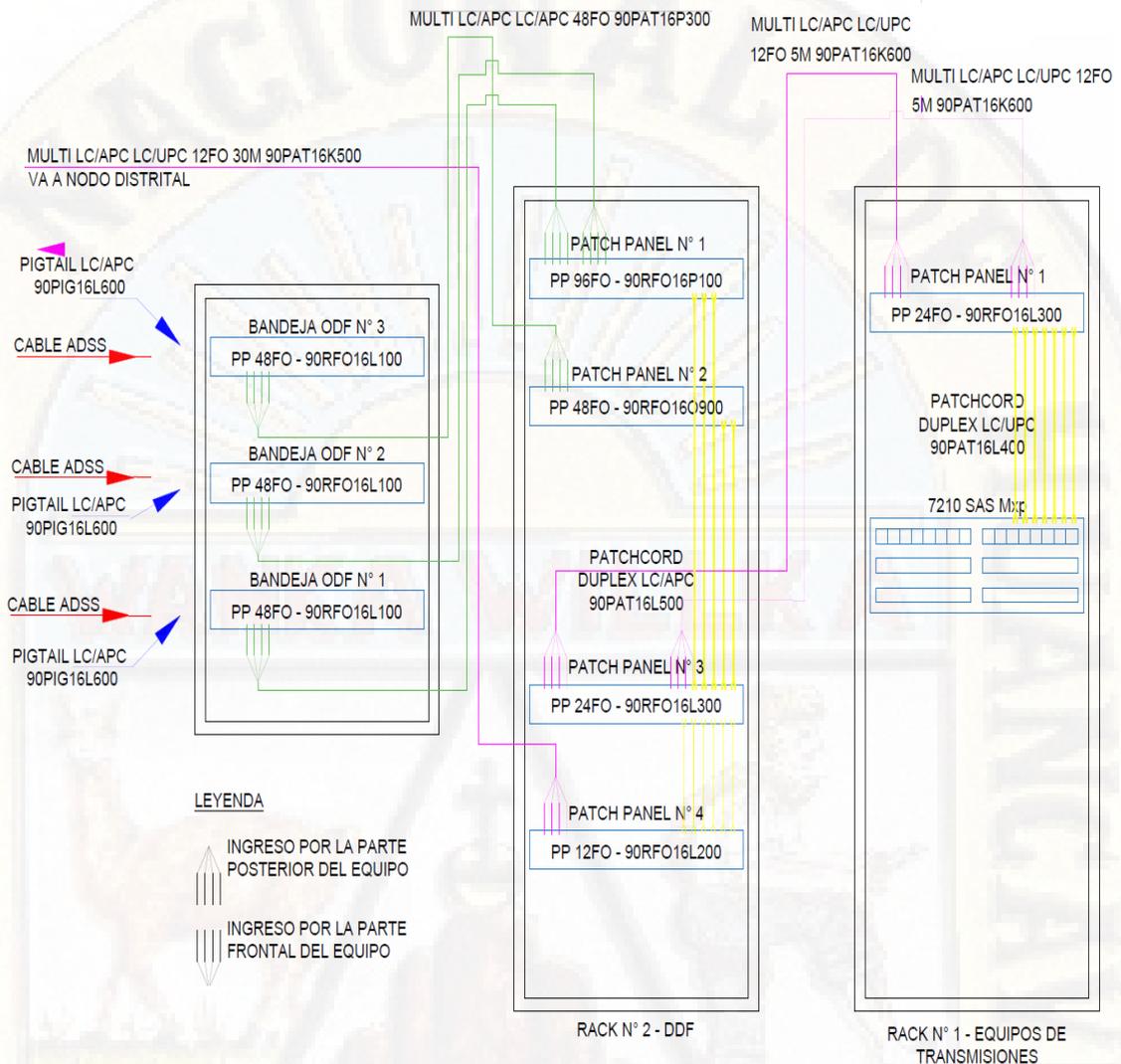
4.1.2 Nodo de distribución

El ancho de banda y la calidad del servicio son garantizados por el equipamiento en el nodo y los diversos protocolos red implementados para enrutamiento y redundancia. El nodo de Quichuas se enlazará a la RDNFO a través del nodo Mariscal Cáceres ubicado en el distrito del mismo nombre de la provincia de Huancavelica. En la Figura 4.10 se observa una vista frontal de dicho nodo. El nodo Mariscal Cáceres se conecta con los nodos de Acoria, Palca, Conayca e Izcuchaca. Según la Figura 4.11, dispone de un gabinete de ODFs y dos racks. El ODF 1 tiene un cable ADSS que se conecta con Acoria y Palca. El ODF 2 tiene un cable ADSS que se conecta con Conayca e Izcuchaca.



Figura 4.10 – Vista frontal del nodo Mariscal Cáceres al cual se enlazará el nodo de Quichuas

Fuente: Fotografía tomada por el autor



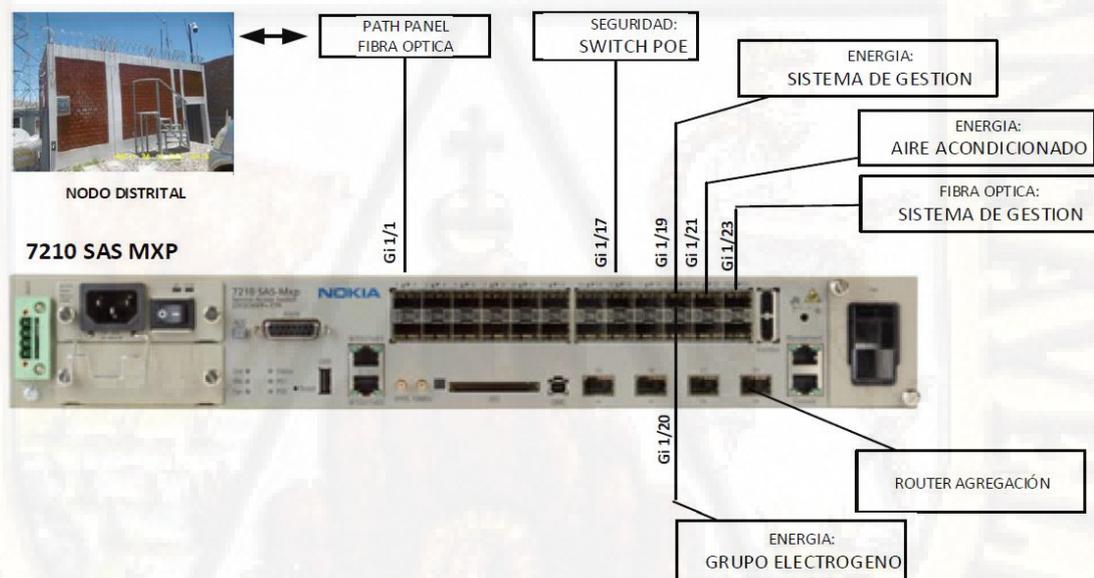
PLANTA EXTERNA			NODO DE DISTRIBUCION - TRANSPORTE	
ODF	NODO	CUENTA	DESTINO LOGICO	RACK N° 2 - DDF
1	Acoria HC-0006	(hilos 1-36)	Palca	Patch Panel N° 1 hilo 37,38 -> Patch Panel N 3 hilo 2,1
1	Palca HC-0206	(hilos 37-48)	Conayca	Patch Panel N° 1 hilo 85,86 -> Patch Panel N 3 hilo 4,3
2	Izcuchaca HC-0148	(hilos 1-36)	Quichuas	Patch Panel N° 2 hilo 1,2 -> Patch Panel N 3 hilo 6,5
2	Conayca HC-0096	(hilos 37-48)		
3	Quichuas HC-0250	(hilos 1-48)		
			Distrital	Patch Panel N° 4 hilo 1, 2 -> Patch Panel N 3 hilo 14, 13

PLANTA EXTERNA			NODO DE DISTRIBUCION - TRANSPORTE	
ODF	NODO	CUENTA	RACK N° 1 - EQUIPO DE TRANSMISIONES	EQUIPO ACTIVO - 7210 SAS - MXP
1	Acoria HC-0006	(hilos 1-36)	Patch Panel N° 1 hilo 1,2	Puerto 1/1/25 - Conexión Invertida
1	Palca HC-0206	(hilos 37-48)	Patch Panel N° 1 hilo 3,4	Puerto 1/1/26 - Conexión Invertida
2	Izcuchaca HC-0148	(hilos 1-36)	Patch Panel N° 1 hilo 6,5	Puerto 1/1/27 - Conexión Invertida
2	Conayca HC-0096	(hilos 37-48)		
3	Quichuas HC-0250	(hilos 1-48)		
			Patch Panel N° 1 hilo 13,14	Puerto 1/1/1 - Conexión Invertida

Figura 4.11 – Esquema de conexión de datos en el nodo Mariscal Cáceres (código HC-0177), está formado por tres ODFs (3, 2 y 1) y dos racks (2 y 1)

Fuente: FITEL – MTC

El ODF 3 se dispone para ser enlazado con el nodo de Quichuas a través de los 48 hilos de un cable ADSS. Todos estos hilos se conectan y reflejan en el patch panel 2 del rack 2 (rack de DDFs). De este patch panel, los hilos 1 y 2 se conectan a los hilos 6 y 5 del patch panel 3 del mismo rack. Se emplean dos hilos, uno para transmisión y otro para recepción. Luego, se llevan hacia el rack 1 (rack de equipos de transmisión) para su conexión al router Nokia 7210 SAS Mxp. La conexión en el router es a un puerto óptico con un transceiver de 1Gbps. Notar que del rack 2, patch panel 4, existe una conexión hacia un nodo distrital de la red de acceso (este nodo distrital está ubicado al costado del nodo Mariscal Cáceres). La distribución de los puertos del router 7210 SAS MXP se muestra en la Figura 4.12.



NODO DE DISTRIBUCION - 7210 SAS-Mxp																
ASIGNACIÓN DE MÓDULOS - CAPACIDAD - 1 G											ASIGNACIÓN DE MÓDULOS - CAPACIDAD - 10 G					
1 opt	3 opt	5 opt	7 opt	9 opt	11 opt	13 eth	15 eth	17 eth	19 eth	21 eth	23 eth					
DISTRITAL	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	Seguridad	Smartpacks	Aire Acondicionado	Gestor Fibra Optica					
2 opt	4 opt	6 opt	8 opt	10 opt	12 opt	14 eth	16 eth	18 eth	20 eth	22 eth	24 eth	25 opt	26 opt	27 opt	28 opt	
LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	DWDM	Seguridad (Reservada)	Grupo Electrogeno	Energia (Reservada)	Puerto de Gestión (F.O/Seguridad/Energia)	DISTRIBUCION-AGREGACION-CORE (10G)				

Figura 4.12 – Diagrama de conectividad del router Nokia 7210SAS-MXP.

Consta de 16 puertos ópticos y 12 puertos eléctricos

Fuente: FITEL - MTC

4.1.3 Presupuesto de potencia

Se desarrolló un software interactivo, empleando Matlab y su entorno GUIDE de programación gráfica, para la simulación y cálculo del presupuesto de potencia del enlace óptico, monomodo, entre los nodos Mariscal Cáceres y Quichuas. Para el cálculo y determinación del presupuesto de potencia se tomaron en cuenta las siguientes variables y parámetros de entrada (de acuerdo con la sección 2.2.3) [BICSI, 2019].

- **Cantidad y pérdida de pares de conectores**

Se consideran solo dos pares de conectores dado que se trata de un enlace punto a punto. De acuerdo con el estándar IEC 61300-3-7, se toma 0.5dB como pérdida máxima por par de conectores.

- **Cantidad y pérdidas de empalmes de fusión**

El tramo entre ambos nodos consta de seis empalmes (de acuerdo con la sección 4.3.1 y las tablas 4.8 a 4.15). La pérdida máxima por empalme, de acuerdo con el estándar IEC 61300-3-7 es de 0.1dB.

- **Longitud de tendido de cable de fibra óptica**

La longitud del tramo entre ambos nodos es de 26437.14 metros.

- **Longitud de onda de trabajo**

La fibra óptica llevará una onda de 1550nm, es la longitud empleada para tramos troncales de gran alcance.

- **Pérdidas por kilómetro de fibra óptica a la longitud de onda de trabajo**

De acuerdo con el estándar IEC60793-2-50, las pérdidas por kilómetro deben ser como máximo 0.25dB/km.

- **Potencias mínima y máxima del transmisor**

Esta información es obtenida de los transceivers a los cuales se

conectan los dos hilos (transmisor y receptor) que conforman el enlace entre los dos nodos. Según la Figura 4.13, la potencia de salida del transmisor es de 2dB. Sin embargo, puede variar entre -4.7 y 4dBm. Para las simulaciones se consideran los valores extremos.

- **Sensibilidad y potencia máxima del receptor**

Estos valores se obtienen, también, de las características técnicas del transceiver mostrados en la Figura 4.13. El receptor trabaja con una potencia promedio de -5.81dB. Sin embargo, puede recibir entre -1 y -15.8dBm. Este último valor viene a ser su sensibilidad.

- **Penalización total de potencia**

Consta de dos partes:

- Penalización de potencia, lo da el fabricante del equipo, típicamente es 2dB.
- Margen de reparación, típicamente se consideran dos empalmes de 0.3dB cada uno; da un total de 0.6dB.

La suma de los resultados previos viene a ser la penalización total de potencia (2.6dB).

Las variables de salida son las siguientes (todo considerado a 1550nm):

- **Atenuación total del sistema de cableado**

Viene a ser la suma de pérdidas debidas a los conectores, empalmes y la propia fibra.

- Dos conectores, las pérdidas máximas son de $0.5\text{dB} \times 2 = 1\text{dB}$
- Seis empalmes, las pérdidas máximas son de $0.1\text{dB} \times 6 = 0.6\text{dB}$
- 26437.14 metros de fibra óptica, las pérdidas máximas son de $0.25\text{dB} \times 26.43714\text{km} = 6.61\text{dB}$

Luego, la atenuación total del sistema de cableado es:

$$(1 + 0.6 + 6.61) \text{ dB} = 8.21\text{dB}$$

- **Ganancia del sistema**

Es la diferencia entre la potencia del transmisor y la sensibilidad o mínima potencia de recepción.

Se consideran dos situaciones:

- Con potencia máxima de transmisión
Ganancia del sistema = $4\text{dBm} - (-15.8\text{dBm}) = 19.8\text{dB}$
- Con potencia mínima de transmisión
Ganancia del sistema = $-4.7\text{dBm} - (-15.8\text{dBm}) = 11.1\text{dB}$

- **Presupuesto total de pérdida por enlace**

Se calcula como la diferencia entre la ganancia del sistema y la penalización total de potencia. Igualmente se presentan dos casos extremos según la potencia del transmisor.

- Con potencia máxima de transmisión
Presupuesto total de pérdida por enlace = $19.8\text{dB} - 2.6\text{dB} = 17.2\text{dB}$
- Con potencia mínima de transmisión
Presupuesto total de pérdida por enlace = $11.1\text{dB} - (2.6\text{dB}) = 8.5\text{dB}$

- **Margen de desempeño del sistema**

Se calcula como la diferencia entre el presupuesto total de pérdida por enlace y la atenuación total del sistema de cableado. De acuerdo con la potencia del transmisor, tenemos dos casos extremos:

- Con potencia máxima de transmisión
Margen de desempeño del sistema = $17.2\text{dB} - 8.21\text{dB} = 8.99\text{dB}$
- Con potencia mínima de transmisión
Margen de desempeño del sistema = $8.5\text{dB} - (8.21\text{dB}) = 0.29\text{dB}$

En la Figura 4.13 se muestran los datos de las potencias de transmisión y recepción de los transceivers de fibra óptica de los routers de ambos nodos, con alcances de 40km.

```

=====
Optical Interface
=====

Transceiver Data
Transceiver Type      : SFP
Model Number         : 3HE05036AAAA01 ALA IPU3ASLEAA
TX Laser Wavelength : 1550 nm
Connector Code       : LC
Manufacture date     : 2016/09/14
Serial Number        : UWC028H
Part Number          : FTLX1671D3BTL-A6
Optical Compliance  : 10GBASE-ER
Link Length support  : 40km for SMF

=====
Transceiver Digital Diagnostic Monitoring (DDM), Internally Calibrated
=====

```

	Value	High Alarm	High Warn	Low Warn	Low Alarm
Temperature (C)	+31.5	+90.0	+85.0	-40.0	-45.0
Supply Voltage (V)	3.30	3.63	3.46	3.13	2.97
Tx Bias Current (mA)	83.1	100.0	95.0	55.0	50.0
Tx Output Power (dBm)	2.00	7.00	4.00	-4.70	-8.70
Rx Optical Power (avg dBm)	-5.81	2.00	-1.00	-15.80	-19.79

```

=====

```

Figura 4.13 – Datos del transceiver de fibra óptica, entre ellos las potencias de transmisión y recepción, también la longitud de onda de trabajo

Fuente: FITEL – MTC

En la Figura 4.14 se muestra la interface del aplicativo, desarrollado en Matlab, para el cálculo y diseño del presupuesto de potencia de enlaces monomodo a 1550nm. Por defecto (o bien, presionando el botón Reiniciar) se muestran los valores correspondientes al enlace entre los nodos y los transceivers considerados en el proyecto. Sin embargo, el aplicativo permite modificar la información por defecto. El enlace debe ser sometido a diversas pruebas de caracterización que permitan verificar la idoneidad de la fibra conectada entre ambos nodos. Para enlaces menores a 2.5Gbps se consideran la prueba de atenuación total del sistema (realizada con Power Meter y Fuente de Luz); también, pruebas reflectométricas con OTDR o iOLM (Inteligente Optical Link Mapper). No deberían considerarse las pruebas de dispersión cromática (CD – Chromatic Dispersion), ni las pruebas de dispersión por modo de polarización (PMD – Polarization Mode Dispersion) debido a que los efectos de dispersión no son relevantes a velocidades de 1Gbps como es del presente caso. Sin embargo, la medición con PMD se recomienda en casos de condiciones de fuente viento, lluvias o se detecte ferretería mal instalada que pueda estar ocasionando fallas mecánicas en los cables ópticos. En conclusión, el software desarrollado permitió el cálculo y verificación del presupuesto de potencia del enlace óptico.

