



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO ENLACE A TRAVÉS DEL TENDIDO
DE FIBRA ÓPTICA PARA DAR SOPORTE AL TRAFICO DE RED DE UNA EMPRESA
HOTELERA – PUNTA SAL

Línea de investigación:

Sistemas de información y optimización

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de Ingeniero de
Telecomunicaciones

Autor

Chavesta Ruelas, Eddy Marco Angel

Asesor

Peña Carrillo, César Serapio

ORCID: 0000-0001-5565-8430

Jurado

Flores Masias, Edward Jose

Peña Carrillo, César Serapio

Rosales Fernandez, Jose Hilarion

Pastor Castillo, Jose Enrique

Lima - Perú

2024

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO ENLACE A TRAVÉS DEL TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA PARA DAR SOPORTE AL TRAFICO DE RED DE UNA EMPRESA HOTELERA – PUNTA SAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	biblioteca.cenace.org.ec Fuente de Internet	1%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	pdfcoffee.com Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Centro Europeo de Postgrado - CEUPE Trabajo del estudiante	<1%
7	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO ENLACE A TRAVÉS DEL TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA PARA DAR SOPORTE AL TRAFICO DE RED DE UNA EMPRESA HOTELERA – PUNTA SAL.

Línea de Investigación:
Sistemas de información y optimización.

Informe suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero de
Telecomunicaciones

Autor:

Chavesta Ruelas, Eddy Marco Angel

Asesor:

Peña Carrillo, César Serapio
(ORCID 0000-0001-5565-8430)

Jurado:

Flores Masias, Edward Jose
Peña Carrillo, César Serapio
Rosales Fernandez, Jose Hilarion
Pastor Castillo, Jose Enrique

Lima – Perú

2024

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado a mi madre Patricia, cuyo amor y sacrificio han sido la base de mi vida y a mi hija Eiza, que es mi mayor motivación y mi razón para seguir adelante

Agradecimiento

A mi familia, profesores, mentores, amigos y compañeros, quienes han sido fundamentales en la consecución de este logro. Su apoyo, orientación y compañía han sido invaluable en cada paso de este camino

ÍNDICE

Resumen	10
Abstract	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Trayectoria del autor	12
1.2. Descripción de la empresa/ Institución	12
1.3. Áreas y funciones desempeñadas.	13
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA	16
2.1. Planteamiento del problema	16
2.1.1. Formulación del problema	17
2.1.2. Problema general	17
2.1.3. Problemas específicos	17
2.1.4. Objetivo general	17
2.1.5. Objetivos específicos	17
2.1.6. Justificación	18
2.1.7. Alcances y limitaciones	18
2.2. Marco teorico	19
2.2.1. Antecedentes bibliográficos	19
2.2.2. Bases teóricas	22
2.2.3. Definición de términos básicos	30

	5
2.3. Propuesta de solución	32
2.3.1. Descripción de la propuesta	32
2.3.2. Desarrollo de la propuesta	33
2.3.3. Factibilidad Técnica – Operativa	60
2.3.4. Cuadro de inversión	107
2.4. Análisis de resultados	113
2.4.1. Presentación del análisis de resultados	113
2.4.2. Cálculos de los costos proyecto	113
2.4.3. Flujos de Caja	114
III. APORTES MAS DESTACABLES A LA EMPRESA	118
IV. CONCLUSIONES	119
V. RECOMENDACIONES	120
VI. REFERENCIAS	121

ÌNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ecuaciòn para hallar ancho de banda.....	55
Tabla 2 Cronograma de conexiòn de datos.....	58
Tabla 3 Presupuesto de factibilidad	61
Tabla 4 Descripciòn de materiales y ferreterías.....	68
Tabla 5 Cuadro de inversiòn.....	107
Tabla 6 Flujo de caja.....	115
Tabla 7 van tir y tasa de descuento del proyecto	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de la empresa	13
Figura 2 Topologías de redes de fibra óptica.....	28
Figura 3 Línea de vista obstaculizada.....	32
Figura 4 Diseño actual de enlace microondas	33
Figura 5 Plano catastral en GIS	35
Figura 6 Gabinete de transmisiones del proveedor.....	36
Figura 7 Recorrido de fibra óptica desde el site del proveedor	37
Figura 8 Recorrido de fibra óptica saliendo del site del proveedor al poste 1.....	38
Figura 9 Recorrido de fibra óptica por postes 1 y 2.....	39
Figura 10 Recorrido de fibra óptica por postes eléctricos 3 y 4	40
Figura 11 Recorrido de fibra óptica por poste N ^a 7	41
Figura 12 Recorrido de fibra óptica por postes N ^o 8 y N ^o 9	42
Figura 13 Recorrido de fibra óptica por postes N ^o 9 y N ^o 10	43
Figura 14 Recorrido de fibra óptica por postes N ^o 10 y N ^o 11	44
Figura 15 Recorrido de fibra óptica por postes N ^o 11 y N ^o 12	45
Figura 16 Recorrido de fibra óptica por postes N ^o 12 y N ^o 13	46
Figura 17 Fibra proyectada en fachada de cliente por poste propio	47
Figura 18 Ingreso de fibra a data center de cliente	48
Figura 19 Cableado proyectado de fibra óptica a Gabinete de cliente	49
Figura 20 Proyección de caja panduit en gabinete de cliente	50
Figura 21 Plano de diseño de PEXT	51
Figura 22 Especificaciones técnicas de la interfaz óptica P1S1-1D1 de la recomendación UIT-T	52
Figura 23 Cuadro de empalme.....	56

Figura 24 Cable de F.O. para redes de comunicación	64
Figura 25 Características ópticas y mecánicas de la F.O.....	65
Figura 26 Características mecánicas del cable	66
Figura 27 Código de colores	67
Figura 28 Herraje de retención	75
Figura 29 Abrazadera para retención APR-2.....	76
Figura 30 Brazo extensor.....	77
Figura 31 Características técnicas.....	78
Figura 32 Amortiguador Helicoidal.....	79
Figura 33 Procedimiento de montaje	80
Figura 34 Montaje de cable	81
Figura 35 Distancias verticales y horizontales	82
Figura 36 Distancias mínimas de instalación del cable de comunicación	82
Figura 37 Distancia de separación entre cables de energía y baja tensión	84
Figura 38 Señalización.....	87
Figura 39 Estructura tipo pasante	89
Figura 40 Fin de línea o inicio de línea	90
Figura 41 Procedimiento para el tendido del cable.....	92
Figura 42 Postes con red existente.....	93
Figura 43 Postes de servicios públicos	94
Figura 44 Poste en configuración de inicio o fin de tramo o cambio de dirección	96
Figura 45 Tensado en postes con red existente.....	96
Figura 46 Instalación culminada.....	97
Figura 47 Curva OTDR - Medición 1310.....	99
Figura 48 Configuración y pruebas OTDR - Ventana 1310.....	99

Figura 49 Detalles de la medición - Ventana 1310.....	100
Figura 50 Medición OTDR 1550 nm desde el cliente EMPRESA HOTELERA hacia site del proveedor	100
Figura 51 Configuración y pruebas OTDR - Ventana 1550.....	101
Figura 52 Detalles de la medición - Ventana 1550.....	102
Figura 53 Instalación de la caja de panduit.....	102
Figura 54 Ping to wan (Hacia la IP del siguiente salto).....	103
Figura 55 Ping to lan (ping hacia una IP remota)	104
Figura 56 Prueba de saturación.....	105
Figura 57 Speed test.....	106