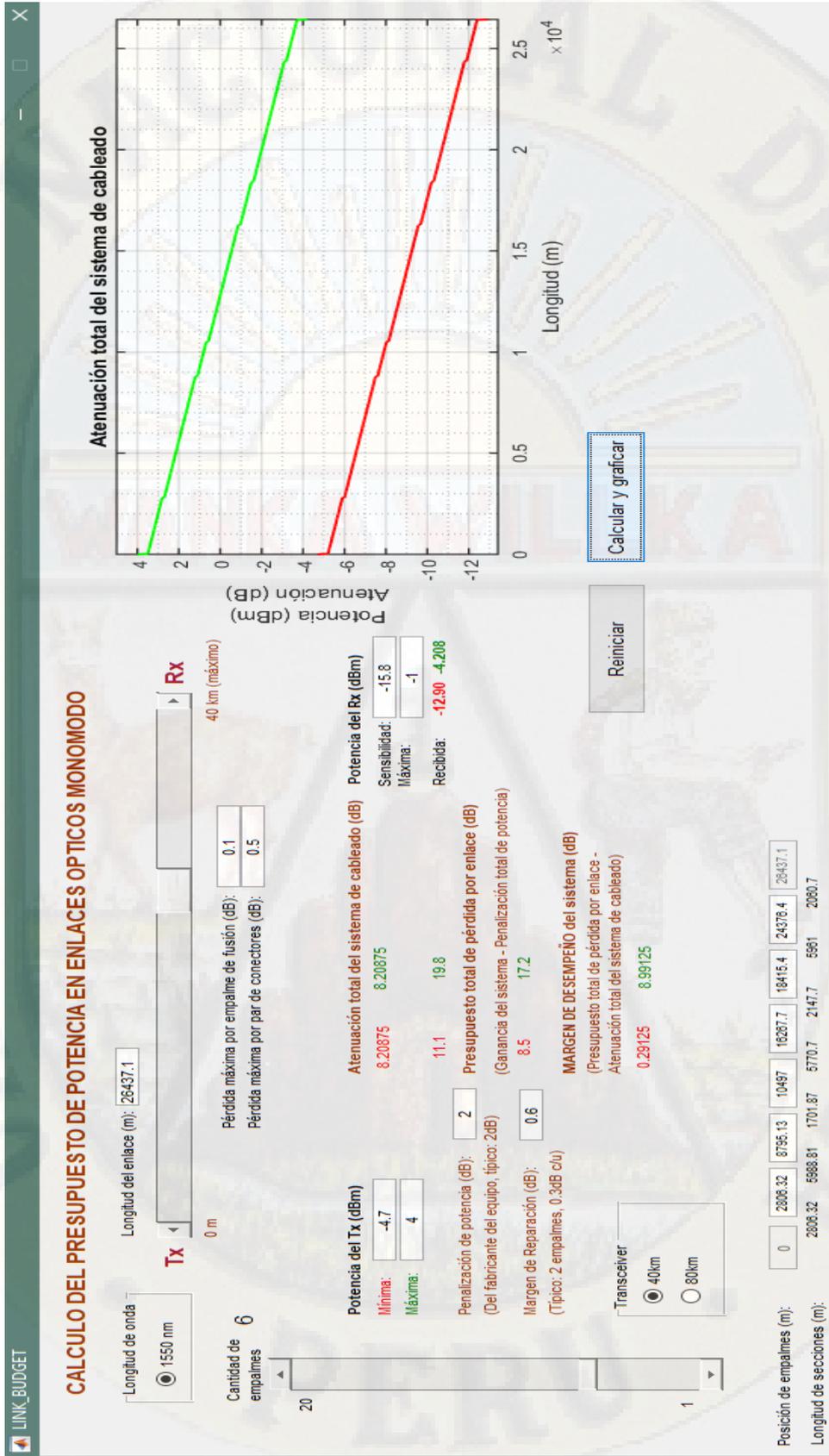


Figura 4.14 – Aplicación desarrollada en Matlab para el cálculo y verificación de la atenuación total del enlace y el margen de desempeño del sistema

Fuente: Desarrollo del autor empleando Matlab (código fuente en Apéndice)

4.2 Red de acceso

La Red de Acceso garantiza los objetivos de cobertura y ancho de banda a los usuarios finales. Se realiza mediante enlaces radioeléctricos punto-multipunto, en la banda no licenciada de 5.8GHz. Con esta tecnología se llegará a cada poblador e instituciones dispuestas a contar con el servicio en el distrito de Quichuas. El acceso a las Instituciones del Estado (colegios, establecimientos de salud, comisarías y demás instituciones públicas) se realizará, también, empleando frecuencias en las bandas no licenciadas.

4.2.1 Sistema radiante

El diseño del sistema radiante se realizó mediante el software LINKPlanner de Cambium Network. Igualmente, los diversos equipos y antenas son del mismo fabricante. El objetivo del diseño es modelar la cobertura inalámbrica en toda el área geográfica del distrito de Chichuas. Así mismo, el software recomienda y permite seleccionar los equipos y antenas más adecuados según la información ingresada (Cambium Networks, 2019). El proceso de diseño se inicia definiendo el nodo radioeléctrico (ver la Figura 4.15) por sus coordenadas geográficas y nombre. Luego, en ese nodo, se define un HUB (concentración de uno o más Access Points).

Site: Network Site - Quichuas			
Details			
Name:	Network Site - Quichuas	Maximum Height:	20 meters
Latitude:	12.47245S	Longitude:	074.76756W
Description:	HUB SITE en Quichuas Nodos óptico y radioeléctrico		

Figura 4.15 – Definición del nodo radioeléctrico del distrito de Quichuas

Fuente: Cambium Network (www.cambiumnetworks.com/)

Paso seguido, se crean y definen los Access Points (ver la Figura 4.16). Para este caso, se definieron tres Access Points con los cuales se da cobertura al todo el distrito. Cada Access Point cubre cierto sector del distrito y con cierto alcance. Constan de una antena sectorial PMP (punto-multipunto) y un radio transmisor/receptor en banda libre de 5.8GHz.

Hub: Network Site - Quichuas

Details

Name: Maximum Height: meters

Latitude: Longitude:

Description:

Number of Access Points: 3

Access Points

+ Add Access Point ✕ Delete Selection

Band	Product	Bandwidth (MHz)	Latitude	Longitude	Antenna	Height (m)
5.8 GHz	PMP450i	20 MHz	12.47245S	074.76756W	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna	20
5.8 GHz	PMP450i	20 MHz	12.47245S	074.76756W	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna	10
5.8 GHz	PMP450i	20 MHz	12.47245S	074.76756W	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna	20

Figura 4.16 – Tres Acces Points creados en el hub del nodo Quichuas

En la Figura 4.17, se muestran en detalla la conformación de cada Access Point y que se resumen a continuación.

- Access Point 1

Radio: PMP450i de Cambium Networks

Banda: 5.8GHZ, no licenciada, ancho de banda/canal: 20MHz

Antena: Sectorial de Cambium Networks, 18dBi, ancho de haz de 30°, azimut de 315°

EIRP de 45dBm

Access Point: Network Site - Quichuas : 1

Access Point Details

Access Point Equipment

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country	Sync Input	Encryption Variant
5.8 GHz	PMP450i	Other	Generate Sync	AES

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Adjacent Channel Support	Range Units	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots
20 MHz	0	Disabled	kilometers	1.0 km	2.5 ms	238	75 %	3

Max: 1 mi.

Antenna Configuration

Antenna Selection	Modeled Beamwidth	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt
Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna (18.0dBi)	3.0 °	20 meters	3.15 °	0.0 °

(Max height at site is 20.0 m)

Power

EIRP	Power	SM Receive Target Level	AP Interference?	Default SM Interference?
45 dBm	27 dBm	-5.6 dBm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(Max Power is 27 dBm) in 20 MHz channel

Access Point: Network Site - Quichuas : 2

Access Point Details

Access Point Equipment

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country	Sync Input	Encryption Variant
5.8 GHz	PMP450i	Other	Generate Sync	AES

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Adjacent Channel Support	Range Units	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots
20 MHz	0	Disabled	kilometers	0.3 km	2.5 ms	238	75 %	3

Max: 1 mi.

Antenna Configuration

Antenna Selection	Modeled Beamwidth	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt
Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna (18.0dBi)	12.0 °	10 meters	240 °	0.0 °

(Max height at site is 20.0 m)

Power

EIRP	Power	SM Receive Target Level	AP Interference?	Default SM Interference?
45 dBm	27 dBm	-5.6 dBm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(Max Power is 27 dBm) in 20 MHz channel

Access Point: Network Site - Quichuas : 3

Access Point Details

Access Point Equipment

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country	Sync Input	Encryption Variant
5.8 GHz	PMP450i	Other	Generate Sync	AES

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Adjacent Channel Support	Range Units	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots
20 MHz	0	Disabled	kilometers	0.3 km	2.5 ms	238	75 %	3

Max: 1 mi.

Antenna Configuration

Antenna Selection	Modeled Beamwidth	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt
Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna (18.0dBi)	6.0 °	20 meters	1.50 °	0.0 °

(Max height at site is 20.0 m)

Power

EIRP	Power	SM Receive Target Level	AP Interference?	Default SM Interference?
45 dBm	27 dBm	-5.6 dBm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(Max Power is 27 dBm) in 20 MHz channel

Figura 4.17 – Definición de los tres Access Points en el nodo Quichuas
Fuente: Elaboración propia con el software LINKPlanner

- Access Point 2

Radio: PMP450i de Cambium Networks

Banda: 5.8GHZ, no licenciada, ancho de banda/canal: 20MHz

Antena: Sectorial de Cambium Networks, 18dBi, ancho de haz de 120°, azimut de 240°

EIRP de 45dBm

- Access Point 3

Radio: PMP450i de Cambium Networks

Banda: 5.8GHZ, no licenciada, ancho de banda/canal: 20MHz

Antena: Sectorial de Cambium Networks, 18dBi, ancho de haz de 60°, azimut de 150°

EIRP de 45dBm

En la Figura 4.18 se muestra la simulación de cobertura realizada con el software LINKPlanner. El simulador se integra con Google Maps mostrando la simulación de cobertura sobre el mapa del distrito de Quichuas.



Figura 4.18 – Cobertura inalámbrica en el distrito de Quichuas con tres antenas sectoriales

Fuente: Elaboración propia con el software LINKPlanner de Cambium Networks

- **Radios PMP 450i, Access Point**

Son puntos de acceso inalámbricos PMP de banda ancha (ver la Figura 4.19), trabajan en las bandas de 3GHz (3300 a 3900MHz) y 5GHz (4900 a 5925MHz). Permite diversos anchos de canales (5, 7, 10, 15, 20, 30 y 40MHz).

Están fabricados con carcasa metálica y cumplen con IP66 e IP67 para entornos adversos. Soporta velocidades de datos de hasta 300Mbps con canales de hasta 40MHz. Estas radios disponen de interfaz 100/1000BaseT y trabajan con los protocolos IPv4, IPv6, UDP, TCP/IP, ICMP, HTTP y FTP. Soportan, también, diversos protocolos de gestión de red. Cada radio y antena permiten atender hasta 238 usuarios. Pueden trabajar con diversas modulaciones digitales (QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM). Las radios PMP 450i tiene latencias de orden de 3 a 5ms. Su alcance es de hasta 64km.



Figura 4.19 – Radio PMP 450i de Cambium Networks

Fuente: <https://www.cambiumnetworks.com/products/pmp-distribution/pmp-450i-access-point/>

Las radios PMP 450i tienen una potencia de transmisión máxima de 28dBm, las antenas empleadas con estas radios tienen una ganancia de 17dBi. La EIRP máxima es de 43dBm.

- **Radios PMP 450i, módulo de abonado**

Estas radios (ver la Figura 4.20) trabajan en las bandas de 3GHz (3300 a 3900MHz) y 5GHz (4900 a 5925MHz). Fabricados en metal, cumplen con los estándares IP66 e IP67 para entornos adversos. Trabajan hasta 300Mbps por cada sector en canales de 40MHz. Soporta diversos anchos de canales (5, 7, 10, 15, 20, 30 y 40 MHz). Emplean protocolos IPv4, IPv6, UDP, TCP/IP, ICMP, Telnet, SNMP, HTTP, FTP y protocolos de administración diversos como SNMP. Respecto a la potencia, la ganancia de la antena es de 23dBi, la potencia de salida máxima de la radio es de 28dBm y la máxima EIRP es de 50dBm, con alcances de hasta 64km (Cambium Networks, 2019).



Figura 4.20 – Radio de abonado, PMP 450i

Fuente: <https://www.wlanmall.com/cambium-5-ghz-pmp-450i-subscriber-module-c050045c001a/>

- **Listado de materiales para la implementación del sistema radiante**

En las tablas 4.9 y 4.10 se presentan las listas de materiales necesarios para la implementación de los tres enlaces PMP. Esta lista se da de modo referencial y se ajusta, según sea necesario, para cada nuevo usuario que requiera el servicio.

Tabla 4.9 – Lista de materiales para cada Access Point en el nodo Quichuas

Bill of Materials : Access Point		
Part Number	Qty	Description
01010419001	2	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	1	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A006	1	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (FCC). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	1	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP). Total cable requirements are aggregated at the parent level

Fuente: LINKPlanner, elaborado por el autor

Tabla 4.10 – Lista de materiales para cada módulo de abonado

Bill of Materials : Subscriber Modules		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	3	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	3	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	3	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	3	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	3	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	3	Tilt Bracket Assembly

Fuente: LINKPlanner, elaborado por el autor

- **Enlaces nodo-abonado**

Cada abonado establece un enlace con el nodo o punto de acceso correspondiente que le da cobertura. A modo de ejemplo, en la Figura 4.21, se presentan los resultados de la simulación de este enlace para el caso del Puesto de Salud y el Access Point 2 que le da cobertura [CAMBIUN NETWORK, 2018].

Summary	
AP Name	Network Site - Quichuas : 2
SM Name	Puesto de Salud
Customer Company Name	Evins Tito
Link Type	Line-of-Sight
AP Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
SM Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	0.176 kilometers
Free Space Path Loss	92.62 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	75 %

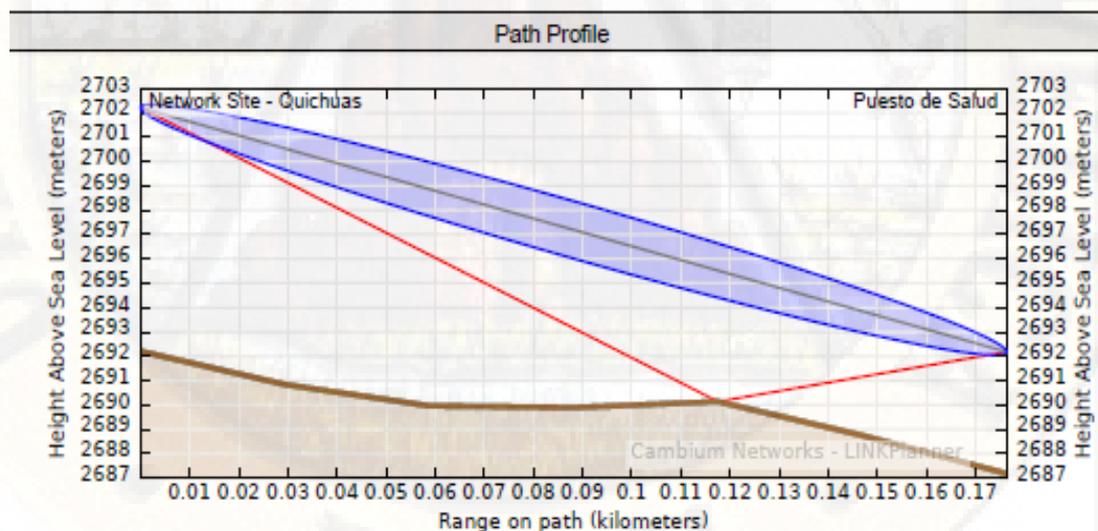


Figura 4.21 – Presupuesto de potencia y zona de Fresnel para el enlace
Nodo Quichuas-Puesto de Salud

Fuente: Elaboración propia con el software LINKPlanner

4.3 Población e instituciones beneficiarias

El equipamiento de los usuarios, beneficiados con servicios digitales basados en fibra óptica, puede constar de sistemas de cómputo potentes que soporten aplicaciones en la nube y multimedia sin experimentar lentitud. La Red de Acceso da servicio al conjunto de instituciones y hogares del distrito de Quichuas. La capacidad mínima considerada para cada usuario en el dimensionamiento de la red del Proyecto es de 2Mbps. Las torres a utilizar en el proyecto pueden ser de diversas alturas de acuerdo con el perfil de los enlaces inalámbricos: 9, 15, 21, 30 y 36m (ver las figuras 4.22 a 4.24). La instalación en los abonados consta de los siguientes elementos:

- Mástil adosado
- Equipos
- Pozo a tierra
- Consumibles (cables, canaletas y tubo corrugado)

Se considera la implementación de un módulo de acceso en cada institución beneficiaria y, según sea el tipo de esta, el equipamiento del módulo se clasifica en tres tipos según lo mostrado en la Tabla 4.11.

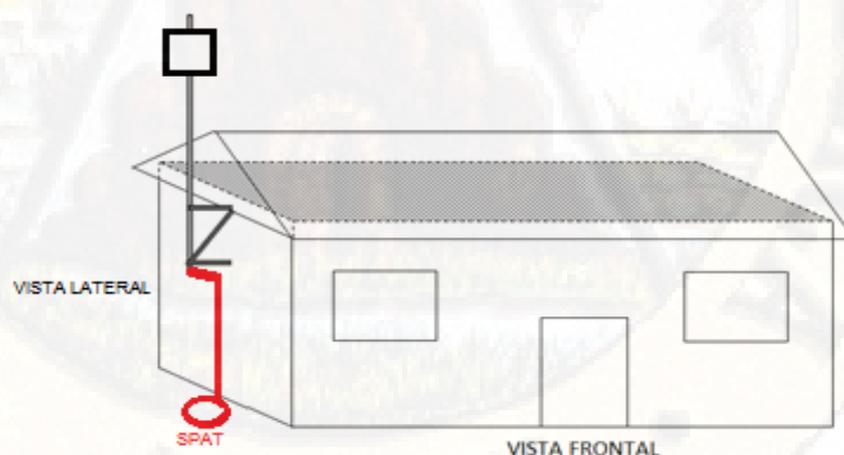


Figura 4.22 – Instalación de antena y sistema de puesta a tierra en local de abonado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.11 – Tipos de equipamiento en las instituciones beneficiarias

INSTITUCIÓN ABONADA OBLIGATORIA	TIPO DE MÓDULO DE ACCESO
Establecimientos de Salud	Tipo A
Comisarías	Tipo A
Locales Escolares	Tipo B

Fuente: FITEL - MTC

El contenido de cada módulo es el siguiente:

MÓDULO DE ACCESO – Tipo A (ver la Figura 4.23)

- Equipo de acceso para el cliente (CPE)
- Un switch de comunicaciones
- Un Access Point indoor
- Una computadora personal
- Una impresora multifuncional
- Un UPS online de 1KVA o superior de acuerdo con la carga a proteger, (200/240V) con tarjeta de red SNMP.

MÓDULO DE ACCESO – Tipo B (ver la Figura 4.24)

- Equipo de acceso para el cliente (CPE)
- Un switch de comunicaciones
- Un Access Point indoor
- Cinco computadoras personales
- Una impresora multifuncional
- Un sistema de puesta a tierra con una resistencia de hasta 5 ohmios con caja de registro

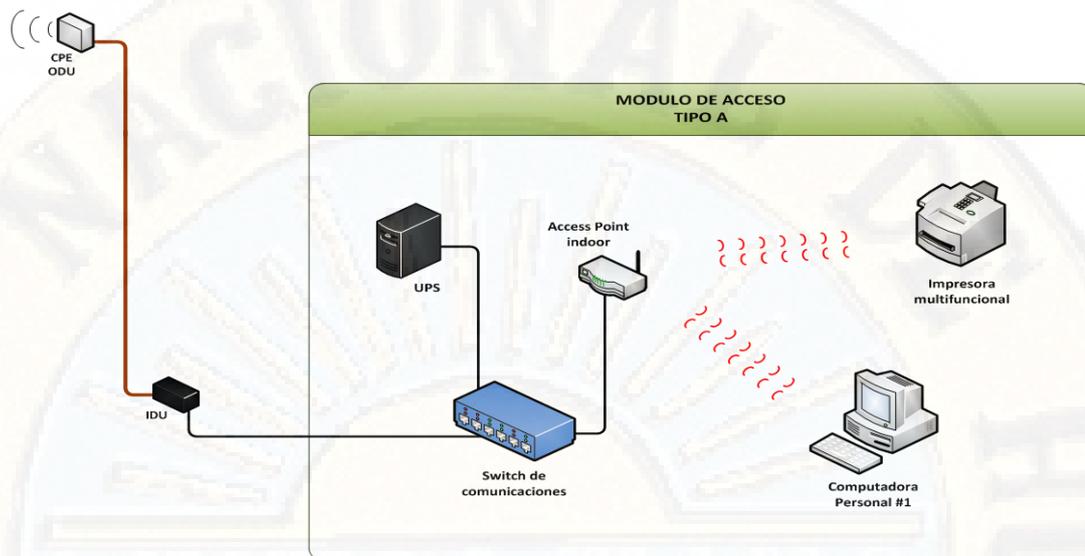


Figura 4.23 – Módulo de acceso tipo A para centros de salud y comisarias

Fuente: FITEL - MTC

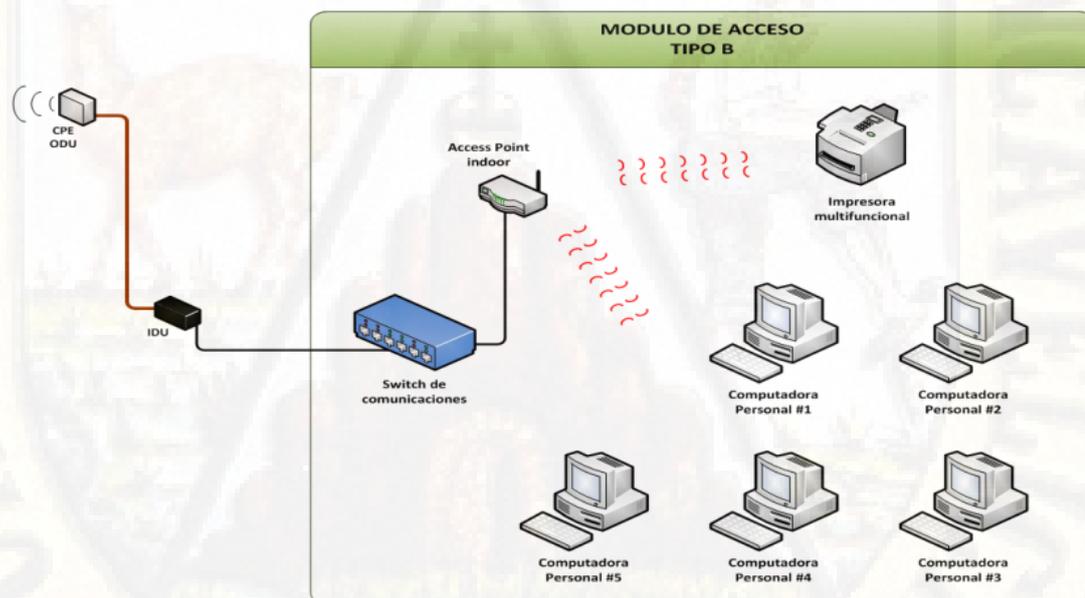


Figura 4.24 – Módulo de acceso tipo B para locales escolares

Fuente: FITEL - MTC

En las figuras 4.25 y 4.26 se presentan las diversas instituciones públicas que se beneficiarán con este proyecto. Considerando el gran ancho de banda disponible, existe la capacidad de expansión o incremento de usuarios a futuro

sin ninguna dificultad, cumpliendo los objetivos de cobertura no solo geográfica sino, también, de usuarios que requieran el servicio dentro del área de influencia considerado. Respecto al costo del servicio de Internet, las tarifas mensuales de los servicios basados en fibra óptica son menores a la de los servicios tradicionales. Esto conlleva a disfrutar de calidad de servicio, cobertura y ancho de banda a precios cómodos, además de contar con mayor cantidad de contenidos.

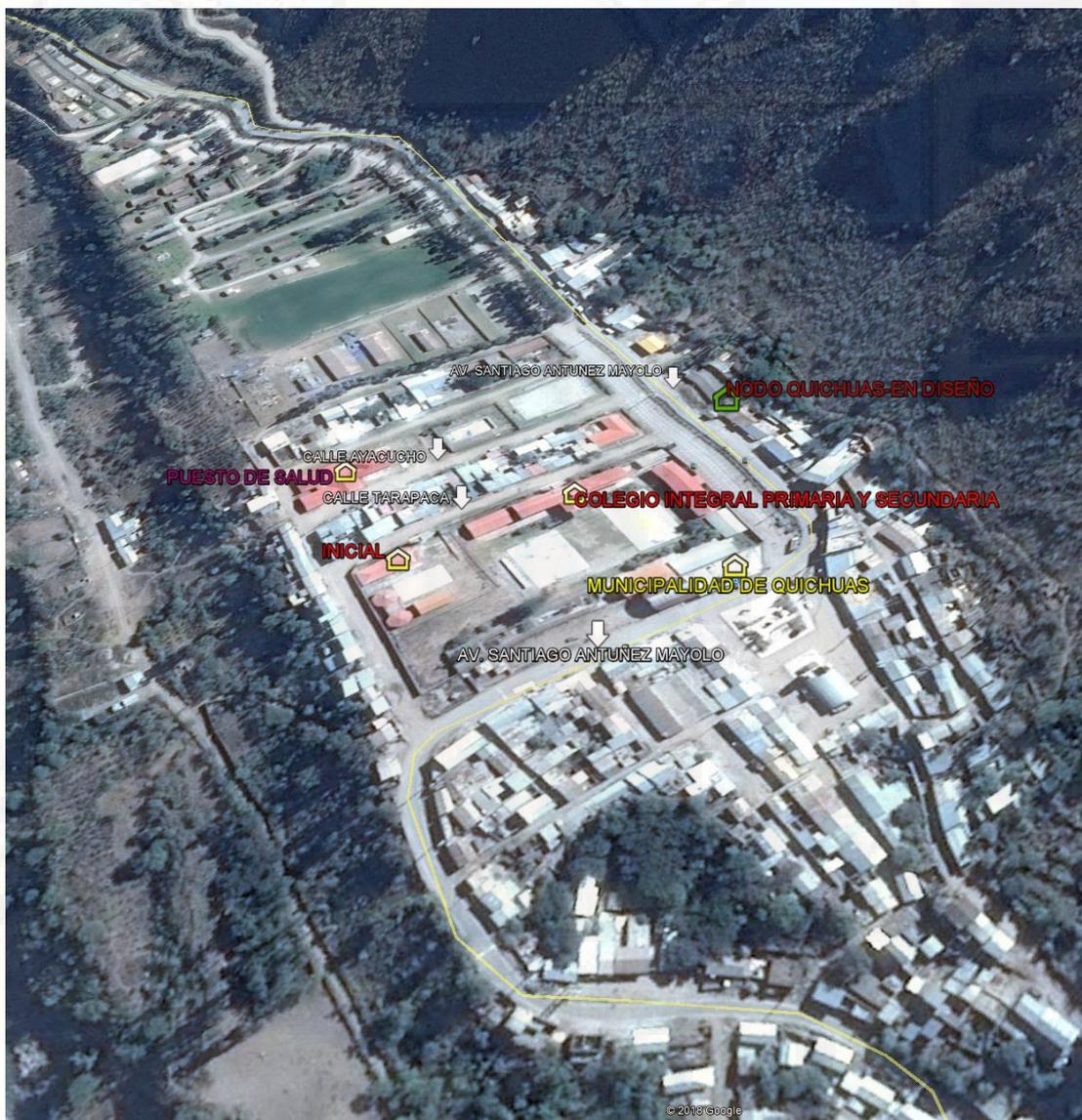


Figura 4.25 – Ubicación de las instituciones beneficiarias del distrito de Quichuas. Se indica, también, la ubicación del nodo de Quichuas

Fuente: Elaboración propia del autor

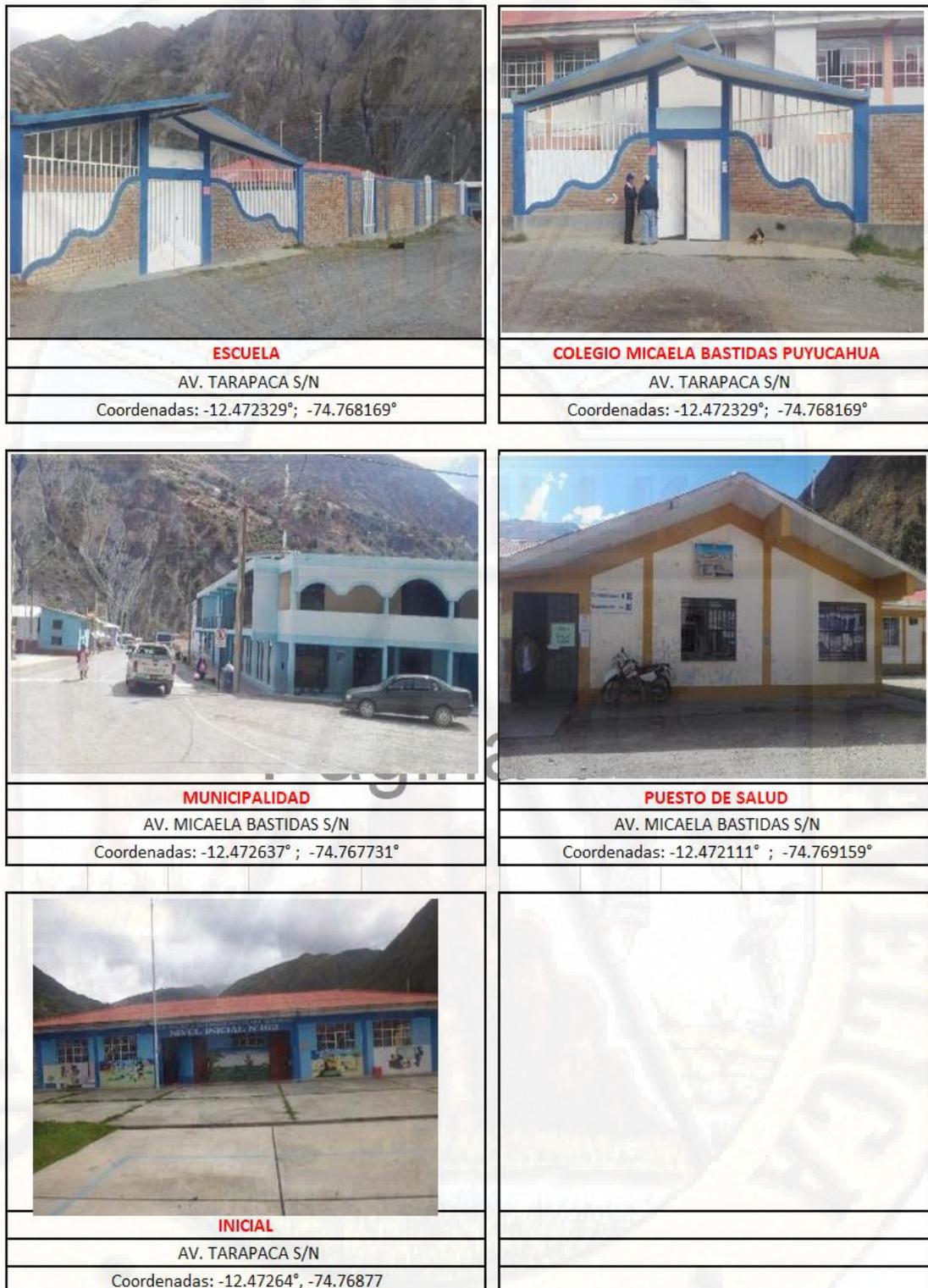


Figura 4.26 – Algunas de las instituciones beneficiarias del distrito de Quichuas

Fuente: Fotos tomadas por el autor

4.4 Calidad del servicio

Las redes ópticas se caracterizan por ser inmunes a las típicas interferencias electromagnéticas y ruido eléctrico presentes no solo en entornos domésticos e industriales, sino también en la misma atmósfera debido a cargas estáticas y diversos fenómenos meteorológicos. Esta importante característica garantiza una transmisión de datos confiable a lo largo de toda la red troncal. Las redes ópticas con tendido aéreo suelen sufrir la denominada distorsión por modo de polarización, esta es dependiente de factores ambientales que afectan la geometría de los hilos ópticos y, por ende, la calidad de la señal; sus efectos pueden ser importantes a partir de los 10Gbps y bajo condiciones extremas de viento o esfuerzos mecánicos debidos a una mala instalación o deteriorada ferretería.

Sin embargo, la transmisión de información se realiza también de forma inalámbrica en la red de acceso viéndose expuesto a condiciones climáticas que eventualmente pueden perjudicar la calidad de la señal. Dado este panorama, es necesario mencionar que el diseño realizado considera radios con potencia de transmisión alta, además de un alcance suficiente en toda el área de cobertura. Dado que el área de cobertura es reducida, es posible incluso incrementar la potencia de transmisión para asegurar niveles adecuados de señal sobre todo en épocas de extrema lluvia que es cuando la señal inalámbrica sufre mayor atenuación [UIT, 2016].

Al margen de lo anterior y otras fuentes de error de datos, el sistema diseñado incorpora equipamiento redundante, también hilos o rutas alternas en el mismo cable óptico. En el medio atmosférico, la integridad de los datos se garantiza mediante técnicas de control de errores que permiten su detección y/o corrección.

Finalmente, la transmisión de datos se diseña en diversos canales o anchos de banda según tipo de tráfico o servicios a brindar (voz, vídeo o datos). La calidad de servicio se constata mediante equipos que realizan pruebas aplicando estándares comerciales, como el Y.1564, a nivel Carrier Ethernet [EXFO, 2018]. Los resultados de estas pruebas se presentan en la sección de apéndices.

4.5 Prueba de hipótesis

El objetivo de esta sección es verificar que los resultados obtenidos en el presente trabajo corroboren todas las hipótesis formuladas. Para ello se empleó, en la mayoría de los casos, la prueba de hipótesis estadística T-Student con la finalidad de obtener conclusiones sobre las hipótesis nula o alternativa en base a los resultados de este trabajo. Existen un total de siete hipótesis formuladas, las mismas que se verifican a continuación mediante datos demostrativos tomados en la localidad en la que se ubica uno de los nodos de la troncal óptica diseñada en el presente trabajo, el nodo/radioeléctrico Mariscal Cáceres (ver la Figura 4.10).

a) Hipótesis 1

Hipótesis nula, H_0

El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en la calidad de servicio para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

La calidad de servicio de una red se define como su capacidad para proveer un servicio adecuado; para ello, ciertos parámetros de la red (BER, retardo, jitter, throughput, frame loss), analizados en capa 2, deben tomar valores dentro de rangos o umbrales estandarizados. Se verificó mediante medición con analizador Ethernet.

La hipótesis 1, entonces, es válida si se cumplen, a su vez, todas las subhipótesis nulas siguientes:

- H_{01}

La tasa de error de bits (BER) es menor a 10^{-12} .

- H_{02}

El retardo es menor a 30ms, en cada sentido.

- H_{03}

El jitter (variación del retardo) es menor a 10ms, en cada sentido.

- H_{04}
La tasa de pérdidas de paquetes (frame loss rate) es menor a 10^{-3} .
- H_{05}
El throughput (velocidad real de datos) es mayor o igual al 40% de la velocidad contratada de 2Mbps.

En apéndices se muestra el reporte de los resultados obtenidos de medir los diversos parámetros de calidad del enlace óptico empleando el analizador Ethernet, MAX-860 de EXFO. En su conjunto todas las pruebas fueron satisfactorios (PASS) y a continuación se comprueban las hipótesis.

H_{01}

BER (bit error rate)

Se verificó mediante medición de la relación entre la cantidad de bits erróneos recibidos con respecto al total de bits recibidos, en el transcurso de 24 horas de funcionamiento continuo de la red. En la Tabla 4.12 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 4.12 – Resultados de la prueba de tasa de error de bits

Prueba	Resultado
BER Pass/Fail Verdict	PASS
Duration	24 hours
BER Alarms, No Traffic	0 seconds
BER Alarms, Pattern Loss	0 seconds
BER Errors: Bit Error	0
BER Errors: Mismatch '0'	0
BER Errors: Mismatch '1'	0

Fuente: Elaboración del autor

Conclusión: Dado que los resultados son menores al umbral de 10^{-12} , la subhipótesis nula H_{01} quedó demostrada.

H_{02}

Retardo

Se verificó mediante la medición del tiempo de viaje de la señal, ida y vuelta (*round-trip latency*), entre los nodos que enlaza el cable óptico. Según los resultados del analizador Ethernet (mostrados en apéndices), el tiempo obtenido fue menor 0.015ms.

Tabla 4.13 – Resultados de la prueba de tasa de error de bits

Prueba	Resultado	Umbral (máximo retardo)
Retardo	< 0.015ms	30ms

Fuente: Elaboración del autor

Conclusión: Dado que los resultados fueron menores al umbral de 30ms, la subhipótesis nula H_{02} quedó demostrada.

H_{03}

Jitter

Esta prueba consistió en determinar la variación del retardo. Según los resultados del analizador Ethernet (mostrados en apéndices), el tiempo obtenido fue menor a 0.015ms, tanto de ida como de vuelta.

Tabla 4.14 – Resultados de la prueba de jitter

Prueba	Resultado	Umbral (jitter máximo)
Jitter	< 0.015ms	10ms

Fuente: Elaboración del autor

Conclusión: Dado que los resultados son menores al umbral de 10ms, la subhipótesis nula H_{03} queda demostrada.

H_{04}

Pérdida de paquetes (frame loss rate)

Se verificó mediante la determinación de la relación entre la cantidad de paquetes que no llegaron a su destino, en cada sentido de transmisión, y el total de paquetes transmitidos. Según los resultados del analizador Ethernet (mostrados en apéndices), la cantidad de paquetes perdidos fue nula.

Tabla 4.15 – Resultados de la prueba de pérdida de paquetes

Prueba	Resultado	Umbral (tasa máxima de pérdidas)
Frame loss rate	0	10^{-3}

Fuente: Elaboración del autor

Conclusión: Dado que el resultado obtenido fue menor al umbral de 10^{-3} , la subhipótesis nula H_{04} quedó demostrada.

H_{05}

Throughput

Se verificó mediante la medición de la velocidad real de transmisión de datos a través del enlace óptico (la cual no es equivalente a la velocidad nominal del enlace óptico o máxima soportada). Esta prueba fue, también, satisfactoria y se demuestra, en detalle y estadísticamente, en el apartado correspondiente a la Hipótesis 2.

Conclusión: Dado que el throughput obtenido fue superior a los mínimos garantizados por el operador de servicios, la subhipótesis nula H_{05} queda demostrada.

Finalmente, dado que se cumplieron las cinco subhipótesis nulas que conforman la hipótesis nula H_0 , se dió a esta última por válida.

b) Hipótesis 2

El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en el ancho de banda para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

De acuerdo al Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, emitida el 10 de octubre de 2014, mediante la Resolución del Consejo Directivo del OSIPTEL N° 123-2014-CD-OSIPTEL¹, y en vigencia desde el mes de marzo de 2015, las operadoras están obligadas a brindar y garantizar que las velocidades mínimas de sus enlaces de Internet sean del 40% de la contratada, tanto de subida como de bajada. Para una velocidad contratada de bajada de 2Mbps y de subida de 512Kbps, el operador garantiza que las velocidades mínimas sean de 819.2Kbps y 204.8Kbps, respectivamente. Se demostró que la velocidad del servicio de acceso a Internet al usuario final es igual o superior a esos valores.

A continuación, se detalla la validez de esta hipótesis nula en base a los datos obtenidos de velocidades de bajada y de subida tomada en las PCs instaladas de las instituciones beneficiarias y usuarios, en total 24 muestras.

Hipótesis nula, H_0

Mediante la red de fibra óptica se mejora el ancho de banda para las comunicaciones en las instituciones públicas y usuarios del distrito de Quichuas con una velocidad de descarga igual o superior a 819.2Kbps y de subida igual o superior a 204.8Kbps.

Hipótesis alternativa, H_1

Mediante la red de fibra óptica no se mejora el ancho de banda para las comunicaciones en las instituciones públicas y usuarios del distrito de

¹ <https://www.osiptel.gob.pe/Archivos/ResolucionAltaDireccion/ConsejoDirectivo/Res123-2014-CD.pdf>

Quichuas con una velocidad de descarga menor a 819.2Kbps y de subida menor a 204.8Kbps.