Resumen

El presente trabajo de suficiencia profesional se centra en una empresa hotelera ubicada en punta sal – zorritos y la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión de servicios con mayor ancho de banda y velocidad. Esta necesidad ha llevado a la empresa hotelera a explorar nuevas tecnologías, como la fibra óptica (F.O.). La F.O. ha demostrado tener cualidades excepcionales aplicables en diversas instalaciones. En comparación con otras tecnologías, la fibra óptica es más confiable en términos de calidad y ancho de banda, y ofrece ventajas significativas en condiciones climáticas adversas, que suelen afectar a otros tipos de enlaces, como los de microondas. Esto proporciona una mayor estabilidad en la interconexión de los equipos y un rendimiento mejorado. El **Objetivo:** general fue Diseñar e implementar un nuevo enlace a través de la fibra óptica para dar soporte al tráfico de red de una empresa hotelera ubicado en Punta Sal, esto se debe a la naturaleza industrial de la zona y a la presencia de nuevas construcciones que obstaculizan la línea de vista entre la estación base del proveedor y el lugar donde está ubicada la empresa hotelera en mención. La **Conclusión:** principal es que la nueva infraestructura proporcionó una solución robusta y a largo plazo para las necesidades de comunicación del cliente, demostrando la viabilidad técnica y operativa de migrar a tecnologías más avanzadas para garantizar la calidad y eficiencia de los servicios de internet en entornos complejos. **Método:** El presente estudio es de corte experimental.

Palabras clave: fibra óptica, Calidad, microondas, estación base, condiciones climáticas, línea de vista.

Abstract

This professional sufficiency work focuses on a hotel company located in Punta Sal – Zorritos and the need to increase the transmission capacity of services with greater bandwidth and speed. This need has led the hotel company to explore new technologies, such as fiber optics (FO). FO has proven to have exceptional qualities applicable in various installations. Compared to other technologies, fiber optics is more reliable in terms of quality and bandwidth, and offers significant advantages in adverse weather conditions, which usually affect other types of links, such as microwave links. This provides greater stability in the interconnection of equipment and improved performance. The general **Objective:** was to design and implement a new link through fiber optics to support the network traffic of a hotel company located in Punta Sal, this is due to the industrial nature of the area and the presence of new constructions that hinder the line of sight between the provider's base station and the place where the hotel company in question is located. The main **Conclusión:** is that the new infrastructure provided a robust and long-term solution for the client's communication needs, demonstrating the technical and operational feasibility of migrating to more advanced technologies to ensure the quality and efficiency of Internet services in complex environments. **Method:** This study is experimental in nature.

Keywords: optical fiber, Quality, microwave, base station, climatic conditions, line of sight.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria del autor

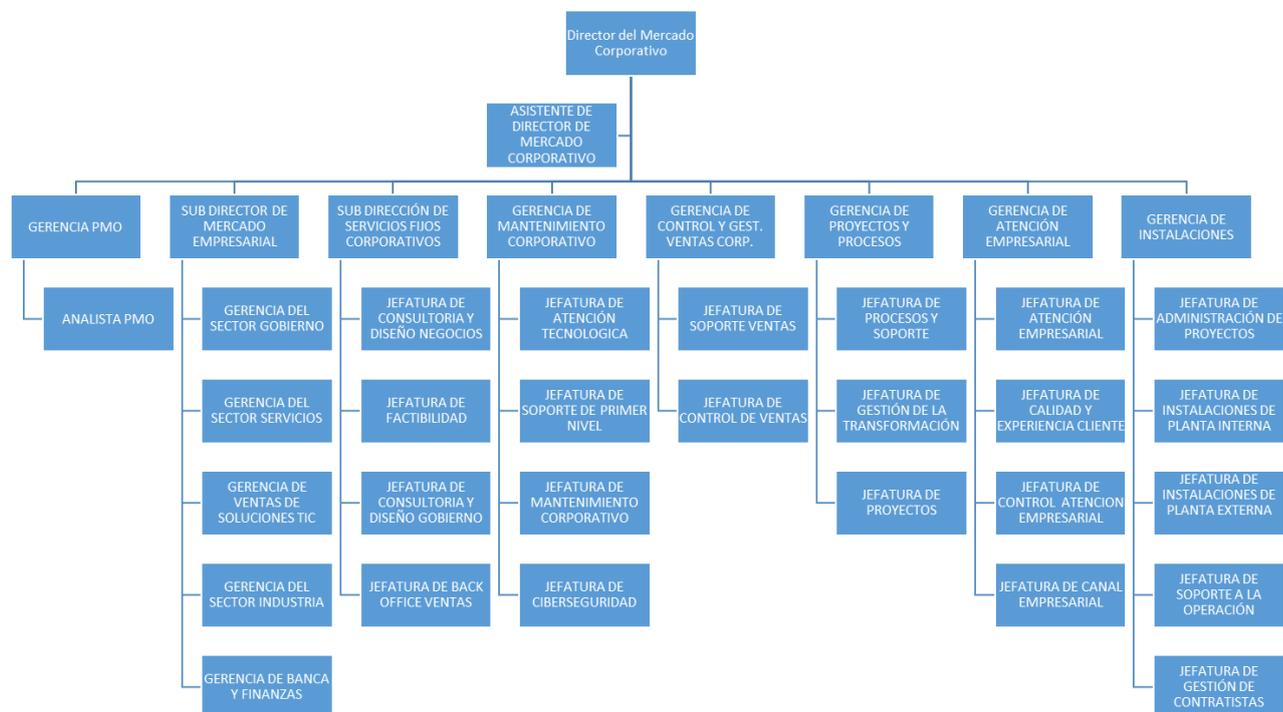
PMP, Mg. en Project Management, Bach. Ingeniero de Telecomunicaciones, con especialización en gerencia y dirección de proyectos (Escuela de postgrado de la Universidad Nacional de Ingeniería).

Inicie mis primeras labores profesionales en la empresa MATSUGROUP ejecutando trabajos de diseño de planta externa e interna relacionado a redes de fibra óptica, esta primera experiencia me ayudo a adquirir conocimientos sobre la infraestructura de diseño y redes de América móvil Perú SAC (Claro), para luego de ello continuar con mi aprendizaje en corporación SAPIA (ex – cosapidata) como analista de factibilidad, este puesto me ayudo a adquirir conocimientos de gestión, coordinación, seguimiento y control de proyectos corporativos asignados por CLARO.

Desde abril del 2018, me encuentro laborando en la empresa América Móvil Perú SAC – CLARO, como analista de planta externa en el área PMO de la dirección del mercado corporativo. A partir de abril del 2022 fui ascendido al área de administración de proyectos PMO, esto a fin de fortalecer mis capacidades y técnicas de los conocimientos que he ido absorbiendo en la maestría en dirección de proyectos.

1.2. Descripción de la empresa/ Institución

AMÉRICA MÓVIL PERÚ SAC, conocida estratégicamente como CLARO, es una empresa autorizada por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones para ofrecer servicios de transmisión de datos, voz y video a nivel nacional. Entre sus objetivos para el presente año, se encuentra la provisión de servicios en diversos departamentos del país.

Figura 1*Organigrama de la empresa**Nota:* Elaboración propia

1.3. Áreas y funciones desempeñadas.

Actualmente, trabajo como analista de planta externa en una Oficina de Proyectos (PMO - Project Management Office), una entidad organizacional cuyos objetivos, procesos y funciones están completamente alineados con los objetivos estratégicos de la compañía. La PMO actúa como un Centro de Competencia para la práctica de Administración de Proyectos dentro de la organización. Es en esta oficina donde se concentra el mayor conocimiento y desarrollo de competencias, habilidades, metodologías y lecciones aprendidas dentro de la empresa.

Mis funciones principales son las siguientes:

Asignar recursos de red, brindar la información relevante a la contratista, supervisar y controlar con el seguimiento continuo la elaboración de los entregables de diseño por parte de la contratista.

Analizar y preparar los expedientes de diseño que se entregarán al área de Permisos de Instalación, en caso de que sea necesario solicitar permisos municipales.

Solicitar a las empresas eléctricas, la autorización para el uso de sus postes como apoyo de nuestros cables de fibra óptica, en los casos que sean necesarios.

Revisión de expedientes y asignaciones de diseño de Lima y Provincias para cada cliente nuevo.

Programar y coordinar con las contratistas los trabajos de instalación de últimas millas alámbricas de los servicios vendidos a los clientes en Lima y provincias.

Gestionar la reserva de materiales que el contratista necesite para la instalación en Lima y provincias.

Supervisar y controlar los trabajos asignados a los contratistas de PEXT.

Llevar control sobre los expedientes finales entregados por los contratistas para ser enviados al área de GIS.

Revisar los expedientes de liquidación de TAF presentados por las contratistas de Lima y provincias.

Revisar y aprobar las liquidaciones de los contratistas por obras realizadas.

Revisión, análisis de las factibilidades derivadas por el área comercial, con el objetivo de hacerlas rentables.

Gestión y coordinación de accesos a las distintas sedes de los clientes corporativos.

Realizar reuniones de monitoreo y control con el cliente externo e interno.

Realizar reuniones de monitoreo y control con los proveedores.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA

2.1. Planteamiento del problema

El progreso tecnológico actual avanza a pasos agigantados, lo que nos lleva a considerar la implementación de nuevos enlaces que pueden satisfacer de manera óptima las necesidades de mejora de la red de comunicación de una empresa Hotelera, en comparación con el enlace por microondas actual. A pesar de que el enlace de microondas existente ofrece velocidades de 150 Mbps, la restricción en el ancho de banda sigue siendo un desafío significativo para la empresa. Esta limitación se agrava aún más debido al crecimiento de nuevas edificaciones de plantas industriales y depósitos de gran elevación en la zona, lo que resulta en obstrucciones en la línea de visión y, en consecuencia, interrupciones en la red de comunicaciones de la empresa.

Esta empresa hotelera desea implementar una nueva tecnología que mejore la velocidad del servicio, aumente la capacidad de transmisión y sea económicamente viable, permitiéndole competir eficazmente en el sector. Se está considerando reemplazar el actual enlace de microondas con uno nuevo de F.O. para lograr una cobertura del 100% sin interrupciones en la red de comunicaciones. Este informe describirá el análisis y las acciones recomendadas para alcanzar este objetivo.

2.1.1. Formulación del problema

2.1.2. Problema general

¿Cómo diseñar e implementar un nuevo enlace a través de la fibra óptica para dar soporte al tráfico de red de una empresa hotelera ubicado en punta sal?

2.1.3. Problemas específicos

¿Cómo es el diseño actual de la infraestructura en una empresa hotelera ubicada en punta sal?

¿Cómo diseñar un nuevo enlace del tendido de fibra óptica para soporte al tráfico red de comunicaciones de una empresa hotelera ubicado en punta sal?

¿Cómo implementar el sistema de red de fibra óptica con todos los equipos de comunicaciones que sean necesarios para un buen manejo y control de la transmisión de datos en las comunicaciones de una empresa hotelera?

2.1.4. Objetivo general

Diseñar e implementar un nuevo enlace a través de la fibra óptica para dar soporte al tráfico de red de una empresa hotelera ubicado en punta sal.

2.1.5. Objetivos específicos

Identificar las limitaciones y deficiencias del diseño actual de una empresa Hotelera ubicado en punta sal.

Diseñar un nuevo enlace del tendido de fibra óptica para soportar el tráfico de red de comunicaciones de una empresa Hotelera ubicado en punta sal.

Implementar el sistema de red de fibra óptica con todos los equipos de comunicaciones que sean necesarios para un buen manejo y control de la transmisión de datos en las comunicaciones de una empresa hotelera.

2.1.6. Justificación

La empresa hotelera ubicada en Punta Sal ha enfrentado dificultades en su infraestructura de telecomunicaciones a causa de la obstrucción de la línea de visión en su enlace de microondas actual. Para resolver estos problemas y garantizar evitar las interferencias, hemos decidido implementar un proyecto para ejecutar un nuevo enlace utilizando tecnología de F.O. Este proyecto se ha diseñado después de un análisis detallado de los desafíos específicos que enfrenta la empresa hotelera, con el fin de mejorar considerablemente la interconexión de su red y garantizar una mayor eficiencia en el transporte de datos dentro de su infraestructura de comunicaciones. Este informe detalla los aspectos clave de este proyecto y los beneficios esperados.

2.1.7. Alcances y limitaciones

2.1.7.1. Teórica

Teoría de Fibra Óptica, Redes de Fibra Óptica, Microondas

2.1.7.2. Temporal

La fase de Diseño e implementación se efectuará tomando una duración de dos (02) meses, comprendido desde el mes de mayo a junio del 2022.

2.1.7.3. Espacial

El proyecto se realiza en el distrito de Zorritos – Punta Sal.

2.2. Marco teorico

2.2.1. Antecedentes bibliográficos

En relación a los antecedentes a nivel internacional, el estudio llevado a cabo por Rodríguez & García (2023), señala que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones de Ecuador emprendió la tarea de instalar una red de fibra óptica para los servicios de comunicación, sustituyendo así las obsoletas redes de cobre, las cuales presentaban serias limitaciones en velocidad y confiabilidad. Este proyecto, detallado en el trabajo, expone la planificación y ejecución de dicha red, empleando una metodología que combina enfoques cualitativos y cuantitativos, en línea con las prácticas actuales en proyectos de telecomunicaciones. Como resultado, la mayor difusión de las redes de datos tiene importantes implicaciones para las pequeñas y medianas empresas, la prestación de servicios públicos y la facilitación de la enseñanza a distancia, tanto a nivel local como nacional. Esta iniciativa ha contribuido significativamente al desarrollo socioeconómico y educativo de la región.

Por otro lado en el estudio de Poma (2022), se enfocó en diseñar una red de fibra óptica FTTH con tecnología GPON para la zona Patacón en la ciudad de Sucre, caso AXS BOLIVIA S.A. Se concluyó que las redes FTTH con GPON son ideales para implementar accesos debido a su uso de F.O. de extremo a extremo, eliminando elementos activos que podrían causar problemas en el medio. El trazado de la ruta se realizó sin contratiempos gracias a la buena condición de los postes en calles y avenidas. El diseño consideró las características demográficas, rutas de despliegue y la demanda de suscriptores, incluyendo viviendas, sectores comerciales e instituciones. La red fue diseñada para ser escalable y adaptable a futuros servicios sin cambios severos. Se efectuaron análisis de costos de todos los equipos y elementos necesarios. Este proyecto se reveló productivo académica y profesionalmente, beneficiando a los habitantes de Patacón con acceso al medio digital, reduciendo la brecha tecnológica en Sucre y facilitando el trabajo y aprendizaje a distancia.