En la Tabla 4.16 se presentan los datos de medición obtenidos.

Tabla 4.16 – Resultados obtenidos de las mediciones de ancho de banda

Medición	Fecha	Hora	Velocidad de bajada (Kbps) (down link speed)	Velocidad de subida (Kbps) (up link speed)
1	25/10/2018	8:00 – 9:00	815	201
2	25/10/2018	9:00 – 10:00	820	208
3	25/10/2018	10:00 – 11:00	821	198
4	25/10/2018	11:00 – 12:00	806	199
5	25/10/2018	12:00 – 13:00	825	204
6	25/10/2018	13:00 – 14:00	802	202
7	25/10/2018	14:00 – 15:00	812	200
8	25/10/2018	15:00 – 16:00	822	201
9	25/10/2018	16:00 – 17:00	815	198
10	26/10/2018	8:00 – 9:00	826	187
11	26/10/2018	9:00 – 10:00	830	200
12	26/10/2018	10:00 – 11:00	825	201
13	26/10/2018	11:00 – 12:00	817	200
14	26/10/2018	12:00 – 13:00	810	208
15	26/10/2018	13:00 – 14:00	824	203
16	26/10/2018	14:00 – 15:00	830	204
17	26/10/2018	16:00 – 17:00	817	200
18	27/10/2018	8:00 – 9:00	819	197
19	27/10/2018	9:00 – 10:00	827	199
20	27/10/2018	10:00 – 11:00	831	202
21	27/10/2018	11:00 – 12:00	824	210
22	27/10/2018	12:00 – 13:00	810	208
23	27/10/2018	13:00 – 14:00	815	205
24	27/10/2018	14:00 – 15:00	816	210
Promedio de las mediciones			819.1	201.9
Desviación estándar de las mediciones			7.7	5.0

Fuente: Elaboración del autor

Se probó la hipótesis nula H_0 tanto para el ancho de banda de bajada como para el ancho de banda de subida.

BAJADA

Según los datos de la Tabla 4.16, tenemos:

$\bar{x} = 819.1 \text{ Kbps}$ Promedio de las mediciones de la velocidad de bajada

$\sigma = 7.7 \text{ Kbps}$ Desviación estándar de las mediciones de la velocidad de bajada

Se determinó la zona de aceptación.

Para un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ o nivel de confianza de 0.95, se determinó el intervalo de aceptación mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[\bar{x} - z_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \infty \right]$$

Donde:

n Tamaño de la muestra (24)

z_{α} Estadístico, valor crítico, su valor es de 1.645 para $\alpha = 0.05$ o nivel de confianza de 0.95

Reemplazando los valores:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[819.1 - 1.645 \frac{7.7}{\sqrt{24}}, \infty \right]$$

$$\text{Intervalo de aceptación} = [816.53, \infty]$$

Conclusión: se verificó que el valor promedio obtenido de velocidad de bajada (819.1Kbps) es mayor que 816.53; es decir, está dentro del intervalo de confianza. Por lo tanto, la hipótesis nula (H_0), para velocidad de bajada, es válida.

SUBIDA

Según los datos de la Tabla 4.16, tenemos:

$\bar{x} = 201.9 \text{ Kbps}$ Promedio de las mediciones de la velocidad de subida

$\sigma = 5.0 \text{ Kbps}$ Desviación estándar de la velocidad de subida

Se determinó la zona de aceptación.

Para un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ o nivel de confianza de 0.95, se determinó el intervalo de aceptación mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[\bar{x} - z_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \infty \right]$$

Donde:

n Tamaño de la muestra (24)

z_{α} Valor crítico, es 1.645 para $\alpha = 0.05$ o nivel de confianza de 0.95

Reemplazando los valores:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[201.9 - 1.645 \frac{5}{\sqrt{24}}, \infty \right]$$

$$\text{Intervalo de aceptación} = [199.88, \infty]$$

Conclusión: se verificó que el valor promedio obtenido (201.9 Kbps) es mayor que 199.88; es decir, está dentro del intervalo de confianza. Por lo tanto, la hipótesis nula (H_0), para velocidad de subida, es válida.

Se comprobó que las velocidades, tanto de subida como de bajada, son mayores a las indicadas como umbrales acordes a los exigidos según normas vigentes. Por otra parte, y de forma complementaria, comparamos estas velocidades con las velocidades del servicio satelital que se ofrecen en el distrito de Quichuas. Según la Tabla 1.3, la velocidad de subida del servicio satelital es de 512Kbps (a un costo de S/ 950.00 por el servicio mensual). Esta velocidad de subida está por debajo de la velocidad de 2Mbps (u 819.2Kbps garantizados) ofrecida por el servicio mediante fibra óptica. Para el caso de la velocidad de subida, los servicios satelitales ofrecen una velocidad de 128Kbps frente a los 201.9Kbps del servicio mediante fibra óptica. Cabe recalcar que existen servicios satelitales a velocidades mayores pero su costo sube prohibitivamente para usuarios comunes, volviéndolos en opciones no viables.

c) Hipótesis 3

Hipótesis nula, H_0

El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en el equipamiento de usuario para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

El equipamiento en las instituciones beneficiarias se detalla en la Tabla 4.17, incluye equipo de cómputo, impresora y equipos de comunicación de datos (Figura 4.27), además de un sistema de respaldo de energía con UPS. Este equipamiento permite la conexión de varias computadoras mediante cable de red o vía WiFi. No existen las limitaciones impuestas por los servicios satelitales respecto a un máximo de computadoras que puedan usar a la vez el servicio. El apreciable ancho de banda permite conectar todas las computadoras necesarias dentro de una vivienda o centro de trabajo típicos. El equipamiento mínimo recomendado para las instituciones públicas y usuarios del servicio consta de una computadora Advance, modelo AI-4556 (All-in-one) con las siguientes características técnicas (Figura 4.28):

Monitor de 21.6 pulgadas, LCD, resolución de 1920x1080

Procesador Intel Core i3 de 2.53GHz

Memoria RAM de 4GB

Disco duro de 0.5TB

Unidad de DVD

Interfaz de red LAN, 100Mbps

Interfaz inalámbrica WLAN 802.11b/g/n

Cámara web de 2M pixeles

Sonido incorporado

Lector de tarjetas

Impresora

Tabla 4.17 – Equipamiento en las instituciones beneficiarias

Equipo	Marca	Modelo	Cantidad
PC	Advance	AI-4556	1 (centros de salud y comisarias) 5 (colegios) Variable para otros usuarios
Impresora	HP	OfficeJet Pro 8710	1
Access Point	Xirrus	XR-600	1
UPS	Emerson	Liebert GXT MT 1K	1
Router	Mikrotik	RB750GR2	1
Switch	DLINK	DGS-1210-10P	1
Teclado	Advance	N/A	1 o 5
Mouse	Advance	N/A	1 o 5
CPE ePMP force180	CAMBIUM NETWORKS	C050900P071A	1

Fuente: FITEL - MTC



Figura 4.27 – Equipamiento de red para los usuarios finales

Fuente: FITEL - MTC

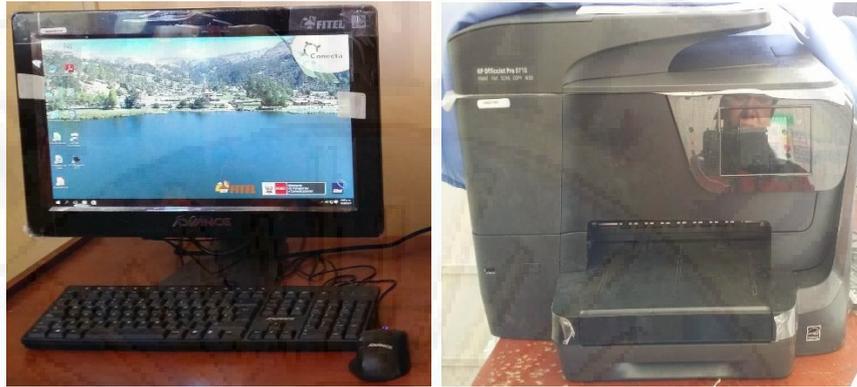


Figura 4.28 – Equipamiento de cómputo para los usuarios finales

Fuente: FITEL - MTC

El gran ancho de banda disponible permite el acceso a gran diversidad de servicios digitales; por ende, se requieren equipos de cómputo con capacidades multimedia, memoria y vídeo, que permitan el aprovechamiento pleno de todos los contenidos.

Con respecto a los servicios satelitales, caracterizados por su lentitud y retardos, no tiene mayor sentido, ni propósito, el empleo de equipos de cómputo potentes dado que el escaso ancho de banda del que disponen no lo hacen apropiados para contenidos con alta exigencia y demanda de los recursos hardware.

Conclusión: dado que los sistemas basados en fibra óptica permiten el acceso a contenidos digitales que hace uso extensivo y demandante de recursos informáticos posibles solo con equipamiento modernos, quedó demostrada la hipótesis nula H_0 .

d) Hipótesis 4

Hipótesis nula, H_0

El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en el costo para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

Según la Tabla 1.3, el costo mensual del servicio satelital en la zona es de S/950.00 para la velocidad más baja (128Kbps de subida y 512Kbps de

bajada). En la Tabla 4.18, se muestran las tarifas de acceso a Internet mediante fibra óptica para las entidades públicas, tanto para enlaces de 2 y de 4Mbps.

Tabla 4.18 – Tarifas de acceso a Internet mediante fibra óptica

Tipo de conexión	Velocidad de descarga	Velocidad mínima garantizada (%)	Asimetría Velocidad	Renta Mensual (Incluido los impuestos de ley)
1	2 Mbps	40%	4:1	S/. 97,59
2	4 Mbps	40%	4:1	S/. 142,06

Fuente: MTC - Pronatel

Conclusión: se comparó las tablas 1.3 (costo de los servicios satelitales) y 4.18 (costo de los servicios mediante fibra óptica) y se dedujo que el costo de los servicios mediante fibra es mucho más económico, unas diez veces menor, que los satelitales.

Por lo tanto, se dio por válida la hipótesis nula H_0 .

e) Hipótesis 5

Hipótesis nula, H_0

El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

La cobertura de los servicios de Internet depende de dos factores:

- Que la red de acceso brinde cobertura inalámbrica a todo el distrito, con suficiente nivel de potencia y radios con múltiples canales. Esto fue demostrado estadísticamente en la sección g (Hipótesis 7).
- Sin embargo, una cobertura inalámbrica garantizada no es de por sí suficiente si el ancho de banda disponible en la troncal es bajo. Una troncal con bajo ancho banda ocasionaría congestión, retardos y cortes en el servicio que equivalen a una reducción de cobertura por limitación de ancho de banda de la troncal. La disponibilidad de

un buen ancho de banda quedó demostrada en la sección *b* (Hipótesis 2).

Conclusión: dado que se demostró la cobertura inalámbrica en toda el área de influencia y, además, se demostró que el ancho de banda óptico cumple con los mínimos garantizados según la normativa vigente, queda demostrada la hipótesis nula H_0 .

f) Hipótesis 6

Hipótesis nula, H_0

El desarrollo y empleo de aplicativos informáticos ayuda al cálculo y diseño de los presupuestos de potencia óptica.

Esta hipótesis se comprobó fácilmente comparando el no uso de un aplicativo, con las consiguientes demoras en los cálculos y posibilidad de cometer errores, y el uso de un aplicativo informático que brindó importantes ventajas como las siguientes:

- Tiempo de cálculo mucho menor
- Reducción de posibles errores de cálculo
- Cambios, mejoras, evaluación de opciones con mayor facilidad
- Documentación
- Reportes gráficos

Conclusión: considerando las ventajas mencionadas, quedó demostrada la hipótesis nula H_0 .

g) Hipótesis 7

El diseño de una red inalámbrica de acceso influye favorablemente en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las Instituciones Públicas y Población del Distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica-2018.

Se demostró la validez de esta hipótesis en base a los datos obtenidos de las potencias de recepción de la señal inalámbrica en 24 usuarios y posiciones diversas dentro del área de cobertura considerada. Para todos los casos se consideró que la potencia de recepción mínima (sensibilidad del equipo receptor) es de -86dBm. Este valor se obtuvo del datasheet del fabricante de los equipos empleados, Cambiun Networks y corresponde a la sensibilidad o mínima potencia reconocible por el receptor. Se demostró que la potencia recibida fue igual o superior a ese valor. Para ello, se plantearon dos hipótesis.

H_0 , hipótesis nula

Mediante la red de acceso inalámbrica se logra cobertura en toda la localidad considerada, con potencia de recepción mayor o igual al umbral de -86dBm.

H_1 , hipótesis alternativa

Mediante la red de acceso inalámbrica no se logra cobertura en toda la localidad considerada debido a que la potencia de recepción es menor al umbral de -86dBm.

En la Tabla 4.19 se presentan los datos obtenidos de las mediciones realizadas en toda el área considerada, un total de 24 muestras, a partir de los cuales se determinaron las siguientes variables estadísticas para la demostración de las hipótesis:

$\bar{x} = -64 \text{ dBm}$	Promedio de las mediciones de la potencia de recepción
$\sigma = 8.4 \text{ dBm}$	Desviación estándar de las mediciones de la potencia de recepción

Tabla 4.19 – Mediciones de niveles de recepción de señales inalámbricas

Medición	Latitud sur	Longitud oeste	Altura (m)	Potencia de recepción (dBm) (Downlink RSSI)
1	12° 28' 3.8"	74° 46' 23.15"	2701	-78
2	12° 28' 5.73"	74° 46' 23.1"	2688	-76
3	12° 28' 6.15"	74° 46' 20.97"	2698	-75
4	12° 28' 7.3"	74° 46' 18.83"	2701	-72
5	12° 28' 9.61"	74° 46' 18.54"	2689	-68
6	12° 28' 11.98"	74° 46' 17.48"	2683	-66
7	12° 28' 13.39"	74° 46' 15.39"	2689	-62
8	12° 28' 12.91"	74° 46' 14.38"	2694	-60
9	12° 28' 13.91"	74° 46' 11.58"	2701	-58
10	12° 28' 19.08"	74° 46' 9.73"	2686	-59
11	12° 28' 17.56"	74° 46' 7.27"	2697	-55
12	12° 28' 21.32"	74° 46' 3.41"	2696	-54
13	12° 28' 20.9"	74° 46' 2.58"	2701	-48
14	12° 28' 22.84"	74° 46' 1.95"	2698	-52
15	12° 28' 23.65"	74° 46' 3.26"	2690	-55
16	12° 28' 21.44"	74° 46' 5.01"	2693	-58
17	12° 28' 22.47"	74° 46' 4.55"	2692	-60
18	12° 28' 23.38"	74° 46' 3.78"	2690	-62
19	12° 28' 23.38"	74° 46' 2.16"	2695	-63
20	12° 28' 24.3"	74° 46' 2.66"	2689	-65
21	12° 28' 24.43"	74° 46' 1.38"	2694	-70
22	12° 28' 25.45"	74° 46' 2.15"	2685	-72
23	12° 28' 28.0"	74° 46' 1.13"	2669	-74
24	12° 28' 28.47"	74° 45' 59.56"	2674	-73
Promedio de las mediciones				-64
Desviación estándar de las mediciones				8.4

Fuente: Elaboración del autor

Se determinó la zona de aceptación.

Para un nivel de significación de $\alpha = 0.05$, o nivel de confianza de 0.95, se determinó el intervalo de confianza mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Intervalo de confianza} = \left[\bar{x} - z_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \infty \right]$$

Donde:

n Tamaño de la muestra (24)

z_{α} Estadístico, valor crítico, su valor es de 1.645 para $\alpha = 0.05$ o nivel de confianza de 0.95

Se reemplazó los valores, obteniéndose el siguiente intervalo de confianza:

$$\text{Intervalo de confianza} = \left[-64 - 1.645 \frac{8.4}{\sqrt{24}}, \infty \right]$$

$$\text{Intervalo de confianza} = [-66.78, \infty]$$

Conclusión: se verificó que el valor promedio obtenido en las mediciones de potencia de recepción (-64dBm) fue mayor que el límite inferior (-66.78dBm) del intervalo de confianza; es decir, está dentro de dicho intervalo. Por lo tanto, la hipótesis nula (H_0) es válida.

4.6 Discusión de resultados

Se discute a continuación los resultados obtenidos en el presente trabajo acorde con los objetivos e hipótesis planteadas y la demostración realizada de estas últimas.

Con respecto al primer objetivo, la calidad de los servicios de datos tiene dependencia directa del medio de transmisión empleado para el flujo de los datos. Específicamente, depende de que tan susceptible es la fibra óptica al ruido, perturbaciones y condiciones ambientales propias de la zona. La inmunidad al ruido es cuantificable mediante una serie de parámetros medidos en el presente trabajo y cotejados con los valores umbrales establecidos. Es sabido que la fibra óptica se caracteriza por su inmunidad al ruido electromagnético. Ello quedó confirmado pues en todos los parámetros medidos se obtuvo resultados muy por encima de los límites permitidos

garantizando la calidad de la señal. Así mismo, se debe mencionar que la señal óptica se caracteriza por sus bajísimas pérdidas, esto se traduce en que la potencia de la señal se mantenga por encima de la potencia del ruido o que la señal mantenga forma, amplitud y ancho al llegar a su destino. Además, los retardos de la señal en su propagación por la fibra son reducidos y bajo control para la velocidad de 2Mbps considerada en el enlace. Los efectos de distorsión o ensanchamiento de los pulsos se presentan a partir de velocidades de 10Mbps por lo cual no representa problema alguno, especialmente la dispersión por modos de polarización que es causada por efectos mecánicos y ambientales (lluvias, vientos y cambios extremos de temperatura, dilataciones y compresiones) que modifican la geometría física de la fibra. Los sistemas alternativos, como la comunicación satelital, son sumamente susceptibles a las condiciones meteorológicas que provocan la degradación, pérdida de la señal y fuertes latencias.

También, como parte del presente trabajo se realizó un análisis del estado de la red regional de Huancavelica, dado que uno de sus nodos, el nodo Mariscal Cáceres, se emplea como nodo origen al cual se enlaza el distrito de Quichuas. Al respecto, la red regional de Huancavelica tiene alta capacidad, con enlaces troncales de 10Gbps y enlaces distritales de 1Gbps, en todos los casos empleando cables ópticos de 48 hilos. Por ello, es necesario su aprovechamiento en este tipo de proyectos orientados a zonas no consideradas por el estado debido a la baja densidad poblacional.

Con respecto al segundo objetivo, los resultados obtenidos corroboran la hipótesis planteada al comprobarse que las velocidades promedio de transmisión, tanto de subida como de bajada, superan los umbrales mínimos establecidos según normativa de obligatorio cumplimiento por parte de las operadoras de telecomunicaciones. Es de destacar que la fibra se caracteriza por su elevado ancho de banda y la posibilidad real de ampliarla a futuro, directamente o mediante técnicas como WDM. no siendo necesario en este caso, o por el momento, dada la limitada cantidad de usuarios en el distrito de Quichuas. Según los resultados del análisis estadístico realizado, se encontró

que las operadoras brindan solo la velocidad mínima garantizada y no la máxima.

Respecto a la tercera hipótesis, es evidente la mejora de equipamiento del usuario. Esto es necesario debido a la disponibilidad de un servicio de datos veloz por el cual pueden accederse a contenidos digitales diversos que demanden alto procesamiento o recursos del computador para su efectivo uso en tiempo real y sin latencias (que de por sí no existen en el medio de transmisión). La latencia en los servicios o aplicaciones de computador que trabajan conectados a la red de redes puede tener como causa un equipo de cómputo de gama baja, ósea con recursos gráficos pobres, escasa memoria RAM y baja capacidad o lentitud del disco duro.