A nivel Nacional en el estudio realizado por Gomez (2022), titulado "Implementación de una Red de Fibra Óptica para el Servicio de Internet del Centro Poblado de Hualahoyo", ha permitido mejorar significativamente el acceso a Internet en esta comunidad, en comparación con la red inalámbrica previamente implementada. Se observa que el acceso a tecnologías de información y comunicación es fundamental para diversas actividades laborales, académicas y cotidianas, y que su importancia aumenta con el avance continuo de la tecnología. La fibra óptica, empleada en este estudio, permite una transmisión eficiente de datos con alta velocidad y mínima interferencia, mejorando así la experiencia de los usuarios. La implementación de la red siguió la metodología PPDIIOO de Cisco, asegurando una preparación, ejecución y operatividad adecuadas de la red, así como su capacidad de adaptarse y mejorar continuamente. Los hallazgos revelaron mejoras significativas en velocidad, transferencia de datos y opiniones de los usuarios sobre la disponibilidad, fiabilidad y calidad de los servicios de Internet en Hualahoyo. Esto resalta las ventajas de la fibra óptica sobre las redes inalámbricas aún utilizadas en diversas partes del país.

Por su parte Sotelo (2021), en su estudio buscó conocer el impacto de la Tecnología de Banda Ancha en el diseño e implementación de un Sistema de Comunicaciones. Se empleó un enfoque cuantitativo, utilizando resultados de investigaciones previas y bases de datos estadísticos, validando hipótesis de solución. Además, se aplicó un enfoque correlacional para analizar la relación entre el despliegue de la red de banda ancha y sus beneficios para la población rural. Los hallazgos revelaron que la implementación de la banda ancha permitió el acceso en tiempo real al proyecto "Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral de Desarrollo Social - Región Apurímac" y al mundo digitalizado. Se observó un aumento en el margen estándar de desvanecimiento de señal en el tramo de red de transporte entre Torohuichcana y el Nodo de distribución en Pampachiri, gracias a un radio enlace que cubre una distancia de 12.83 km con un margen de 22.43 dB, utilizando modulación 128 QAM y con

una latencia promedio de 3-5 ms. Esto aseguró la disponibilidad de servicios de banda ancha en la localidad. En conclusión, la implementación de esta tecnología demostró beneficios significativos para mejorar la conectividad y el acceso a servicios digitales en áreas rurales.

Por otra parte Huaman (2020), en su estudio "Diseño e implementación de un nuevo enlace de fibra óptica para acceso a internet en el IESTP San Francisco de Asís de Villa María del Triunfo", aborda la necesidad de la Dirección Regional de Educación de Lima Metropolitana de proporcionar acceso a internet con enlace dedicado a sus sedes, incluyendo el IESTP San Francisco de Asís. El proyecto determina la ruta óptima para desplegar la fibra óptica desde la última milla hasta las oficinas del IESTP, utilizando modelos matemáticos para calcular la atenuación del enlace. Los resultados indican la ampliación de la infraestructura de planta externa con la proyección de 2 postes y 43.6 metros de canalización, lo que reduce los costos de implementación y mejora el acceso a internet para el instituto. Se concluye que la implementación del nuevo enlace de fibra óptica beneficia significativamente la capacidad de transmisión y recepción de datos en la red del IESTP.

En cuanto al contexto local Dávalos (2021), en su estudio sobre la implementación de una red de fibra óptica entre los distritos de Los Olivos y San Martín de Porres, Lima, para Optical Networks. Se diseñaron rutas y se utilizó infraestructura existente para el tendido de la fibra óptica, con supervisión para cumplir normativas. Según los resultados el proyecto proporciona beneficios económicos e institucionales al operador de telecomunicaciones al permitir la expansión de su capacidad para atender nuevos clientes y competir a nivel nacional. Se estima una ganancia neta de S/. 617,950.04 en 4 años, respaldada por un análisis financiero detallado. La red implementada puede generar ingresos adicionales al ofrecer servicio de fibra oscura a otros operadores, fomentando alianzas futuras. La infraestructura construida reduce la necesidad de inversiones futuras, facilitando la expansión del servicio de internet a hogares en los distritos mencionados. Este avance tecnológico beneficia a 288 empresas, mejorando su

productividad y conectividad. En conclusión, el diseño e implementación de la red de fibra óptica permite al operador brindar un servicio eficiente y competitivo en la zona.

2.2.2. Bases teóricas

2.2.2.1. Radioenlace

Se refiere a la conexión entre terminales de telecomunicaciones utilizando ondas electromagnéticas, permitiendo la transmisión de datos, voz u otra información. Esta interconexión puede ser entre terminales fijos o móviles, adaptándose al tipo de servicio requerido según la movilidad de los dispositivos involucrados (Novoa & Carreño, 2018).

Además, se denomina así a la interconexión entre dos terminales mediante una onda radioeléctrica, también llamadas ondas hertzianas, las cuales se propagan a través del aire y el vacío. En los radioenlaces se da una comunicación dúplex, esto es, que se necesitan de dos señales moduladas para realizar las comunicaciones: una señal de transmisión y otra de recepción (Aceña, 2022).

Por su parte, Otalavallo & Vásquez (2022) señalan que estas telecomunicaciones permiten que las ondas electromagnéticas se propaguen para facilitar la comunicación entre varios puntos. Para lograr esta transmisión, se emplea una frecuencia portadora que transporta la información de un extremo a otro. Los radioenlaces pueden adoptar diversas configuraciones y alcances, como enlaces punto a punto, multipunto y combinaciones fijas-móviles, una para la transmisión de señales y otra para la recepción, asegurando así una comunicación bidireccional efectiva entre los dispositivos conectados.

Los radioenlaces generalmente operan en frecuencias que superan los 1 GHz, específicamente en el rango de las microondas, lo que les confiere el nombre adicional de radioenlaces de microondas. Este tipo de frecuencias permite una transmisión eficiente de datos a largas distancias debido a sus características de propagación y capacidad para penetrar

obstáculos físicos con menos pérdidas de señal en comparación con frecuencias más bajas. Los radioenlaces de microondas son utilizados extensamente en telecomunicaciones para establecer conexiones punto a punto o multipunto, facilitando redes de comunicación robustas y de alto rendimiento (Fernández, 2018).

Aguirre, (2018) señala que los radioenlaces proporcionan capacidad de transmisión de datos con estándares específicos de calidad y disponibilidad, operando entre 800 MHz y 42 GHz.

Por otro lado, Céspedes (2016) clasifica los radioenlaces en servicio fijo, que conecta puntos estacionarios, y servicio móvil, que permite desplazamiento. Los componentes de radiocomunicación incluyen terminales, receptores de radio, transmisores, antenas, y componentes de monitorización y respaldo.

Según Fernández (2018), los radioenlaces pueden ser clasificados en dos grandes categorías basadas en el tipo de modulación utilizada, cada una empleando tecnologías distintivas para la transmisión de señales. Esta clasificación es fundamental para entender cómo se gestionan las comunicaciones en diferentes entornos y aplicaciones específicas de telecomunicaciones:

Los radioenlaces utilizan modulación de frecuencia (FM) para transmitir la portadora. La señal que modula puede ser:

2.2.2.1.1. Radioenlaces Analógicos

Equipo de telecomunicaciones multiplexado digital con ancho de banda ajustable de 12 a 2700 canales, con capacidad de control de continuidad, mantenimiento de circuitos (CTS), control remoto (TC) y monitorización remota.

Emplean multiplexores que combinan señales de vídeo en banda base con subportadoras de audio moduladas en frecuencia.

Las señales de radio consisten en múltiples subportadoras de audio moduladas en frecuencia.

2.2.2.1.2. Radioenlaces Digitales

Utilizan modulación digital, ya sea binaria o multinivel, con diversas técnicas de modulación como PSK binaria, PSK en cuadratura, y NQAM (16, 64, 128 niveles). Las señales moduladas son señales multiplexadas digitalmente de un determinado nivel de normalización.

Los radioenlaces se clasifican en tres categorías de acuerdo a su capacidad:

Baja capacidad: hasta 30 canales o 2 Mbit/s.

Capacidad media: hasta 240 canales u 8 Mbit/s.

Alta capacidad: de 300 a 2.700 canales o más de 34 Mbit/s.

En cuanto a su propagación y limitaciones, propagación troposférica y estaciones repetidoras para superar limitaciones geográficas. Un radioenlace puede constar de dos terminales y varios repetidores (Fernández, 2018).

Para garantizar la viabilidad de un radioenlace, requieren que al menos el 60% de la primera banda de Fresnel esté libre de obstáculos. La longitud máxima del enlace es de unos 80 km para frecuencias inferiores a 10 GHz y unos 30 km para frecuencias superiores debido a la atenuación por lluvia. Además de estas limitaciones técnicas, es deseable por razones económicas minimizar el número de enlaces, lo que significa que cuanto más largo sea el enlace, mejor. Sin embargo, los grandes acoplamientos aumentan la probabilidad de desvanecimiento (Fernández, 2018). Los radioenlaces utilizan antenas altamente direccionales con buenos factores de radiación directa, de modo que sólo es necesario asignar frecuencias de f_1 y f_2 por radioenlace, una para cada dirección de transmisión, que pueden reutilizarse en enlaces posteriores.

2.2.2.2. Ancho de la banda

Esto se refiere al rango de frecuencias donde su desempeño con respecto a ciertos parámetros se mantiene dentro de límites aceptables. Este término no tiene un significado absoluto y puede definirse según varios parámetros físicos. Además, es crucial en el diseño de antenas, ya que asegura una transferencia eficiente de energía tanto en la transmisión desde el transmisor hacia la antena como en la recepción desde la antena hacia la carga. Dicho rango, por diagrama de radiación indica la dirección específica en la cual la energía es irradiada de manera efectiva. Mientras que de polarización se refiere al rango de frecuencias donde una antena minimiza las pérdidas debido a desajustes en su polarización. Estos conceptos serán detallados más adelante para una comprensión más clara (Loza, 2023).

2.2.2.3. Microondas

Se trata de ondas electromagnéticas que se encuentran en el rango de frecuencias entre 500 MHz y 300 GHz. Debido a sus frecuencias elevadas, estas ondas tienen longitudes de onda relativamente cortas, lo que explica por qué se les denomina así (Aguirre, 2018).

Este rango de frecuencias, específicamente entre 3 GHz y 300 GHz, corresponde a longitudes de onda en el vacío de 10 cm a 1 mm. Estas ondas viajan en línea recta y pueden concentrarse en un haz estrecho, lo que facilita la transmisión de energía hacia una antena receptora con menos interferencias, resultando en una señal más fuerte en comparación con el ruido. Con el equipo adecuado, las microondas pueden transmitirse a largas distancias (Muñoz, 2005).

Prieto (2017), también señala que las microondas, debido a su capacidad para concentrarse en haces estrechos y viajar largas distancias, son fundamentales para aplicaciones en telecomunicaciones y radar. Estas ondas de frecuencias permiten una variedad de aplicaciones en telecomunicaciones, radar, y otras tecnologías donde las propiedades de las

microondas, como su capacidad para concentrarse en haces estrechos y viajar distancias largas con equipos adecuados, son fundamentales para su uso efectivo.

La comunicación por microondas ha sido extensamente utilizada en telefonía de larga distancia, celulares, y distribución de televisión. Esta tecnología ofrece ventajas sobre la fibra óptica, como no requerir derechos de paso extensos, permitiendo establecer comunicaciones directas mediante torres de microondas cada 50 km (Prieto, 2017).

2.2.2.4. Redes de Acceso

Estas redes se encuentran en los límites de la Red de Área Metropolitana (MAN) y son las más cercanas a los usuarios finales. Se caracterizan por emplear una variedad de protocolos, tener estructuras distintas y ofrecer velocidades variables. Sus usuarios abarcan desde hogares residenciales hasta grandes empresas e instituciones (Fernández, 2018).

Estas redes deben mantener el soporte para infraestructuras y protocolos heredados al mismo tiempo. Se encargan de dirigir el tráfico dentro del ámbito metropolitano, conectando empresas, oficinas y áreas urbanas, así como entre puntos de presencia o nodos (Pignataro & Acuña, 2017).

2.2.2.5. Fibra Óptica

Es un medio de transmisión de datos compuesto por hilos delgados de materiales como plástico, vidrio o silicio. Estos hilos transmiten datos a través de pulsos de luz que se reflejan internamente, siguiendo la Ley de Snell, lo que permite una transmisión eficiente y segura a largas distancias (Fernández, 2018).

Para su funcionamiento, necesita dispositivos electrónicos en ambos extremos: uno para enviar información en forma de luz y otro para recibirla y decodificarla. Este medio utiliza filamentos de vidrio de alta pureza, similares en grosor a un cabello humano, y actúa como una guía de ondas para las señales electromagnéticas (Chan, 2020).

Este medio utiliza filamentos de vidrio de alta pureza, similares en grosor a un cabello humano, y actúa como una guía de ondas para las señales electromagnéticas (García, 2009, citado en Fernández, 2018).

La fibra óptica es ideal para transmitir grandes volúmenes de datos rápidamente y sin interferencias electromagnéticas, siendo ampliamente utilizada en telecomunicaciones (López, 2016).

Sus características principales incluyen:

Atenuación. Pérdida de señal a lo largo de la fibra. Esta pérdida ocurre de manera exponencial conforme aumenta la distancia. Se mide en decibelios (dB) (España, 2005).

Dispersión modal. Ocurre debido a las variaciones en los tiempos de propagación de la luz a lo largo de diferentes trayectorias dentro de una fibra óptica. Este fenómeno solo se observa en fibras multimodo (Tomasi, 2003).

Dispersión cromática. Se produce cuando las distintas longitudes de onda de la luz emitida por los diodos LED viajan a diferentes velocidades a lo largo de la fibra óptica. Esto ocasiona que los rayos de luz lleguen al receptor con retardos variables, lo que puede causar distorsiones en la señal transmitida (Tomasi, 2003).

Perdidas por absorción. Causadas por impurezas en los materiales durante la fabricación de las fibras ópticas, resultando en la absorción de la luz transmitida (Vallejo, 2013).

Pérdidas por dispersión de Rayleigh. ocurren durante la transmisión debido a las imperfecciones microscópicas generadas en la fibra óptica durante su fabricación, causando difracción de la luz transmitida (Tomasi, 2003).

Tipos:

2.2.2.5.1. Fibra Monomodo

Tiene una alta capacidad de transporte de información con una banda de paso de 100 GHz/Km, aunque es la más compleja de instalar. Su núcleo permite que los datos viajen sin rebotar, lo cual facilita velocidades de transferencia elevadas. Estas fibras tienen un diámetro de núcleo que coincide aproximadamente con la longitud de las señales ópticas, típicamente entre 5 y 8 μm . Requiere transmisores láser para alcanzar velocidades de transferencia elevadas (Chan, 2020). Es ideal para redes metropolitanas y de área extensa debido a su baja pérdida de señal en largas distancias (Villacrés & Muriel, 2016).

2.2.2.5.2. Fibra Multimodo.

La fibra multimodo permite que los haces de luz sigan varios caminos simultáneamente, lo que implica variaciones en los tiempos de llegada de la luz. Se usa principalmente para distancias cortas (< 2 km). Ancho de banda influenciado por la longitud de la fibra y compatible con longitudes de onda de 850 nm y 1310 nm. Su núcleo con índice de refracción mayor que el revestimiento, facilitando conexiones con equipos terminales simples y económicos (Fernández, 2018).

Usualmente se utiliza un LED como fuente de luz (Chomycz, 1998). Hay dos tipos principales: índice escalonado y índice gradual, que afectan la dispersión modal y el ancho de banda.