Con respecto al cuarto objetivo, la información presentada como evidencia y prueba de hipótesis corrobora que los servicios brindados con tecnología óptica tienen actualmente costos al usuario sumamente reducidos y con mejores prestaciones. Esta situación es el común denominador en las ciudades capitales del Perú y se extiende también a todas las localidades a las que alcance la fibra mediante la red regional y sus ampliaciones con es el caso del presente trabajo. Es evidente la gran ventaja de los bajos costos a pagar por los servicios mensuales comparado con los servicios satelitales que serían adecuados en zonas fuera de la cobertura planificada o para empresas con campamentos o instalaciones alejadas del distrito de Quichuas.

El quinto objetivo trata de la influencia del uso de la fibra óptica en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en el distrito de Quichuas. Al respecto, la cobertura depende de diversos aspectos. Puede tratarse de una zona geográfica reducida o amplia. En cualquier caso, debe considerarse la potencia de las radios empleadas (que se traduce en el alcance de la señal), la cantidad de usuarios que puede atender simultáneamente las antenas sectoriales, las condiciones climáticas propias de la zona, control de errores empleados en la transmisión. Todos los casos mencionados pueden ser los mejores, y de echo son los mejores en lo que respecto al diseño realizado en el presente trabajo, pero de nada valdrían si el enlace troncal fuese de bajo ancho de banda, propenso a latencias, desvanecimientos de la señal u otras

situaciones que perjudiquen la calidad o velocidad de las transmisiones. Por ello, disponer de una troncal óptica garantiza cobertura siempre y cuando por la red acceso se realice, también, un buen diseño que aproveche el elevado ancho de banda disponible con el cual se puede dar cobertura no solo geográfica a mayor cantidad de usuarios, sino también cobertura con calidad. El sexto objetivo consiste en el desarrollo de un aplicativo para el cálculo y diseño del presupuesto óptico de potencia. El aplicativo desarrollado, con un entorno interactivo en Matlab, permitió determinar con gran exactitud los márgenes de potencia en el lado receptor considerando todas las pérdidas involucradas y otros márgenes de diseño y respaldo. Se tomó en cuenta todas las variables y parámetros involucrados incluyendo niveles de potencia de transmisión y recepción de los transceivers empleados los cuales soportan hasta una distancia máxima de 40km de alcance, suficientes para el presente caso en el cual el enlace es de unos 26km. Los resultados del diseño teórico empleado el aplicativo desarrollado deben contrastarse con mediciones de caracterización del enlace óptico empleando instrumentos como Power Meter, OTDR o iOLM. Sin embargo, también pueden verificarse mediante pruebas de operatividad o calidad, como las consideradas en el presente trabajo. Finalmente, respecto al sexto objetivo e hipótesis, el uso de redes inalámbricas permitió realizar la cobertura geográfica del distrito de Quichuas, esto quedó demostrado mediante las mediciones de potencia realizadas para verificar la hipótesis. Los valores obtenidos fueron adecuados, varios dBs por encima del mínimo reconocible por el equipo receptor. El empleo del software LINKPlanner fue de gran ayuda en los cálculos de presupuestos de potencia, diagramas de cobertura sobre mapas en Google Earth y listado de materiales a ser empleados en el despliegue. Los diagramas de cobertura ayudaron a validar la cobertura real en campo.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo, y la demostración de cada una de las hipótesis planteadas, pone en evidencia la importancia y grandes ventajas de usar las modernas tecnologías ópticas para proveer de comunicación e información a las zonas más alejadas del Perú.

De acuerdo al desarrollo, cálculos y verificaciones realizadas, el diseño de una red empleando fibra óptica como enlace troncal aporta una mejora sustancial en la comunicación de datos de las Instituciones Públicas y población del Distrito de Quichuas ubicada en la región de Huancavelica. Así, la calidad del servicio no solo mejora, sino que es garantizada al emplearse una red de fibra óptica de por si inmune a las interferencias operando continuamente y definida para cumplir con diversos parámetros de calidad como el jitter, latencia, Throughput y pérdidas de paquetes. El uso de fibra óptica como red troncal supera completamente los problemas asociados al empleo de comunicación vía satélite, muy sensible a las condiciones ambientales. En tal sentido, prácticamente se descarta ese factor y se garantiza no solo la calidad, sino también la disponibilidad continua del servicio.

Las comunicaciones por fibra óptica se caracterizan por su elevado ancho de banda. Tal es así que, para el presente proyecto, brindarán diversos servicios de voz, datos y vídeo simultáneamente a los abonados y a velocidades mucho más elevadas que otras tecnologías. Así mismo, las redes ópticas al tener mayor ancho de banda permitirán atender a mayor número de abonados. Comparado con los servicios satelitales (ver la Tabla 1.3), las redes ópticas ofrecen al abonado la ventaja de aumentar el ancho de banda fácilmente.

Al soportar altas velocidades, las redes ópticas permitirán que el usuario contrate o acceda a contenidos o servicios digitales que demanden, no solo mayor ancho de banda, sino también un equipamiento más potente y moderno. En tal sentido, los usuarios deberán contar con computadoras y otros medios, como laptops, tables y smartphones, con los cuales acceder y beneficiarse del elevado ancho de banda de las redes ópticas. Esta

característica va de la mano con el uso de varios equipos a la vez, ya no existirá la limitación de solo emplear una cantidad reducida de equipos como es usual en otros tipos de servicios (Tabla 1.3).

El costo del servicio de acceso a internet mediante fibra óptica es considerablemente menor comparado con otras tecnologías como la satelital (ver las tablas 1.3 y 1.4). Para los mismos anchos de banda, el costo del servicio basado en redes ópticas es, igualmente, considerablemente menor que con otras tecnologías. El costo de instalación del servicio es gratuito para las instituciones beneficiarias. Para las instituciones educativas se brindarán cinco computadoras, una impresora y un Access Point. Para los centros de salud y comisarias se brindarán una computadora, una impresora y un Access Point. Las instituciones beneficiarias deberán pagar mensualmente por los servicios, los cuales poseen las tarifas cómodas. Por otra parte, de acuerdo a la reglamentación vigente, las tarifas del servicio de acceso a Internet para hogares serán determinadas por el operador y estarán sujetas al régimen tarifario supervisado por el OSIPTEL.

Las redes ópticas influyen en el aumento de la cobertura de acceso a Internet. Al disponer de mayor ancho de banda los servicios se pueden distribuir a mayor cantidad de usuarios o beneficiarios del distrito de Quichuas, tanto en área como en ancho de banda final al usuario.

La aplicación gráfica e interactiva desarrollada, empleando Matlab, permite el dimensionamiento y verificación del presupuesto óptico de potencia del enlace entre los nodos extremos. Mediante esta aplicación el diseñador puede comprobar el efecto de diversos parámetros o elementos que determinan el presupuesto de potencia tales como: potencias mínima y máxima del transmisor, potencia máxima permitida por el receptor, sensibilidad del receptor, longitud del tramo, cantidad de empalmes y conectores, longitud de onda y parámetros estipulados por los estándares o dados por los fabricantes. Finalmente, el empleo de sistemas inalámbricos basados en antenas IP sectoriales punto multipunto con capacidad de atender a un elevado número de usuario a la vez influye en aspectos como el aumento de cobertura tanto

de clientes como geográfica al tener ancho de banda y alcance considerable según se detalló en las secciones correspondientes.



RECOMENDACIONES

La realización de estudios de proyectos tecnológicos, como el presente trabajo, en favor de localidades poco favorecidas deben ser aprovechadas como punto de partida para su futura implementación. En tal sentido, se recomienda su presentación a la Municipalidad Distrital de Quichuas para la búsqueda o disposición de fuentes de financiamiento. Así mismo, tender puentes entre la academia, la empresa y el sector estatal que coadyuven esfuerzos en beneficios de la población y su crecimiento. Diversos trabajos, como el presente, son realizados cada año por los egresados de las diversas carreras universitarias; aprovechar las ideas de proyectos e innovaciones de los estudiantes locales es aprovechar el talento del capital humano.

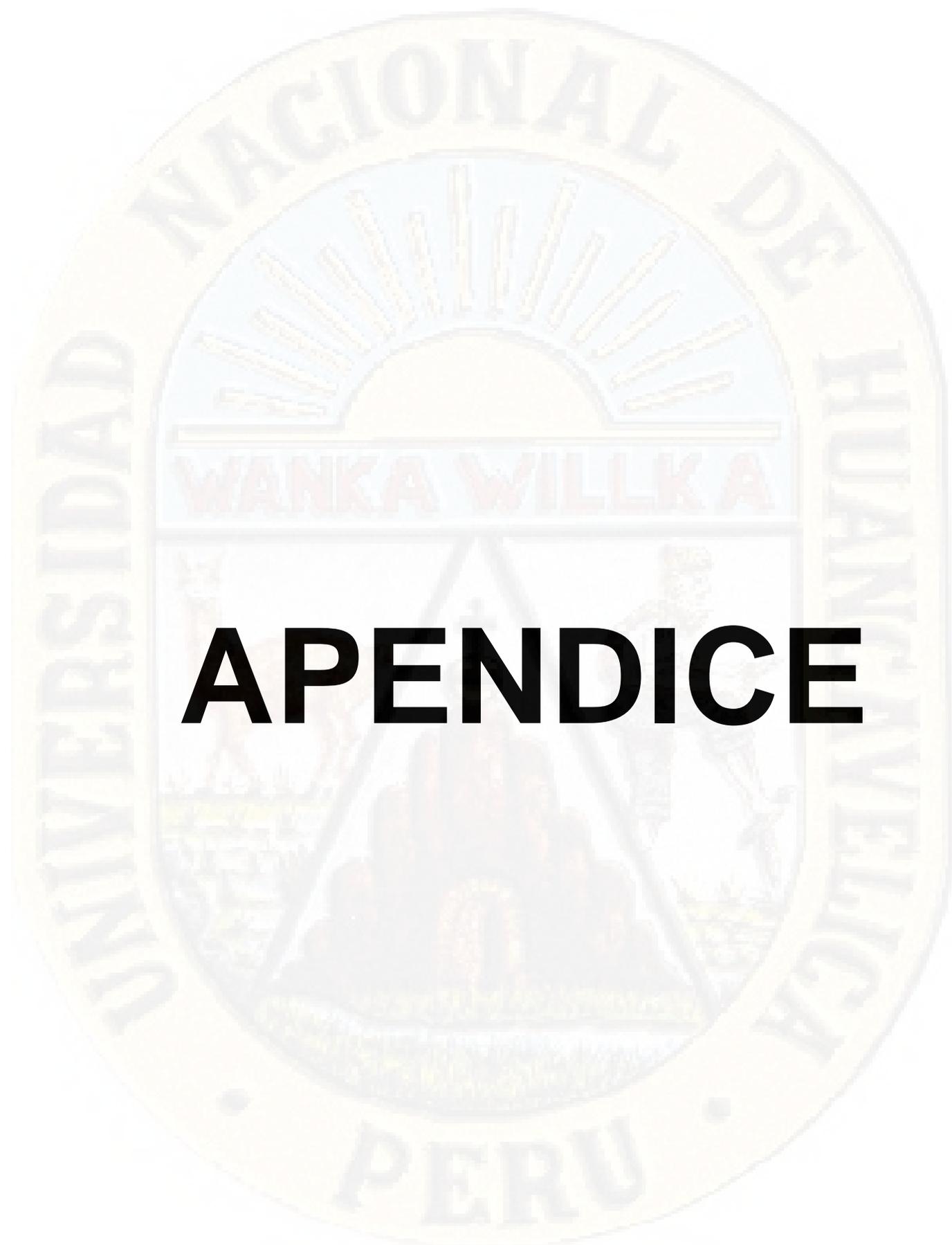
Por otra parte, si bien el empleo de las TICs se ha masificado en la actualidad, es necesario realizar actividades de sensibilización y capacitación a los pobladores del distrito de Quichuas, no solo para familiarizarlos e incentivarlos al uso de estas tecnologías, sino también para darle un uso provechoso y responsable que redunde en desarrollo de la persona y la colectividad en general.

Así mismo, es necesario que un operador privado de telecomunicaciones se encargue de la prestación de los servicios de voz y datos digitales a ser brindados en el distrito dado que brindar esos servicios requieren especializadas. Como parte de sus actividades se debe incluir la difusión de estos servicios y la capacitación y contratación de personal local.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agilent Technologies. (2001). *Fiber Optic. Technical Training Manual*. USA: Agilent Technologies.
- Agilent Technology. (2001). *Optical Time Domain Reflectometers, Pocket Guide*.
- ANRITSU. (2010). *Dispersion in Optical Fibers*.
- Balanis, C. A. (1997). *Antenna Theory. Analysis and Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- BICSI. (2019). *Presupuesto de enlace óptico*
- Cambium Networks. (2018). *LINKPlanner - Design Networks*. Obtenido de <https://www.cambiumnetworks.com/products/management/linkplanner/>
- Cambium Networks. (2019). *PMP Products & Solutions*. Obtenido de <https://www.cambiumnetworks.com/products/pmp-distribution/>
- Cardama Aznar, A., & Roca, L. J. (2002). *Antenas*. Barcelona: Alfaomega.
- EXFO. (2008). *Guide to WDM. Technology and Testing. A unique Reference for the Fiber Optic Industry*.
- EXFO. (2018). *MAX-860 Series - Prueba de redes Carrier Ethernet hasta 10Gbps*
- EXFO. (2019). *FTB-735C - metro/PON FTTx/MDU OTDR*. Obtenido de <https://www.exfo.com/es/productos/pruebas-de-redes-de-campo/otdr-y-iolm/ftb-735c/>
- Feng, X. (2013). *Optical Time Domain Reflectometers. Fiber Optic. Installer's Field Manual*. (2000). New York: McGraw-Hill.
- FITEL. (2018). *Proyectos en Ejecución*. Obtenido de <https://www.fitel.gob.pe/pg/proyectos-ejecucion.php>
- FOA. (2019). *Presupuesto de potencia y de pérdida óptica*. Obtenido de <https://www.thefoa.org/ESP-Design/Ch9.htm>
- GARMIN. (2019). *BaseCamp*. Obtenido de <https://www.garmin.com/es-ES/shop/downloads/basecamp>
- GSMA. (2016). *Inclusión digital en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Ministerio de Educación: <http://disde.minedu.gob.pe/handle/123456789/4766?show=full>
- Hitachi Chemical. (2019). *Descripción de la Batería VRLA*. Obtenido de <http://www.csb-battery.com.tw/upfiles/gen01478078909.pdf>
- ICOPTIKS. (2018). *Cable ADSS*. Obtenido de <https://www.icoptiks.mx/fibra-optica/cables-de-fibra-optica/>
- IEEE. (2009). *MetroEthernet*. Obtenido de <http://www.ieee.org.ar/downloads/metroethernet.pdf>
- INEI. (2017). *Huancavelica. Compendio Estadístico 2017*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1494/libro.pdf
- JDSU. (2000). *Reference Guide To Fiber Optic Testing - Second Edition. 1*.
- MTC Viceministerio de Comunicaciones. (2018). *Agenda Pendiente, Sector Comunicaciones*. Obtenido de

- http://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2018/Transportes/files/forotelecomunicaciones/mtc_vmc_8nov_nakagawa.pdf
- NECA. (2016). Standard for Installing and Testing Fiber Optics. Obtenido de https://www.thefoa.org/tech/ref/1pstandards/NECA301-16_P.pdf
- PROINVERSION. (2018). *Red Dorsal Nacional de Fibra Optica*. Obtenido de <http://www.proinversion.gob.pe/MODULOS/LAN/landing.aspx?are=0&pfl=1&lan=13&tit=red-dorsal-de-fibra-%C3%B3ptica>
- TIA/EIA. (2000). Optical Fiber Cabling Components Standard (TIA/EIA-568-B.3). En T. I. Association.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (18 de setiembre de 2016). <https://www.itu.int/>. Obtenido de Propagación de las ondas radioeléctricas: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P/es>
- UPNA. (2015). *Estudio Experimental de estructuras laser de fibra óptica con anillo óptico*. Trabajo de fin de grado, España.
- VIAVI. (2011). Reference Guide to Fiber Optic Testing. Volume 1, Second Edition.
- VIAVI. (2010). Reference Guide to Fiber Optic Testing. Volume 2
- VIAVI. (2016). Key Test Practices that Minimize Optical Network Downtime.
- ZTT. (2019). *Self Supporting Cable -ADSS*. Obtenido de <http://zttcable.com/solution/show-218.html>



APENDICE

Reporte de calidad de servicio: Prueba de BER



MAX-860G Report



PASS

Report Header:	EXFO Inc.
Report Title:	
Report Date:	6/30/2018 4:21:49 PM
Type:	EtherBERT - Framed
Job Information	
Job ID:	
Circuit ID:	
Contractor Name:	
Customer Name:	
Operator Name:	
Comment:	

SUMMARY

Results Summary

Test Status	
Test Status	Completed
Pass/Fail Verdict	PASS
Start Time	6/30/2018 03:43:34 PM
Duration	00d:00:15:00
Test Recovery	0

BER Pass/Fail Verdict	
Pass/Fail Verdict	PASS

BER Alarms	Seconds
No Traffic	0
Pattern Loss	0

BER Errors	Seconds	Count	Rate
Bit Error	0	0	0.00E00
Mismatch '0'	0	0	0.00E00
Mismatch '1'	0	0	0.00E00

Traffic	Frame Count
Total TX	73766402
Total RX	73766401

RX Power Level		
	Min	Max
Power Range (dBm)	-20.0	-1.0
RX Power Level (dBm)	-4.2	-4.0

RX Frequency		
	Max Negative Offset	Max Positive Offset
Frequency Offset (ppm)	0.0	0.0

Alarms/Errors

Alarms/Errors List

Active/Historical Alarms/Errors	None
--	------

Interface

Alarms	Seconds
LOS	0
Frequency	0

Clock Sync

Alarm	Seconds
LOC	0

Ethernet

Alarms	Seconds
Link Down	0

Errors	Seconds	Count	Rate
Symbol	0	0	0.00E00
False Carrier	0	0	0.00E00
Idle	0	0	0.00E00
FCS	0	0	0.00E00
Jabber	0	0	0.00E00
Oversize	Disabled		
Runt	0	0	0.00E00
Undersize	0	0	0.00E00
Total		0	

BER Alarms

	Seconds
No Traffic	0
Pattern Loss	0

BER Errors	Seconds	Count	Rate
Bit Error	0	0	0.00E00
Mismatch '0'	0	0	0.00E00
Mismatch '1'	0	0	0.00E00

IP/UDP/TCP			
Errors	Seconds	Count	Rate
IP Checksum	0	0	0.00E00
UDP Checksum	0	0	0.00E00
TCP Checksum	0	0	0.00E00
Total		0	

Setup Summary

Application Type	EtherBERT - Framed
-------------------------	--------------------

Interface	Port 1
Interface/Rate	1GE Optical
Connector	SFP+

Auto-Negotiation	Enabled
-------------------------	---------

Framing: MAC/IP/UDP

IP Version	IPv4
-------------------	------

	MAC	IP Address	UDP Port
Source	00:03:01:11:84:C9	192.168.10.70 / 255.255.255.0	7
Destination	00:03:01:11:9C:66	192.168.10.180	49184

EtherType	0x0800
Automatic IP (DHCP)	Disabled
TTL	128
TOS	0x00
Default Gateway	Disabled

BER

	TX	RX
Pattern	PRBS31 Non-Inverted	PRBS31 Non-Inverted

Bit Error	
Pass/Fail Verdict	Bit Error Rate
BER Threshold	1.0E-12

Service Disruption	Disabled
---------------------------	----------

Frame Size (Bytes)	1500 Fixed
TX Rate (Mbit/s)	1000.000

TEST RESULTS

Ethernet Traffic

Frame Type	TX Count	RX Count
Multicast	0	0
Broadcast	0	0
Unicast	73766402	73766401
Non-Unicast	0	0
Total	73766402	73766401

Frame Size (Bytes)	RX Count	%
< 64	0	0
64	1	0
65 - 127	0	0
128 - 255	0	0
256 - 511	0	0
512 - 1023	0	0
1024 - 1518	73766400	99
> 1518	0	0
Total	73766401	

TEST SETUP

Clock Synchronization	
Clock Mode	Internal

FUNCTIONS

Ping & Trace Route

Network	
Source MAC Address	00:03:01:11:84:C9
Source IP Address	192.168.10.70 (Stream 1)
Destination IP Address	0.0.0.0

Ping	
Timeout (ms)	4000
Delay (ms)	1000
Data Size (Bytes)	32
TTL	128
Type Of Service (TOS)	0x00

Ping Statistics	
Packets Transmitted	--
Packets Received	--
Percentage Lost (%)	--
Minimum Round Trip Time (ms)	--
Maximum Round Trip Time (ms)	--
Average Round Trip Time (ms)	--

Trace Route	
Timeout (ms)	4000
Max Hop Count	128

Reporte de calidad de servicio: Prueba Y.1564

EXFO Inc.