Hay varias topologías de redes de fibra óptica. La tabla 1 presenta la clasificación basada en el punto de terminación, el tipo de equipos y los elementos de la red.

Figura 2

Topologías de redes de fibra óptica

Topología	Alcance	Descripción
FTTH	Fibra óptica hasta la casa.	La fibra óptica va desde la central del ISP hasta el hogar u oficina del abonado.
FTTB	Fibra óptica hasta el edificio o sótano.	La fibra óptica se extiende desde la central del ISP hasta un punto de distribución intermedio dentro del edificio.
FTTC	Fibra óptica hasta el armario.	La fibra óptica va desde la central del ISP hasta un armario de telecomunicaciones cerca del abonado, a menos de 300 metros.
FTTN	Fibra óptica hasta el nodo.	La fibra óptica termina en la central del ISP y se complementa con cables coaxiales o de par de cobre para llegar a los abonados.

Fuente: VIAVI Solutions 2020, Diseño e Implementación de Redes FTTX

2.2.2.5.3. Arquitectura de redes de fibra óptica

AON (Red Óptica Activa). Arquitectura punto a punto, con conexión directa de fibra entre la oficina central y el usuario final.

Utilizan transceptores láser en ambos extremos.

Capaces de cubrir grandes distancias y ofrecer alto ancho de banda.

Costos de mantenimiento elevados y operación compleja (Commscope, 2018).

PON (Red Óptica Pasiva). Arquitectura punto a multipunto con divisores de fibra óptica pasivos, sirviendo a varios usuarios con una sola fibra.

Compuesta por un Terminal de Línea Óptica (OLT) en la oficina central y Unidades de Red Óptica (ONU) en las ubicaciones de los usuarios.

Menor cantidad de fibra y equipos necesarios en la oficina central, además de ser más

fáciles de operar.

2.2.3. Definición de términos básicos

Ancho de banda: Diferencia entre las frecuencias más alta y más baja que puede transportar un medio de comunicación (Tomasi, 2003).

Antena: Dispositivo que emite y recibe ondas radioeléctricas, transformando señales eléctricas en ondas electromagnéticas y viceversa (Prieto, 2017).

Atenuación: Reducción de la potencia de una señal a medida que viaja a través de un medio (España, 2005).

Comunicación Half Duplex: Canal que puede operar en ambas direcciones, pero no simultáneamente (Briceño, 2005).

Frecuencia: Número de ciclos de una onda en un periodo de tiempo, medido en Hertz (Prieto, 2017).

Fibra Multimodo: Fibra óptica que permite varios caminos de luz simultáneamente, usada para distancias cortas (Fernández, 2018).

Google Earth: Es una aplicación que permite explorar virtualmente el planeta a través de imágenes satelitales y datos cartográficos. Ofrece vistas detalladas y realistas de diversos lugares, permitiendo añadir capas adicionales como carreteras, edificaciones en 3D y puntos de interés (Fernández, 2021).

LAN (Local Area Network): Red de datos que facilita la comunicación entre dispositivos diversos dentro de un área geográfica limitada. Permite compartir recursos y datos entre equipos independientes (Briceño, 2005).

Longitud de onda: Distancia entre dos crestas sucesivas de una onda (España, 2005).

MAN (Metropolitan Area Network): Red que proporciona servicios de alta velocidad, típicamente de 100 Mbps o más, dentro de un área metropolitana (Briceño, 2005).

Media converter: Dispositivo electrónico que convierte la señal de luz de fibra óptica en señal eléctrica que viaja a través de cables de cobre UTP.

Nodo: Punto de conexión en una red que recibe y transmite datos (Briceño, 2005).

ODF: Distribuidor de fibra óptica para la centralización e interconexión de cables de fibra.

Radioenlace: Conexión entre terminales de telecomunicaciones mediante ondas electromagnéticas. Se denomina radioenlace fijo cuando ambos terminales son estáticos, y móvil cuando al menos uno de ellos es móvil (Novoa & Carreño, 2018).

Redes SONET / SDH: Estándares para transmisión de datos síncronos a través de redes de fibra óptica, con SONET usado en América del Norte y algunos países asiáticos, y SDH en el resto del mundo.

2.3. Propuesta de solución

2.3.1. Descripción de la propuesta

2.3.1.1. Enlace microondas obstaculizado

La Empresa hotelera, es reconocida por brindar a sus clientes, servicios de campamentos y otros tipos de hospedajes temporales. Esta empresa hotelera solicitó un servicio de internet mediante un enlace de microondas. Sin embargo, con el tiempo, las nuevas construcciones han bloqueado la línea de vista del enlace, lo que provoca interferencias.

Figura 3

Línea de vista obstaculizada



Nota: Elaboración propia

La propuesta consiste en analizar las limitaciones y deficiencias del diseño actual para con ello implementar a través de un tendido de FO, un nuevo enlace de internet, solucionando con ello los problemas de conectividad. Para ello es necesario examinar y evaluar cuál sería la mejor ruta para su despliegue. Analizando la cantidad de postes de concreto de alumbrado público en buen estado que pueden ser utilizados para el tendido de la fibra.

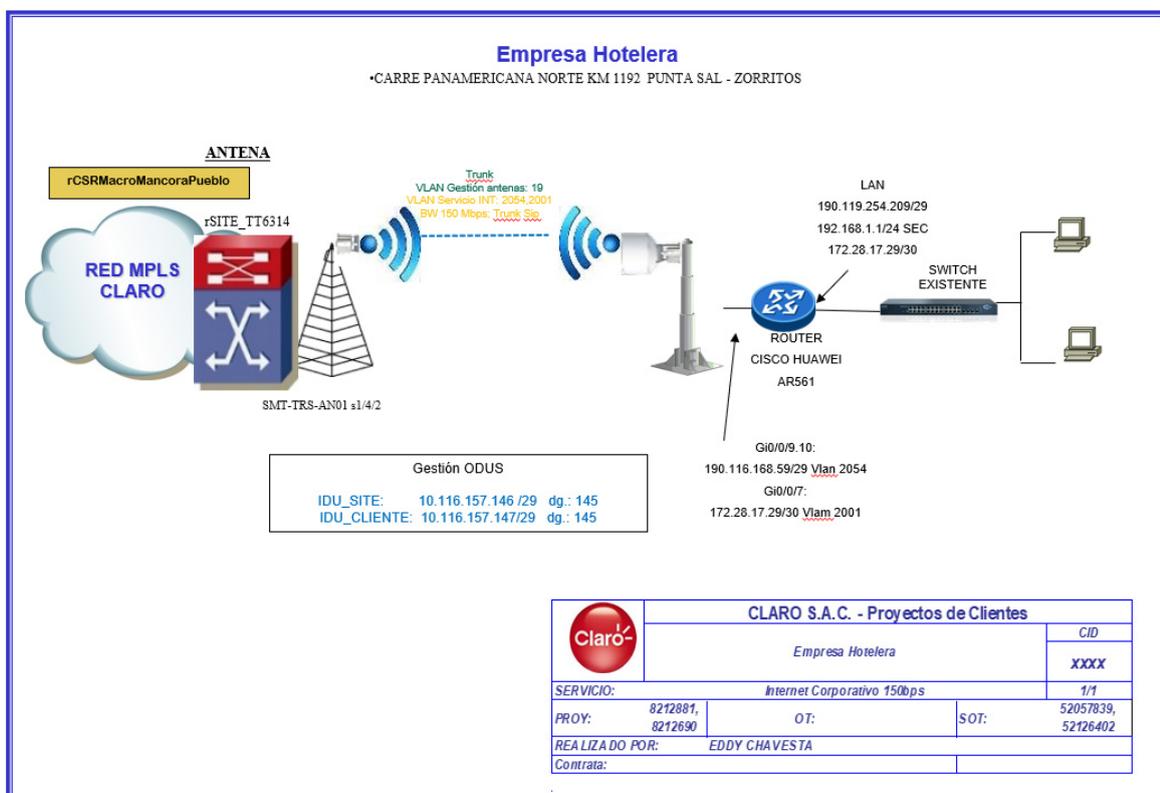
2.3.2. Desarrollo de la propuesta

2.3.2.1. Análisis del diseño actual

Los enlaces de microondas son fundamentales para establecer comunicación entre dos puntos, especialmente cuando se requiere una conexión confiable y rápida. A continuación, podemos apreciar la imagen del diseño actual de la empresa hotelera.

Figura 4

Diseño actual de enlace microondas



Nota: Elaboración propia – Topología actual empresa hotelera

Sin embargo, cuando se enfrentan problemas con la línea de vista (LOS), es decir, cuando no hay una trayectoria clara y sin obstrucciones entre las antenas, se deben abordar ciertos desafíos como el que presenta el diseño actual del enlace microondas que presenta problemas con su línea de vista.

La línea de vista (LOS) es un factor crítico en el diseño y funcionamiento de enlaces de microondas. Se refiere a la trayectoria directa sin obstáculos entre las antenas parabólicas ubicadas en ambos extremos del enlace. Cuando existen obstrucciones, como edificios, colinas o montañas, la LOS se ve afectada, lo que puede provocar pérdidas de señal y problemas de comunicación. En el caso específico de la empresa hotelera, con el paso de los años, el crecimiento de los edificios ha alterado la LOS original. Como consecuencia, se ha producido una pérdida de señal en el enlace de microondas utilizado para el servicio de internet de 150 Mbps. Es fundamental abordar esta situación para restablecer la calidad y confiabilidad de la conexión.

Para resolver este problema, se deben considerar medidas como la reubicación de antenas, la instalación de repetidores o cambiar el medio de transmisión a fibra óptica. Siendo la última opción la apropiada para la empresa hotelera por los ingresos que genera para el operador.

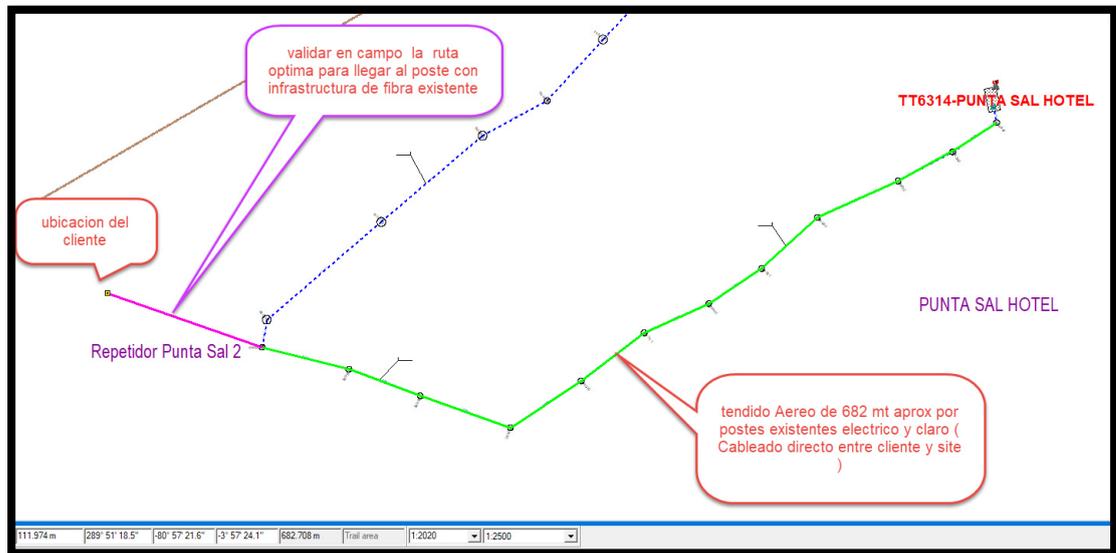
2.3.2.2. Visita Técnica y elaboración del informe

Para realizar la vista técnica se enviará a un diseñador a campo que busque la mejor ruta por donde se proyectará el cableado de fibra óptica, esta visita iniciará desde el Pop Site o nodo hasta llegar a la data center, lugar donde se encuentra los equipos del cliente. Durante la visita se utilizarán los siguientes elementos:

Plano catastral: Deberá presentarse un plano en formato GIS en el que se indiquen las calles y avenidas por las que puede pasar el cableado. El plano debe incluir la ubicación de los nodos, las proyecciones de las posibles líneas exteriores de FO y la ubicación de las instalaciones de análisis receptoras. El inspector deberá imprimir este plano en formato A3 y llevarlo al lugar del proyecto para su inspección.

Figura 5

Plano catastral en GIS



Nota: Elaboración propia

Acta de Visita. Se trata de un documento que debe firmar un representante de la empresa hotelera y que contiene detalles sobre la ruta de fibra interna a la empresa, la ubicación del equipo, el tipo de servicio requerido y el ancho de banda necesario.

Cámara Fotográfica. Se requiere un informe técnico sobre el diseño de la instalación de fibra.

Con la información recopilada en campo, se elaborará un informe técnico que incluirá:

Reporte fotográfico. El presente diseño de fibra óptica comienza desde el gabinete de transmisiones ubicado en el site del proveedor, utilizando postes propios y postes de la eléctrica hasta llegar a las instalaciones de la empresa hotelera ubicada en punta sal.

Figura 6*Gabinete de transmisiones del proveedor*

Nota: Elaboración propia

En la figura N°5, se puede visualizar el gabinete de transmisiones del proveedor donde se proyectará la instalación de una caja panduit, para después de ello proyectar el cable de fibra óptica por escalerillas de comunicaciones ubicadas dentro del site del proveedor, tal y como lo podemos apreciar en la figura N°5.

Figura 7

Recorrido de fibra óptica desde el site del proveedor



Nota: Elaboración propia

En la figura N°6, se puede visualizar como el cable de fibra óptica proyectado va por escalerilla de comunicaciones hasta salir del site para luego continuar por postes del proveedor y postes eléctricos (ver figura 6 al 10).

Figura 8

Recorrido de fibra óptica saliendo del site del proveedor al poste 1



Nota: Elaboración propia

En la figura 7, se detalla la proyección de cable de fibra saliendo desde el site del proveedor hasta anclarse en el poste ubicado en fachada del site.

Figura 9

Recorrido de fibra óptica por postes 1 y 2



Nota: Elaboración propia

En la figura 8, se detalla la proyección del cable de fibra óptica en via publica partiendo desde el poste ubicado en fachada perteneciente al proveedor hasta el siguiente poste ubicado en via pública.

Figura 10

Recorrido de fibra óptica por postes eléctricos 3 y 4



Nota: Elaboración propia

En la figura 9, se detalla la proyección del cable de fibra óptica en vía pública partiendo desde el poste ubicado en fachada perteneciente al proveedor hasta el siguiente poste ubicado en vía pública.

Figura 11

Recorrido de fibra óptica por poste N°7



Nota: Elaboración propia

En la figura 10, se detalla la proyección del cable de fibra óptica sobre el poste N°7 en vía pública.