Page 1 of 12

SUMMARY

Results Summary

Test Status	
Service Configuration Test Status	Completed, Pass
Service Performance Test Status	Completed, Pass
Pass/Fail Verdict	PASS
Start Time	6/30/2018 03:04:43 PM
Duration	00d:00:10:51
Test Recovery	0

EtherSAM

Services Summary			
	Service Name	Service Configuration Test	Service Performance Test
1	Service 1	PASS	PASS

Service Configuration Summary							
	Service Name	Direction	Frame Loss Rate	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Max Throughput (Mbit/s)	Service Verdict
1	Service 1	L->R	0.0E-00	< 0.015		1000.000	PASS
		R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	999.999	PASS

Service Performance Summary							
	Service Name	Direction	Frame Loss Rate	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Avg Throughput (Mbit/s)	Service Verdict
1	Service 1	L->R	0.0E-00	< 0.015		1000.000	PASS
		R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	999.999	PASS

VLAN Preservation	No Mismatch Detected
--------------------------	----------------------

EtherSAM_(Y.1564)_2018.06.30_15.25.11

6/30/2018 3:25:16 PM

Setup Summary

Application Type	EtherSAM (Y.1564)
-------------------------	-------------------

Interface	Port 1
Interface/Rate	1GE Optical
Connector	SFP+

Auto-Negotiation	Enabled
-------------------------	---------

EtherSAM

DTS Enabled	
Remote ID	MAX-860G66
Nat Router Detection	No NAT
Local WAN IP	N/A
Pass/Fail Verdict	Enabled

Sub-Tests			
Service Configuration Test		Service Performance Test	
Ramp Test	Enabled	Status	Enabled
Burst selection	Disabled	Duration	00d:00:10:00
Duration (s)	25		

Ramp	
Step Time (s)	5
Step Values	
1	50 %
2	75 %
3	90 %
4	100 %

Services

Total Committed TX Rate (Mbit/s)	L->R	1000.000
	R->L	1000.000

Services Summary

	Service Name	Profile	Frame Size (Bytes)	Direction	CTR (Mbit/s)	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Frame Loss Rate	CBS (Bytes)
1	Service 1	Data	1500	L->R	1000.000	2.0		1.0E-03	--
				R->L	1000.000	2.0	15.0	1.0E-03	

TEST RESULTS

Ethernet Traffic

Frame Type	TX Count	RX Count
Multicast	0	0
Broadcast	2	2
Unicast	50638855	50642240
Non-Unicast	2	2
Total	50638857	50642242

Frame Size (Bytes)	RX Count	%
< 64	0	0
64	305	0
65 - 127	9	0
128 - 255	133	0
256 - 511	226	0
512 - 1023	1980	0
1024 - 1518	50639589	99
> 1518	0	0
Total	50642242	

Detailed EtherSAM Results

EtherSAM_(Y.1564)_2018.06.30_15.25.11

6/30/2018 3:25:16 PM

Service Configuration Test

Service 1 : Service 1

Committed Steps						
Committed Step	Direction	Frame Loss Rate	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Verdict	Avg Throughput (Mbit/s)
1-50%CIR	L->R	0.0E-00	< 0.015		PASS	500.000
	R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	PASS	499.999
2-75%CIR	L->R	0.0E-00	< 0.015		PASS	750.000
	R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	PASS	749.999
3-90%CIR	L->R	0.0E-00	< 0.015		PASS	900.000
	R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	PASS	899.999
CIR	L->R	0.0E-00	< 0.015		PASS	1000.000
	R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	PASS	999.999

EXFO Inc.

Page 7 of 12

Service Performance Test

Service 1 : Service 1

	Direction	Average	Minimum	Maximum	Estimate
Throughput (Mbit/s)	L->R	1000.000	999.989	1000.001	N/A
	R->L	999.999	999.989	1000.001	N/A
Jitter (ms)	L->R	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015
	R->L	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015
Latency (ms)	Round-trip	< 0.015	< 0.015	< 0.015	N/A
		Seconds	Count	Rate	
Frame Loss	L->R	0	0	0.0E00	
	R->L	0	0	0.0E00	
Out-of-Sequence	L->R	0	0	0.0E00	
	R->L	0	0	0.0E00	

TEST SETUP

EXFO Inc.

Page 8 of 12

Clock Synchronization

Clock Mode	Internal
------------	----------

Detailed Services Configuration

IP Version	IPv4	
Global Pass/Fail Verdict	Enabled	
	L->R	R->L
Total Committed TX Rate (Mbit/s)	1000.000	1000.000

Service 1

Service Profile

Service Name	Service 1
Profile	Data
Frame Size Type	Fixed
Frame Size (Bytes)	1500

SLA Parameters

	L->R	R->L
Information Rate		
CIR (Mbit/s)	1000.000	1000.000
Burst Size		
Performance Criteria		
Max Jitter (ms)	2.0	2.0
Max Latency (ms)	15.0	15.0
Frame Loss Rate	1.0E-03	

Código fuente del aplicativo en Matlab

```
function varargout = LINK_BUDGET(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @LINK_BUDGET_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @LINK_BUDGET_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);

if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before LINK_BUDGET is made visible.
function LINK_BUDGET_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);
global Longitud_Enlace;
global escala;
escala = true;

%Se fija la longitud del enlace en el slider
Longitud_Enlace = str2double(get(handles.edit31, 'String'));
set( handles.slider1, 'Min', 0, 'Max', 40000, 'Value',
Longitud_Enlace );
set( handles.edit31, 'String', Longitud_Enlace);
ylim([-15.8 4]);
xlim([0 26437]);

function varargout = LINK_BUDGET_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
varargout{1} = handles.output;
function radiobutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function slider1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', [.9 .9 .9]);
end
function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Longitud_Enlace;
global Tamano;
global Ptx_max;
global Ptx_min;
global Prx_max;
global Prx_min;
global Posicion_Empalmes;
global final;

cla;
Longitud_Enlace = str2double(get(handles.edit31, 'String'))
x = 0 : 1 : round(Longitud_Enlace);
Tamano = size(x)
y = zeros(Tamano);

%POTENCIAS
Ptx_max = str2double(get(handles.edit4, 'String'));
Ptx_min = str2double(get(handles.edit3, 'String'));
Prx_max = str2double(get(handles.edit14, 'String'));
Prx_min = str2double(get(handles.edit13, 'String'));
set(handles.text35, 'String', Ptx_min - Prx_min);
set(handles.text36, 'String', Ptx_max - Prx_min);

%POSICION DE EMPALMES
Posicion_Empalmes = zeros(8);
Posicion_Empalmes(1) = round(str2double(get(handles.edit27,
'String')));

```

```

    Posicion_Empalmes(2) = round(str2double(get(handles.edit15,
'String')));
    Posicion_Empalmes(3) = round(str2double(get(handles.edit16,
'String')));
    Posicion_Empalmes(4) = round(str2double(get(handles.edit17,
'String')));
    Posicion_Empalmes(5) = round(str2double(get(handles.edit18,
'String')));
    Posicion_Empalmes(6) = round(str2double(get(handles.edit19,
'String')));
    Posicion_Empalmes(7) = round(str2double(get(handles.edit20,
'String')));
    Posicion_Empalmes(8) = round(str2double(get(handles.edit30,
'String')));

%VERIFICACION DE LAS POCICIONES DE LOS EMPALMES
for i = 2:7
    if Posicion_Empalmes(i) >= Longitud_Enlace
        helpdlg('La posición de los empalmes debe ser menor a la
longitud del tramo', 'Aviso');
        return;
    end
end

%CURVA PARA POTENCIA MAXIMA DEL TRANSMISOR
%PRIMER CONECTOR
tf = x <= 1; %PRIMER CONECTOR (su inicio)
y(tf) = Ptx_max; %Ptx máxima
tf = x >= 2 & x <= 3; %PRIMER CONECTOR (su final),
caída de 0.5dB %Ptx_max - 0.5
y(tf) = Ptx_max - 0.5;

%SECCIONES Y EMPALMES
for i = 2:8
    %Curva de la sección
    tf = x >= Posicion_Empalmes(i-1)+4 & x <=
Posicion_Empalmes(i)-1;
    y(tf) = -0.25*x(tf)/1000 + (Ptx_max - 0.5) - (i-2)*0.1;
    Final = y(Posicion_Empalmes(i)-1);

    %Caída del empalme
    tf = x >= Posicion_Empalmes(i) & x <= Posicion_Empalmes(i)+
3;

    if i==8
        y(tf) = Final - 0.5;
    else
        y(tf) = Final - 0.1;
    end
end

plot(x,y,'g','LineWidth',1.5);
grid on
grid minor
xlabel('Longitud (m)')
ylabel({'Potencia (dBm)'; 'Atenuación (dB)'});

```

```

title('Atenuación total del sistema de cableado')

%CALCULOS
%Atenuación total del sistema de cableado
ATSC = Ptx_max - (Final - 0.5);
%Ganancia del sistema
GS = Ptx_max - Prx_min;
%Penalización total de potencia
PTP = str2double(get(handles.edit32, 'String')) +
str2double(get(handles.edit33, 'String'));
%Presuesto total de pérdida por enlace
PTPE = GS - PTP;
%Margen de desempeño del sistema
MDS = PTPE - ATSC;

%REPORTES
set( handles.text34, 'String', ATSC );
set( handles.text36, 'String', GS );
set( handles.text38, 'String', PTPE );
set( handles.text48, 'String', MDS );
set( handles.text41, 'String', Final - 0.5);

%CURVA PARA POTENCIA MINIMA DEL TRANSMISOR
%PRIMER CONECTOR
tf = x <= 1; %PRIMER CONECTOR (su
inicio)
y(tf) = Ptx_min; %Ptx máxima
tf = x >= 2 & x <= 3; %PRIMER CONECTOR (su
final), caída de 0.5dB
y(tf) = Ptx_min - 0.5; %Ptx_max - 0.5

%SECCIONES Y EMPALMES
for i = 2:8
    %Curva de la sección
    tf = x >= Posicion_Empalmes(i-1)+4 & x <=
Posicion_Empalmes(i)-1;
    y(tf) = -0.25*x(tf)/1000 + (Ptx_min - 0.5) - (i-2)*0.1;
    Final = y(Posicion_Empalmes(i)-1)

    %Caída del empalme
    tf = x >= Posicion_Empalmes(i) & x <= Posicion_Empalmes(i)+
3;

    if i==8
        y(tf) = Final - 0.5;
    else
        y(tf) = Final - 0.1;
    end
end
plot(x,y, 'r', 'LineWidth', 1.5);
ylim([Final - 1 4]);
xlim([0 Longitud_Enlace]);

%CALCULOS

```

```

%Atenuación total del sistema de cableado
ATSC = Ptx_min - (Final - 0.5);
%Ganancia del sistema
GS = Ptx_min - Prx_min;
%Penalización total de potencia
PTP = str2double(get(handles.edit32, 'String')) +
str2double(get(handles.edit33, 'String'));
%Presuesto total de pérdida por enlace
PTPE = GS - PTP;
%Margen de desempeño del sistema
MDS = PTPE - ATSC;

%REPORTES
set( handles.text22, 'String', ATSC );
set( handles.text35, 'String', GS );
set( handles.text37, 'String', PTPE );
set( handles.text47, 'String', MDS );
set( handles.text40, 'String', Final - 0.5 );

%Lectura de la longitud del SLIDER y su visualización
function slider1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Longitud_Enlace;
sliderValue = get(handles.slider1, 'Value');
set( handles.edit31, 'String', sliderValue);
Longitud_Enlace = sliderValue;
set( handles.edit30, 'String', Longitud_Enlace )

function edit31_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Longitud_Enlace;
Longitud_Enlace = str2double(get(handles.edit31, 'String'));
set( handles.slider1, 'Min', 0, 'Max', 40000, 'Value',
Longitud_Enlace );
set( handles.edit30, 'String', Longitud_Enlace )

%Reiniciar datos
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
set( handles.edit15, 'String', 2806.32);
set( handles.edit16, 'String', 8795.13);
set( handles.edit17, 'String', 10497.03);
set( handles.edit18, 'String', 16267.65);
set( handles.edit19, 'String', 18415.44);
set( handles.edit20, 'String', 24376.41);
set( handles.edit31, 'String', 26437.14);
set( handles.edit30, 'String', 26437.14);
set( handles.slider1, 'Min', 0, 'Max', 40000, 'Value', 26437.14);
cla;
ylim([-15.8 4]);
xlim([0 26437]);

function edit15_Callback(hObject, eventdata, handles)
set( handles.edit21, 'String', get(handles.edit15, 'String'));
uno = str2double(get(handles.edit16, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit15, 'String'))
uno = uno - dos
set( handles.edit22, 'String', num2str(uno));

```

```
function edit16_Callback(hObject, eventdata, handles)
uno = str2double(get(handles.edit16, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit15, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit22, 'String', num2str(uno));
```

```
uno = str2double(get(handles.edit17, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit16, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit23, 'String', num2str(uno));
```

```
function edit17_Callback(hObject, eventdata, handles)
uno = str2double(get(handles.edit17, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit16, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit23, 'String', num2str(uno));
```

```
uno = str2double(get(handles.edit18, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit17, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit24, 'String', num2str(uno));
```

```
function edit18_Callback(hObject, eventdata, handles)
uno = str2double(get(handles.edit18, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit17, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit24, 'String', num2str(uno));
```

```
uno = str2double(get(handles.edit19, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit18, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit25, 'String', num2str(uno));
```

```
function edit19_Callback(hObject, eventdata, handles)
uno = str2double(get(handles.edit19, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit18, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit25, 'String', num2str(uno));
```

```
uno = str2double(get(handles.edit20, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit19, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit28, 'String', num2str(uno));
```

```
function edit20_Callback(hObject, eventdata, handles)
uno = str2double(get(handles.edit20, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit19, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit28, 'String', num2str(uno));
```

```

uno = str2double(get(handles.edit30, 'String'))
dos = str2double(get(handles.edit20, 'String'))
uno = uno - dos
set(handles.edit29, 'String', num2str(uno));

function edit17_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit15_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit18_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit16_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function edit13_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit14_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit14_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit19_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit20_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit21_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit21_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit22_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit22_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit23_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit23_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit24_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit24_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit25_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit25_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit27_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit27_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
end

```

```

function edit28_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit28_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit29_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit29_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit30_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit30_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit31_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit32_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit32 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit32 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit32 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit32_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit32 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit33_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit33 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit33 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit33 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit33_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit33 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

Datasheets de equipos inalámbricos



PMP 450i Access Point SPECIFICATION SHEET

PMP 450i Access Point

Cambium Networks industry-leading 450 platform includes the all new PMP 450i and PTP 450i radios. The 450i product platform is the most scalable industrial-grade wireless broadband solution available.

Key Features:

- **Ultra-wide band** radios support the entire band, whether in 5 GHz or 3 GHz. Advanced radio design improves transmit power and increases receive sensitivity.
- **Rugged metal enclosure** designed to meet IP-66 and IP-67 standards to withstand harsh environments. Optional ATEX/HAZLOC certified models available for hazardous deployments.
- **Dynamic Interference Filtering** to provide industry leading noise isolation for improved performance
- Updated FPGA and SoC architecture **triples the processing power** compared to PMP 450
- **Multifunction AUX port** allows for greater flexibility for deployment by adding a camera or other PoE directly.
- Options for **Integrated 90° sector antenna** optimized for frequency re-use (>35 dB F/B), high gain, null fill and predictable performance, or **Integrated 10° sector antenna** for highly directional sectors.
- Now capable of up to **300 Mbps per sector** in a 40 MHz channel.



PRODUCT		RoW	US	EU	DES only	IC
5 GHz Model Numbers	Connectorized	C050045A001B	C050045A002B	C050045A003B	C050045A004B	C050045A015B
	Integrated 10° sector			C050045A049B		
	Integrated 90° sector	C050045A005C	C050045A006C	C050045A007C	C050045A008C	C050045A016C
3 GHz Model Numbers	Connectorized	C030045A001A	C030045A001A	C030045A001A	C030045A003A	C030045A001A
	Integrated 90° sector	C030045A002A	C030045A002A	C030045A002A	C030045A004A	C030045A002A

SPECTRUM

Channel Spacing	Configurable on 2.5 MHz increments, 3 GHz customizable to 50 KHz	
Frequency Range	3 GHz : 3300 - 3900 MHz	5 GHz : 4900 - 5925 MHz
Channel Width	5 MHz, 7 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz, 30 MHz or 40 MHz	5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz, 30 MHz or 40 MHz

Specifications

PMP 450I Access Point SPECIFICATION SHEET

INTERFACE

MAC (Media Access Control) Layer	Cambium Networks proprietary
Physical Layer	2x2 MIMO OFDM
Ethernet Interface	100/1000BaseT, full duplex, rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPv4, IPv6, UDP, TCP/IP, ICMP, Telnet, SNMP, HTTP, FTP
Network Management	IPv4/IPv6 (dual stack), HTTP, HTTPS, Telnet, FTP, SNMPv2c and v3, Cambium Networks cnMaestro™
MTU	1700 bytes
VLAN	802.1ad (DVLAN Q-inQ), 802.1Q with 802.1p priority, dynamic port VID

PERFORMANCE

Subscriber Per Sector	Up to 238	
ARQ	Yes	
Modulation Levels (Adaptive)	MCS	Signal to Noise Required (SNR, in dB)
2X	QPSK	10
4X	16QAM	17
6X	64QAM	24
8X	256QAM	32
Maximum Deployment Range	Up to 40 miles (64 km)	
Latency	3 - 5 ms, typical	
GPS Synchronization	Yes, via Autosync (CMM5 or UGPS)	
Quality of Service	Diffserve QoS	

LINK BUDGET

Integrated Sector Antenna	90° Azimuth, 8° Elevation (3dB rolloff), 2° Electrical Downtilt, Dual polarity, or 10° Azimuth, 10° Elevation (3dB rolloff), Dual polarity
Antenna Gain	17 dBi ± 1 dBi integrated 90° sector, 23 dBi ± 1 dBi integrated 10° sector
Maximum Transmit Power	+28 dBm (MIMO, Combined H+V) (+25 dBm for 3 GHz) (may be limited by regulations)
Maximum EIRP	+43 dBm combined output (may be limited by regulations)

PHYSICAL

3 GHz

5 GHz

Antenna Connection	50 ohm, N-Type (Connectorized version only)	
Surge Suppression (LPU fitted)	EN61000-4-5: 1.2us/50us, 500 V voltage waveform Recommended external surge suppressor: Cambium Networks Model # C000000L035A	
Mean Time Between Failure	> 40 Years	
Environmental	IP67, IP66	
Temperature / Humidity	-40°C to +60°C (-40°F to +140°F), 0-100% condensing	
Weight	Connectorized Approx. 2.0 kg (4.5 lbs)	Approx. 2.0 kg (4.5 lbs)
	Integrated Approx. 7 kg (15.5 lbs)	Approx. 6.8 kg (15 lbs)
Wind Survival	Connectorized 322 km/h (200 mi/h)	322 km/h (200 mi/h)
	Integrated 322 km/h (200 mi/h)	322 km/h (200 mi/h)
Dimensions (HxWxD)	Connectorized 26.0 x 13.4 x 6.4 cm (10.3" x 5.3" x 3.3")	26.0 x 13.4 x 6.4 cm (10.3" x 5.3" x 3.3")
	90° Integrated 73.2 x 19.7 x 15 cm (28.8" x 7.8" x 5.9")	59.5 x 15.7 x 15.5 cm (23.4" x 6.2" x 6.1")
	10° Integrated	31.0 x 31.0 x 6.4 cm (12" x 12" x 2.5")
Power Consumption	15 W typical, 18 W max, 45 W max with Aux port PoE out enabled	
Input Voltage	48-59 V DC, 802.3at compatible	

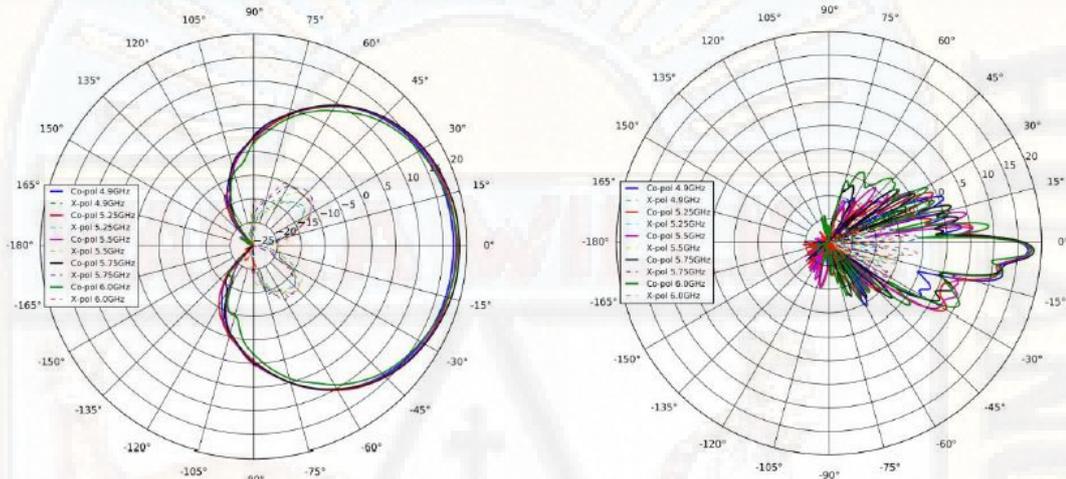
© 2019 Cambium Networks Ltd. All rights reserved.

Specifications

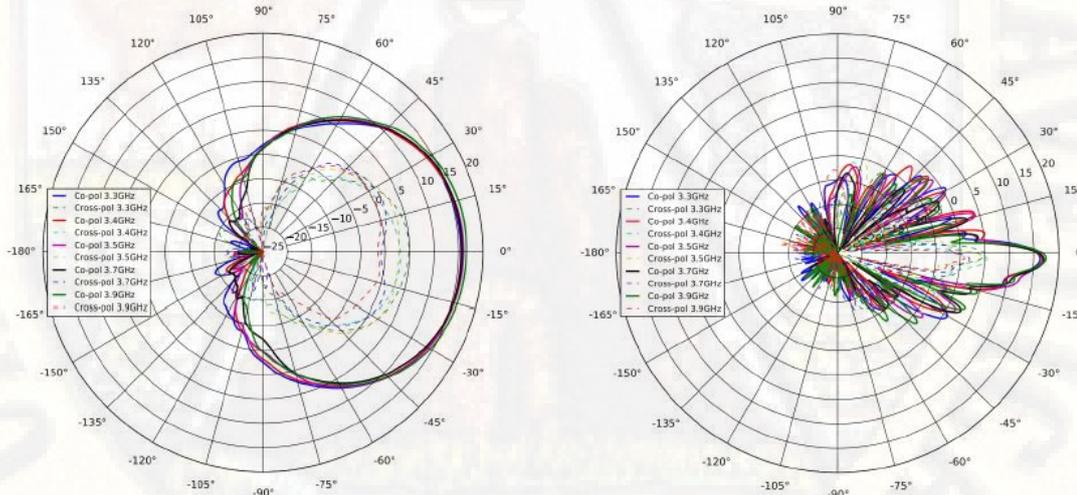
PMP 450I Access Point SPECIFICATION SHEET

SECURITY	3 GHz	5 GHz
Encryption	FIPS-197 128-bit AES, 256-bit AES*	FIPS-197 128-bit AES, 256-bit AES*
CERTIFICATIONS		
Industry Canada	109W-0028 (3 GHz)	109AO-50450I (4.9, 5.2, 5.4, 5.8 GHz)
FCC ID	Z8H89FT0028 (3 GHz)	QWP-50450I (4.9, 5.1, 5.2, 5.4, 5.8 GHz)
CE	EN 302 326-2 v1.2.2 (3 GHz)	EN 301 893 v1.8.1 (5.4 GHz) EN 302 625 v1.1.1 (Broadband Disaster Relief, 4.9 GHz, 5.1 GHz) EN 302 502 v1.2.1 (5.8 GHz)

5 GHz ANTENNA PATTERN FOR 90° INTEGRATED SECTOR:



3 GHz ANTENNA PATTERN FOR 90° INTEGRATED SECTOR:



© 2019 Cambium Networks Ltd. All rights reserved.

CN PMP 450I AP 01252019

* Requires optional license

PMP 450i Subscriber Module

Cambium Networks industry-leading 450 platform includes the all new PMP 450i and PTP 450i radios. The 450i product platform is the most scalable industrial-grade wireless broadband solution available.

Key Features:

- An **ultra-wide band** radio supports 4900 MHz to 5925 MHz with dynamic interference filtering, improved transmit power and better receive sensitivity.
- **Rugged metal enclosure** designed to meet IP-66 and IP-67 standards to withstand harsh environments. Optional ATEX/HAXLOC certified models available for hazardous deployments.
- **Dynamic Interference Filtering** to provide industry leading noise isolation for improved performance
- Updated FPGA and SoC architecture **triples the processing power** compared to PMP 450
- **Multifunction AUX port** allows for greater flexibility for deployment by adding a camera or other PoE directly.



PRODUCT

Model Numbers	5 GHz	Connectorized	C050045C001A
		Integrated	C050045C002A

SPECTRUM

Channel Spacing	Configurable on 2.5 MHz increments
Frequency Range	4900 - 5925 MHz
Channel Width	5 MHz, 10 MHz or 20 MHz

INTERFACE

MAC (Media Access Control) Layer	Cambium Networks proprietary
Physical Layer	2x2 MIMO OFDM
Ethernet Interface	100/1000BaseT, full duplex, rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, Telnet, SNMP, HTTP, FTP
Network Management	HTTP, HTTPS, Telnet, FTP, SNMP v3
VLAN	802.1ad (D-VLAN Q-inQ), 802.1Q with 802.1p priority, dynamic port VID

CN PMP450i SM 07302015

Specifications

PMP 450I Subscriber Module SPECIFICATION SHEET

PERFORMANCE

ARQ	Yes		
Modulation Levels (Adaptive)	MCS	Signal to Noise Required (SNR, in dB)	
2X	QPSK	10	
4X	16QAM	17	
6X	64QAM	24	
8X	256QAM	32	
Maximum Deployment Range	Up to 40 miles (64 km)		
Latency	3 - 5 ms, typical		
GPS Synchronization	Yes, via Autosync (CMM3, CMM4)		
Quality of Service	Diffserve QoS		

LINK BUDGET

Antenna Beam Width	10° azimuth for 23 dBi integrated antenna		
Antenna Gain	+23 dBi H+V, integrated or external		
Transmit Power Range	40 dB dynamic range (to EIRP limit by region) (1 dB step)		
Maximum Transmit Power	+27 dBm combined output		

PHYSICAL

Antenna Connection	50 ohm, N-Type (Connectorized version only)		
Surge Suppression	EN61000-4-5: 1.2us/50us, 500 V voltage waveform Recommended external surge suppressor: Cambium Networks Model # C000000L033A		
Mean Time Between Failure	> 40 Years		
Environmental	IP66, IP67		
Temperature / Humidity	-40°C to +60°C (-40°F to +140°F), 0-95% non-condensing		
Weight	Connectorized	Approx. 2.0 kg (4.5 lbs)	
	Integrated	Approx. 2.5 kg (5.5 lbs)	
Wind Survival	Connectorized	322 km/h (200 mi/h)	
	Integrated	200 km/h (124 mi/h)	
Dimensions (HxWxD)	Connectorized	26.0 x 13.4 x 6.4 cm (10.3" x 5.3" x 3.3")	
	Integrated	31.0 x 31.0 x 6.4 cm (12" x 12" x 2.5")	
Power Consumption	15 W typical, 25 W max, 55 W max with Aux port PoE out enabled		
Input Voltage	48-59 V DC, 802.3at compliant		
Mounting	Wall or Pole mount with Cambium Networks Model # N000045L002A		

SECURITY

Encryption	56-bit DES, FIPS-197 128-bit AES		
------------	----------------------------------	--	--

Certifications

Industry Canada	TBD (4.9, 5.4, 5.8 GHz)		
FCC ID	QWP-50450I (4.9, 5.4, 5.8 GHz)		
CE	EN 301 893 v1.7.1 (5.4 GHz)		
	EN 302 625 v1.1.1 (Broadband Disaster Relief, 4.9 GHz, 5.1 GHz)		
	EN 302 502 v1.2.1 (5.8 GHz)		

© 2015 Cambium Networks Ltd. All rights reserved.

CN PMP450I SM 07302015

Reportes generados con LINKPlanner

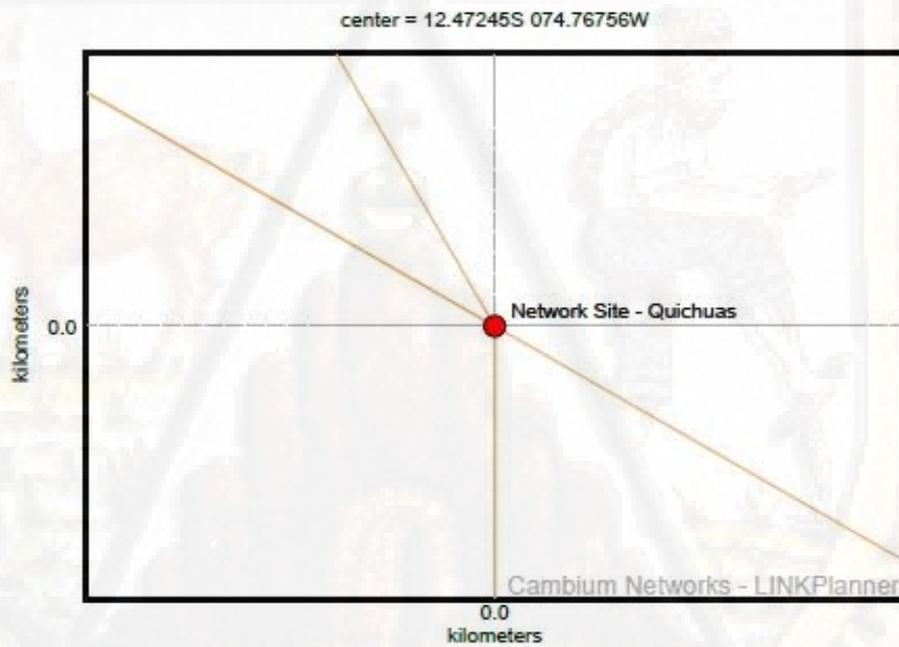
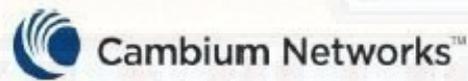
The screenshot displays the LINKPlanner (4.8.7) software interface. The window title is "LINKPlanner (4.8.7)" and the menu bar includes File, Edit, View, Project, Tools, and Help. A toolbar with various icons is visible below the menu bar. A yellow notification bar at the top right states "LINKPlanner version 4.9.0 is available for download".

The main interface is divided into several sections:

- Left Panel (Tree View):** Shows a hierarchical project structure for "PMP_Quichuas". It includes categories like Network Sites, Subscriber Sites, PTP Links, PMP Links, Project Configuration, and various antenna and equipment templates.
- Project: PMP_Quichuas (General Information):** Contains fields for Customer Name (Municipalidad de Quichuas), Company Name (Evins Tito), Address (Huancavelica), Phone, Cellular Phone, Email (etc0804@hotmail.com), and Project Description (Nodo radioeléctrico PMP para proveer servicios de datos al distrito de Quichuas).
- Project Properties:** Shows Project Settings, Prediction Model (ITU-R), and SM Antenna Height (1.0 meters).
- Map:** Displays a satellite map of the Quichuas area, showing the Rio Mantaro and a network site location. The map includes a toolbar with navigation and display options, and a "Layers" panel with a checkbox for "American Tower sites".

Project PMP_Quichuas
LINKPlanner Proposal Report

13 January 2019



1. Project Summary

Project: PMP_Quichuas

Description: Nodo radioeléctrico PMP para proveer servicios de datos al distrito de Quichuas

General Information	
Customer Name	Municipalidad de Quichuas
Company Name	Evins Tito
Address	Huancavelica
Phone	
Cell Phone	
Email	etc0804@hotmail.com

Access Point Name	Product	Antenna Azimuth	Beamwidth	Band	Max Range	Connected Subscribers	Total Predicted Throughput
Network Site - Quichuas : 1	PMP450i	315.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	0	0.00 Mbps
Network Site - Quichuas : 2	PMP450i	240.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	3	122.88 Mbps
Network Site - Quichuas : 3	PMP450i	150.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	0	0.00 Mbps

Bill of Materials : PMP Network

Part Number	Qty	Description
01010419001	6	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	3	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A005	1	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (ROW). Requires suffix "B" or newer
C050045A006	2	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (FCC). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	3	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	3	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

Bill of Materials : Subscriber Modules

Part Number	Qty	Description
(no part number)	3	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	3	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	3	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	3	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	3	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	3	Tilt Bracket Assembly

2. Network Site - Quichuas

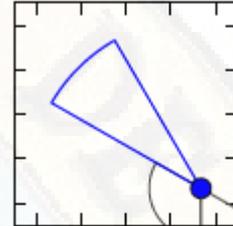
Hub Summary	
Hub Name	Network Site - Quichuas
Latitude	12.47245S
Longitude	074.76756W
Number of Access Points	3
Number of Connected Subscribers	3
Total Predicted DL Throughput	98.30 Mbps
Total Predicted UL Throughput	24.58 Mbps
Total Throughput	122.88 Mbps

Access Point Name	Product	Antenna Azimuth	Beamwidth	Band	Max Range	Connected Subscribers	Total Predicted Throughput
Network Site - Quichuas : 1	PMP450i	315.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	0	0.00 Mbps
Network Site - Quichuas : 2	PMP450i	240.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	3	122.88 Mbps
Network Site - Quichuas : 3	PMP450i	150.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	0	0.00 Mbps

Bill of Materials : PMP Network		
Part Number	Qty	Description
01010419001	6	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	3	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A005	1	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (ROW). Requires suffix "B" or newer
C050045A006	2	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (FCC). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	3	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	3	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP). Total cable requirements are aggregated at the network level



Network Site - Quichuas :
1

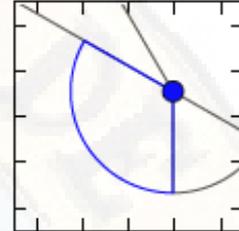


Access Point Summary	
AP Name	Network Site - Quichuas : 1
Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna
Modeled Beamwidth	30°
Antenna Azimuth	315.00° from True North 318.72° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Connected Subscribers	0
Max Range	1 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Total Predicted DL Throughput	0.00 Mbps
Total Predicted UL Throughput	0.00 Mbps
Total Predicted Throughput	0.00 Mbps
Downlink Data	75 %

Bill of Materials : Access Point		
Part Number	Qty	Description
01010419001	2	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	1	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A006	1	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (FCC). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	1	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP). Total cable requirements are aggregated at the parent level



Network Site - Quichuas : 2



Access Point Summary	
AP Name	Network Site - Quichuas : 2
Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna
Modeled Beamwidth	120°
Antenna Azimuth	240.00° from True North 243.72° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Connected Subscribers	3
Max Range	1 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Total Predicted DL Throughput	98.30 Mbps
Total Predicted UL Throughput	24.58 Mbps
Total Predicted Throughput	122.88 Mbps
Downlink Data	75 %

Subscriber Module Summary

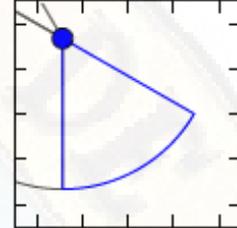
Name	Latitude	Longitude	Product	Range	Antenna Gain
Colegio Inicial	12.47258S	074.76876W	PMP450i	0.131 km	23.0 dBi
Colegio Integral Primario y Secundario	12.47216S	074.76824W	PMP450i	0.081 km	23.0 dBi
Puesto de Salud	12.47205S	074.76913W	PMP450i	0.176 km	23.0 dBi

Bill of Materials : Access Point		
Part Number	Qty	Description
01010419001	2	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	1	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A005	1	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (ROW). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	1	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP). Total cable requirements are aggregated at the parent level

Bill of Materials : Subscriber Modules		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	3	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	3	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	3	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	3	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	3	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	3	Tilt Bracket Assembly



Network Site - Quichuas : 3



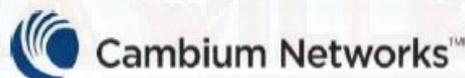
Access Point Summary	
AP Name	Network Site - Quichuas : 3
Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna
Modeled Beamwidth	60°
Antenna Azimuth	150.00° from True North 153.72° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Connected Subscribers	0
Max Range	1 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Total Predicted DL Throughput	0.00 Mbps
Total Predicted UL Throughput	0.00 Mbps
Total Predicted Throughput	0.00 Mbps
Downlink Data	75 %

Bill of Materials : Access Point		
Part Number	Qty	Description
01010419001	2	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	1	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A006	1	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (FCC). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	1	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP). Total cable requirements are aggregated at the parent level

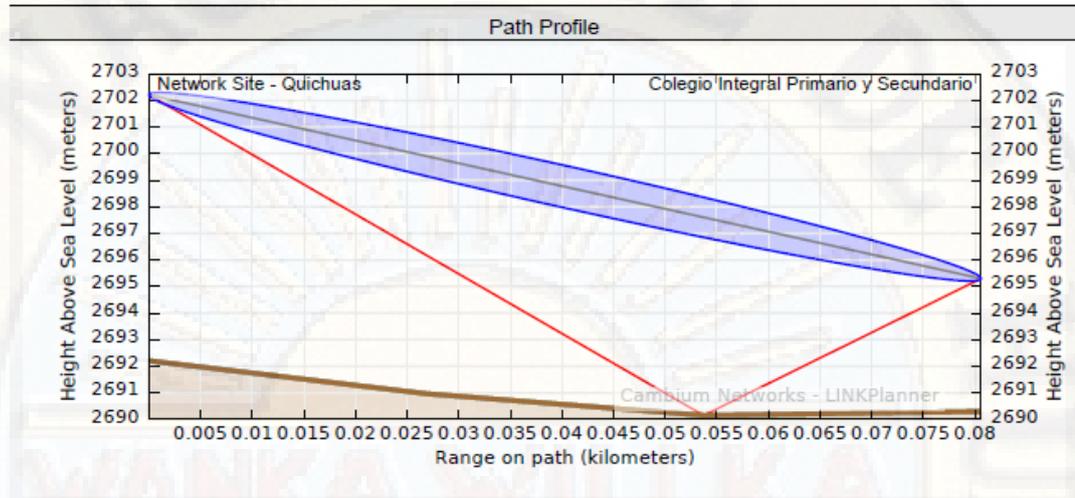
Project PMP_Quichuas, PMP Link Network Site -
Quichuas : 2 to Colegio Integral Primario y
Secundario

LINKPlanner Installation Report

13 January 2019



Summary	
AP Name	Network Site - Quichuas : 2
SM Name	Colegio Integral Primario y Secundario
Customer Company Name	Evins Tito
Link Type	Line-of-Sight
AP Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
SM Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	0.081 kilometers
Free Space Path Loss	85.82 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	75 %



Bill of Materials

Part Number	Qty	Description
(no part number)	1	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	1	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	1	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	1	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	1	Tilt Bracket Assembly

Physical Installation Notes for SM Colegio Integral Primario y Secundario

Link Name	Network Site - Quichuas : 2 to Colegio Integral Primario y Secundario
Access Point	Network Site - Quichuas : 2
Latitude	12.47216S
Longitude	074.76824W
Site Elevation	2695 meters AMSL
Platform Variant	5.7 GHz PMP-450i
Antenna Type	Cambium Networks 10° High Gain Integrated
Antenna Beamwidth	10.0°
Antenna Gain	23.0 dBi
Antenna Height	5.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	4.9° (uptilt)
Antenna Azimuth	113.46° from True North 117.18° from Magnetic North
Magnetic Declination	3.72° W ±0.33° changing by 0.18° W per year



Radio Commissioning Notes for SM Colegio Integral Primario y Secundario	
AP Output Power	18.0 dBm
AP Antenna Gain (towards SM)	9.3 dBi
Region	Oceania
Country	Australia
Latitude	12.47216S
Longitude	074.76824W
Height	5.0 m (16 ft)
Number of Data Channels	1
Channel Bandwidth	20 MHz
Color Code	0
MIMO Rate Adapt Algorithm	MIMO-A/B
DL Maximum Mod Mode	x8
UL Maximum Mod Mode	x8
External Gain	23.0 dBi
Operational Transmit Power	-3 dBm
Predicted Receive Power	-36 dBm \pm 5 dB

Installation Instruction

Perform the following checks during the installation (Check the deployment guide and the User Guide.)

1. Check with a GPS that you are installing at the correct location.
2. Check carefully the direction to Access Point. Either use a corrected compass or use the GPS waypoint feature about 300 meters from the installation location.
3. When aligning antenna, it is important to find the centre of the main beam. This is done by adjusting the antenna and monitoring the receive level until the peak is found. Once the peak level is found, it should be checked against the predicted receive power to ensure that the antenna has not been aligned on a side lobe.

Performance to AP Network Site - Quichuas : 2 *	
Predicted Receive Power	-57 dBm \pm 5 dB
Min Mod Mode Required	x1 (QPSK MIMO-A)
Min Availability Required	99.0000 %
Max Usable Mode	x6 (64QAM MIMO-B)
Predicted Availability	100.0000 %

Performance to SM Colegio Integral Primario y Secundario *	
Predicted Receive Power	-36 dBm \pm 5 dB
Min Mod Mode Required	x1 (QPSK MIMO-A)
Min Availability Required	99.0000 %
Max Usable Mode	x8 (256QAM MIMO-B)
Predicted Availability	100.0000 %

Mode	Network Site - Quichuas			Colegio Integral Primario y Secundario		
	Fade Margin (dB)	Availability (%) *	Receive time in Mode (%)	Fade Margin (dB)	Availability (%) *	Receive time in Mode (%)
x8 (256QAM MIMO-B)	-0.07	45.1873	45.1873	25.63	99.9995	99.9995
x6 (64QAM MIMO-B)	7.88	99.9989	54.8117	33.13	99.9995	0.0000
x4 (16QAM MIMO-B)	13.78	99.9995	0.0006	39.23	99.9995	0.0000
x2 (QPSK MIMO-B)	19.88	99.9995	0.0000	45.93	99.9995	0.0000
x4 (256QAM MIMO-A)	0.18	0.0002	0.0002	25.63	0.0005	0.0005
x3 (64QAM MIMO-A)	7.88	0.0005	0.0002	33.13	0.0005	0.0000
x2 (16QAM MIMO-A)	13.78	0.0005	0.0000	39.23	0.0005	0.0000
x1 (QPSK MIMO-A)	24.98	100.0000	0.0000	50.33	100.0000	0.0000

* Multipath availability calculated using ITU-R

Cambium Networks assumes no responsibility for the accuracy of the information produced by the Cambium LINKPlanner. Reference to products or services which are not provided by Cambium Networks is for information purposes only and constitutes neither an endorsement nor a recommendation. All information provided by the Cambium LINKPlanner is provided without warranty of any kind, either expressed or implied.

All product or service names are the property of their respective owners. © Cambium Networks. 2019

MATRÍZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LAS INSTITUCIONES PUBLICAS Y POBLACION DEL DISTRITO DE QUICHUAS, TAYACAJA, HUANCVELICA-2018”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Comunicaciones ópticas y radioeléctricas

PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>Problema General</p> <p>¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica, influirá en la mejora de la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>a) ¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica, influirá en la calidad de servicio para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la influencia del diseño de red de una red de fibra óptica en la mejora de la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Determinar la influencia del diseño de una red de fibra óptica en la calidad de servicio para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>	<p>Antecedentes</p> <ul style="list-style-type: none"> Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ecuador (2016): Albarracín. <i>“Diseño de un enlace de fibra óptica: caso de estudio, enlace para los campus matriz y sede norte de la UISRAEL”</i> Pontificia Universidad Católica del Perú Perú (2014): Gutierrez. <i>“Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Red de Fibra Óptica entre Desaguadero y Moquegua”</i> Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Ecuador (2015): Henríquez. 	<p>Hipótesis General</p> <p>El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en la mejora de la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>a) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en la calidad de servicio para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de</p>	<p>Identificación de variables</p> <p>Variables Independientes</p> <p>DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE, MEDIANTE FIBRA OPTICA</p> <p>Dimensiones: Capacidad de la red troncal Acceso a contenidos modernos de calidad Costo del servicio Cobertura del servicio Facilidad de diseño Cobertura inalámbrica en la red de acceso</p> <p>Variable dependiente</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Hernández Sampieri (2010).</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>DG: No Experimental.</p> <p>DE: (Sistema de diseño no experimental).</p> <p>M1:-----X101</p> <p>Donde: M1=Mejorar la comunicación de datos. X1= Diseño de red de transporte, mediante fibra óptica. O1=Observación (resultado de análisis).</p> <p>Población y Muestra</p> <p>Población</p>

<p>b) ¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica, influirá en el ancho de banda para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica?</p>	<p>b) Determinar la influencia, del diseño de una red de fibra óptica en el ancho de banda para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>	<p>“Diseño y propuesta de implementación de una red de fibra óptica para el control remoto de seis unidades de generación eléctrica”</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ecuador (2013): Hernández. “Análisis de factibilidad para el tendido de cable óptico OPGW en la L/T Santo Domingo Quinindé, para brindar el servicio de comunicación de voz, datos y vídeo, anexándose a la Red Nacional de Monitoreo de CELEC EP”. 	<p>distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p> <p>b) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en el ancho de banda para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>	<p>MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS</p> <p>Dimensiones: Errores en los datos recibidos Demora en la recepción de datos Oscilaciones de la demora de recepción de datos Pérdida de paquetes Velocidades de transmisión y recepción de datos</p>	<p>La población consiste en todos los beneficiarios del distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica. Se contabilizan a nivel de viviendas, un total de 320. Quichuas es un centro poblado que carece de servicios de telecomunicaciones con calidad asequible y no considerada dentro de los alcances de los proyectos oficiales del estado.</p>
<p>c) ¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica, influirá en el equipamiento de usuario para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica?</p>	<p>c) Determinar la influencia del diseño de una red de fibra óptica en el equipamiento de usuario para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>	<p>Marco Teórico Referencial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adaptador: • ADSS • Ancho de banda • Anillo óptico • Antenas sectoriales • Conector • dB • dBm • Dispersión • Empalme • Ethernet 	<p>c) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en el equipamiento de usuario para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>		<p>Muestra Para datos finitos cuantitativos</p> $n_o = \frac{Z^2 N p q}{e^2(N - 1) + Z^2 p q}$ <p>N = 320 Z_{α=0.05} = 1.96 P = 99% Q = 1% E = 20%</p>
<p>d) ¿De qué manera, el diseño de una red de fibra óptica, influirá en el costo del servicio al usuario para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica?</p>	<p>d) Determinar la influencia, del diseño de una red de fibra óptica en el costo para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>		<p>d) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en el costo para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de</p>		<p>n_o = 24</p> <p>Tamaño óptimo:</p>

<p>e) ¿De qué manera, el diseño de la red de transporte, mediante fibra monomodo, influirá en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica?</p>	<p>e) Determinar la influencia, del diseño de una red de fibra óptica en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ferretería • Fibra monomodo: • Férula: • Jumper • LINKPlanner • Matlab • Nodo • Nodo radioeléctrico • OC • OTDR • Power Meter • Red de acceso • Red Dorsal • Red Transporte • Router • SDH • SFP+ • STMx 	<p>Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p> <p>e) El diseño de una red de fibra óptica influye favorablemente en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>		$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$ <p>n = 24</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</p> <p>Las técnicas que se utilizarán en este trabajo serán la observación y registro de datos en campo. Los instrumentos para emplearse son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Software para determinar la calidad del servicio en los usuarios - Mapas de relieve de la zona - Camioneta - Equipos para medición y registro de información - GPS - Cámara fotográfica - Computadora portátil - Binoculares - Cinta métrica y medidor de distancia inalámbrico - Cuaderno de apuntes
<p>f) ¿De qué manera, el desarrollo de aplicativos informáticos interactivos, mediante el software Matlab, ayudan al cálculo del presupuesto de potencia de la red de transporte de la población del distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica?</p>	<p>f) Desarrollar una aplicación gráfica e interactiva para el cálculo y verificación del presupuesto de potencia de un enlace óptico troncal monomodo que permita dimensionar los equipos transmisores y receptores.</p>		<p>f) El desarrollo y empleo de aplicativos informáticos ayuda al cálculo y diseño de los presupuestos de potencia óptica.</p>		
<p>g) ¿De qué manera, el diseño de una red de acceso influirá en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de</p>	<p>f) Determinar la influencia del diseño de una red de acceso inalámbrica para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>		<p>g) El diseño de una red inalámbrica de acceso influye favorablemente en la cobertura para mejorar la comunicación de datos en las instituciones públicas y población de distrito de Quichuas, Tayacaja, Huancavelica.</p>		

Quichuas, Tayacaja,
Huancavelica?

Técnicas de Procesamiento de datos

Para la ubicación del terreno del Centro Poblado y el trazado del recorrido de la fibra óptica hacia la localidad beneficiaria se empleará la aplicación Google Maps, kmz. Con ella se ubicarán también en el mapa la posición del nodo que distribuirá la señal hacia las viviendas del distrito de Quichuas.

La cobertura de la red inalámbrica se diseñará y procesará mediante el software LINKPlanner y Google Maps.

Análisis e interpretación de datos

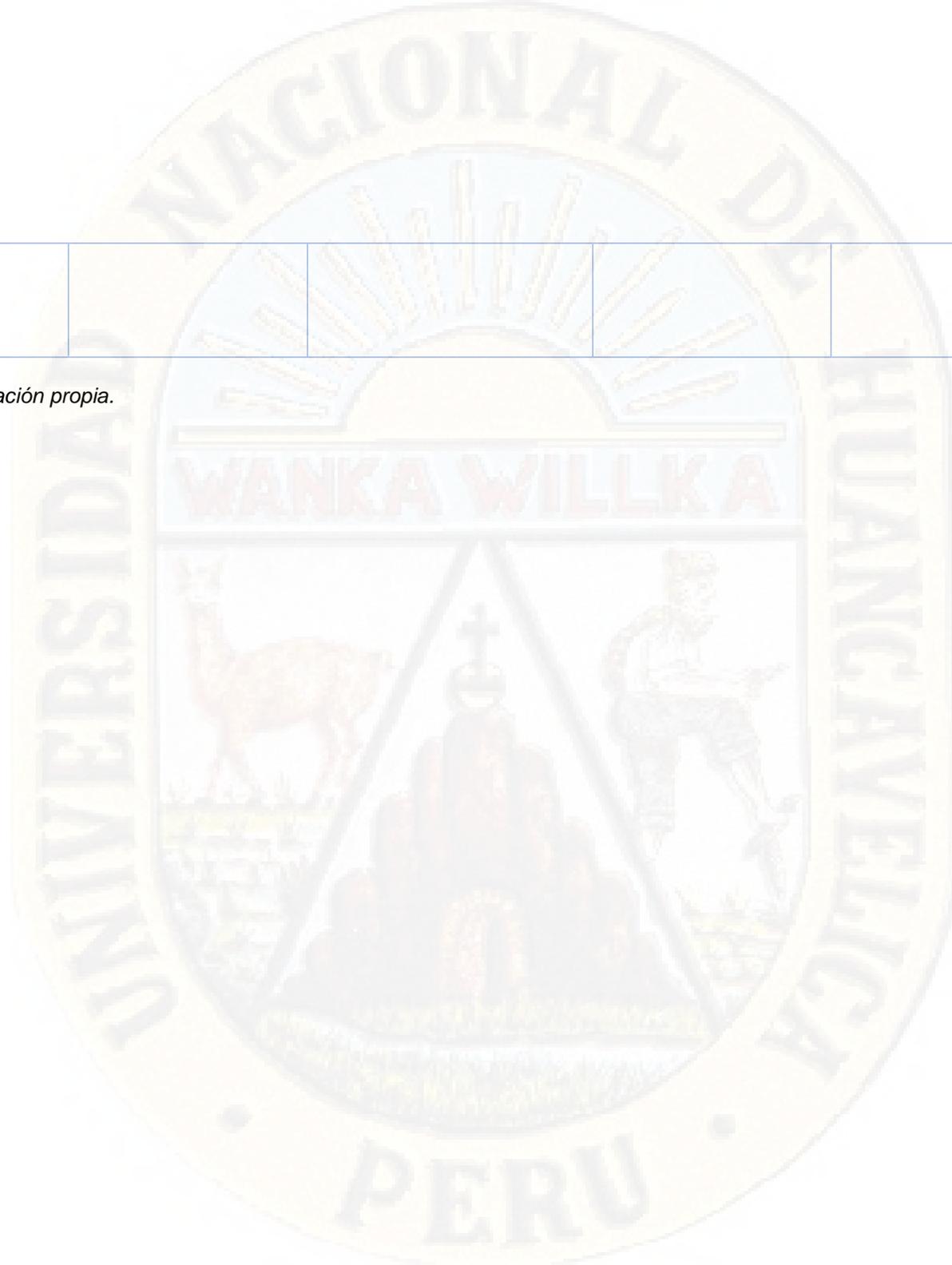
El análisis e interpretación de datos se realizará a través de una aplicación de hoja de cálculo como el Microsoft Excel, kmz, (cuadros y gráficos estadísticos).

La simulación del presupuesto óptico de potencia se realizará con el programa Matlab.

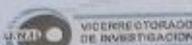
También, para el análisis de

				cobertura se analizará los resultados de diseño realizados con el software LINKPlanner.
--	--	--	--	---

Fuente: *Elaboración propia.*



REPORTE ANTIPLAGIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELCA
(Creada por Ley N° 25265)
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
REPOSITORIO INSTITUCIONAL



UNICHECK

Certificado de Originalidad

Por medio de este documento de Originalidad el área de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica, certifica y da fe que el trabajo de investigación titulado: **"DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LAS INSTITUCIONES PUBLICAS Y POBLACIÓN DEL DISTRITO DE QUICHUAS, TAYACAJA, HUANCAMELCA - 2018"** presentado por el autor: **CUELLAR TITO, Evins** con la finalidad de obtener el Título Profesional de **INGENIERO ELECTRÓNICO** el Repositorio Institucional hace saber que es **una obra original** y no ha sido presentado ni publicado en otras revistas científicas nacionales e internacionales ni en sitio o portal electrónico.

Por tanto, basándonos en el cumplimiento del Art.7 inciso b) del Reglamento del Software Anti plagio de la UNH y su Directiva, el área de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica dictamina que este trabajo de investigación fue analizado por el software anti plagio UNICHECK y al estar dentro de los parámetros establecidos, esta investigación es **aceptado como original**.

ADJUNTO:

- ✓ Captura de pantalla de la revisión del trabajo de investigación en el software anti plagio - UNICHECK.

El presente Certificado se expide el 04 de octubre del año 2019.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELCA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Dr. RAUL URETA JIJADO
Jefe de la Oficina de Repositorio Institucional

BIBLIOTECA ESTUDIANTE MANAGER everth.ramos@unh.edu...

• Biblioteca • PLAN DE TESIS evins...

GENERAR INFORME COMENTAR EN SU SIMILITUD

PLAN DE TESIS evins_abril_NUEVO
Comprobado el 02/07/19 12:40:42

Cambiar a un nuevo Informe de Similitud MODO COMENTARIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



PROYECTO DE TESIS

"DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LAS INSTITUCIONES PUBLICAS Y POBLACIÓN DEL DISTRITO DE QUICHUAS, TAYACAJA, HUANCVELICA-2018"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
DESARROLLO DE APLICACIONES EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Presentado por:
CUELLAR TITO, Evins
Asesorar:
MG RAMOS LAPA, Everth Manuel

PAGARÁ OPTARAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

HUANCVELICA- PERÚ
2019

Palabras: 855 | Páginas: 44

LEYENDA

TEXTO SIN FORMATO apagado

Doc vs All Historia Excluir

90.6 / 9.4 514 / 514
Originalidad / Similitud (%) Fuentes usadas / Total

FUENTES EXCLUIDAS

- 0 A mano
- 0 Por configuración de similitud del sistema.
- 0/0 Referencias / citas

FUENTES DE SIMILITUD

INTERNET BIBLIOTECA

Mostrando resultados para Internet (414 Fuentes)

1. docplayer.es/10504925-Cable-total-... 1.19%
2. www.c3comunicaciones.es/cables-pa-... 0.97%
3. estudiosdelainvestigacionenitl-... 0.89%
4. eduvirtual.cuc.edu.co/moodle/mod/f-... 0.66%
5. mundo.metodologicos.blogspot.com/... 0.66%
6. es.slideshare.net/gambitguilio04-... 0.65%
7. www.eumed.net/libros-gratis/2012a-... 0.65%
8. catorina.ludlap.mx/ta_a/tales/ta-... 0.61%
9. repositorio.unh.edu.pe/bitstream/f-... 0.50%
10. www.dcs-learnig.com/download/cu-... 0.48%
11. seminariosdetesis.blogspot.com/20-... 0.48%
12. ipscitavarez.net/Compendio-Metodol-... 0.48%
13. tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/f-... 0.48%
14. metodoinvestigacion.weebly.com/up-... 0.48%
15. es.slideshare.net/MarionaAndreaCl-... 0.48%
16. docplayer.es/4034796-Estudio-de-f-... 0.47%
17. bdigital.unal.edu.co/1132/1/huzma-... 0.45%
18. www.slideshare.net/juioomartinez-... 0.41%
19. luisreychavez.files.wordpress.c-... 0.38%
20. www.mjp.gp.cr/Documento/Descarg-... 0.38%