Figura 12

Recorrido de fibra óptica por postes N°8 y N°9

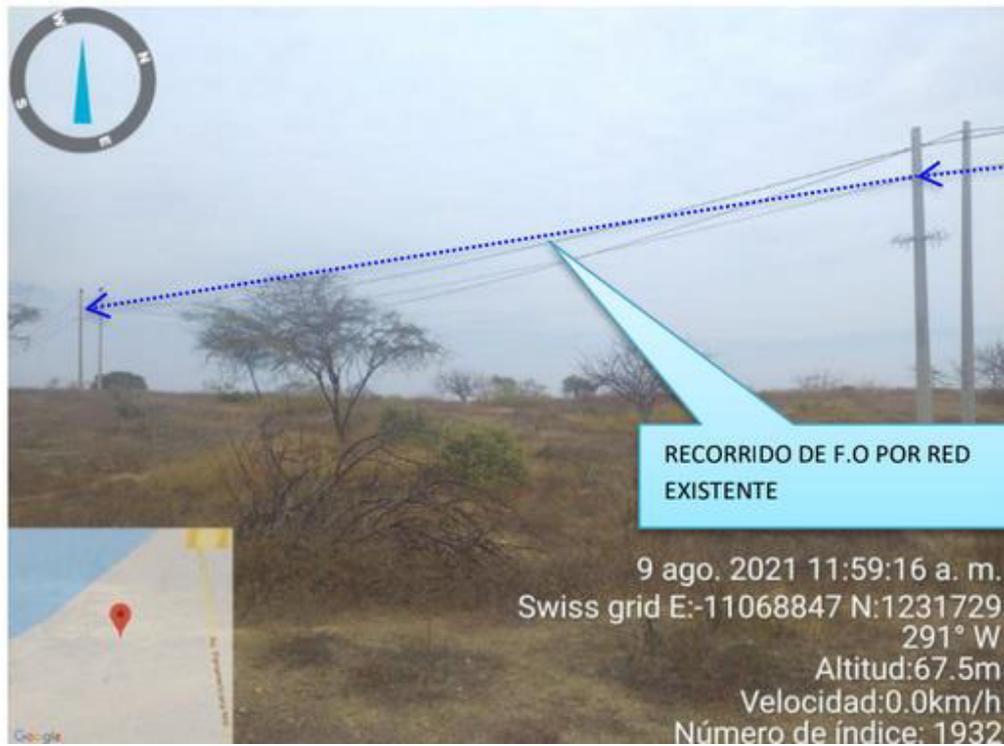


Nota: Elaboración propia

En la figura 11, se detalla la proyección del cable de fibra óptica sobre el poste N°8 en vía pública en dirección al poste N°9.

Figura 13

Recorrido de fibra óptica por postes N°9 y N°10

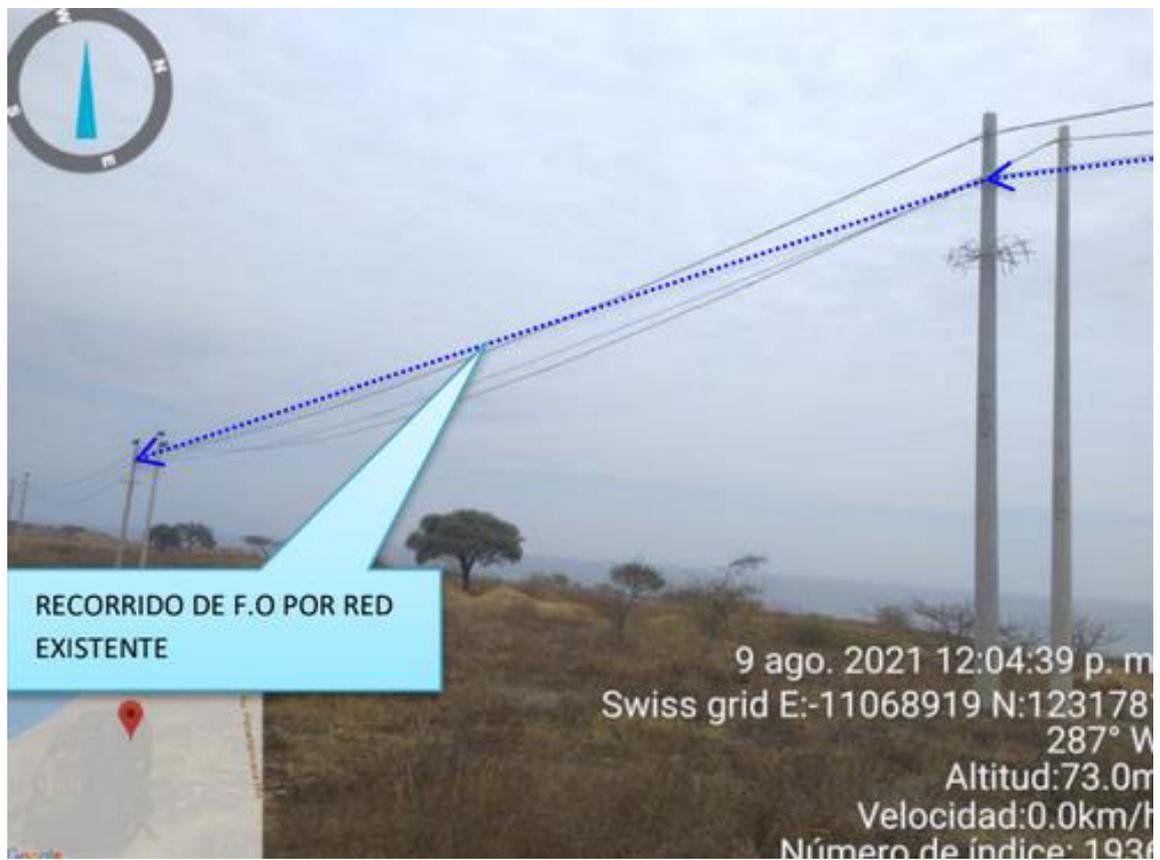


Nota: Elaboración propia

En la figura 12, se detalla la proyección del cable de fibra óptica sobre el poste N°9 en vía pública en dirección al poste N°10.

Figura 14

Recorrido de fibra óptica por postes N°10 y N°11



Nota: Elaboración propia

En la figura 13, se detalla la proyección del cable de fibra óptica sobre el poste N°10 en vía pública en dirección al poste N°11.

Figura 15

Recorrido de fibra óptica por postes N°11 y N°12



Nota: Elaboración propia

En la figura 14, se detalla la proyección del cable de fibra óptica sobre el poste N°11 en vía pública en dirección al poste N°12.

Figura 16

Recorrido de fibra óptica por postes N°12 y N°13



Nota: Elaboración propia

En la figura 15, se detalla la proyección del cable de fibra óptica sobre el poste N°12 en vía pública en dirección al poste N°13.

Figura 17

Fibra proyectada en fachada de cliente por poste propio



Nota: Elaboración propia

En la figura 16, se detalla la proyección del cable de fibra óptica sobre el poste N°13 en vía pública en dirección a la torre ubicada en propiedad de empresa hotelera.

Figura 18

Ingreso de fibra a data center de cliente



Nota: Elaboración propia

En la figura 17, se puede visualizar la proyección de acceso de fibra óptica, la cual será de la siguiente manera, F.O. que se proyecta sobre el poste 13 recorre hasta llegar a la antena ubicada al costado del DATA CENTER y se instalará ferretería proyectada, luego continuará su recorrido hasta llegar al techo del DATA CENTER y se le anclará con alcañata proyectada. Ingresará al interior de DATA CENTER por una perforación existente y recorrerá por canaleta proyectada hasta llegar al gabinete donde se proyecta una caja panduit dentro del mismo gabinete.

Figura 19

Cableado proyectado de fibra óptica a Gabinete de cliente

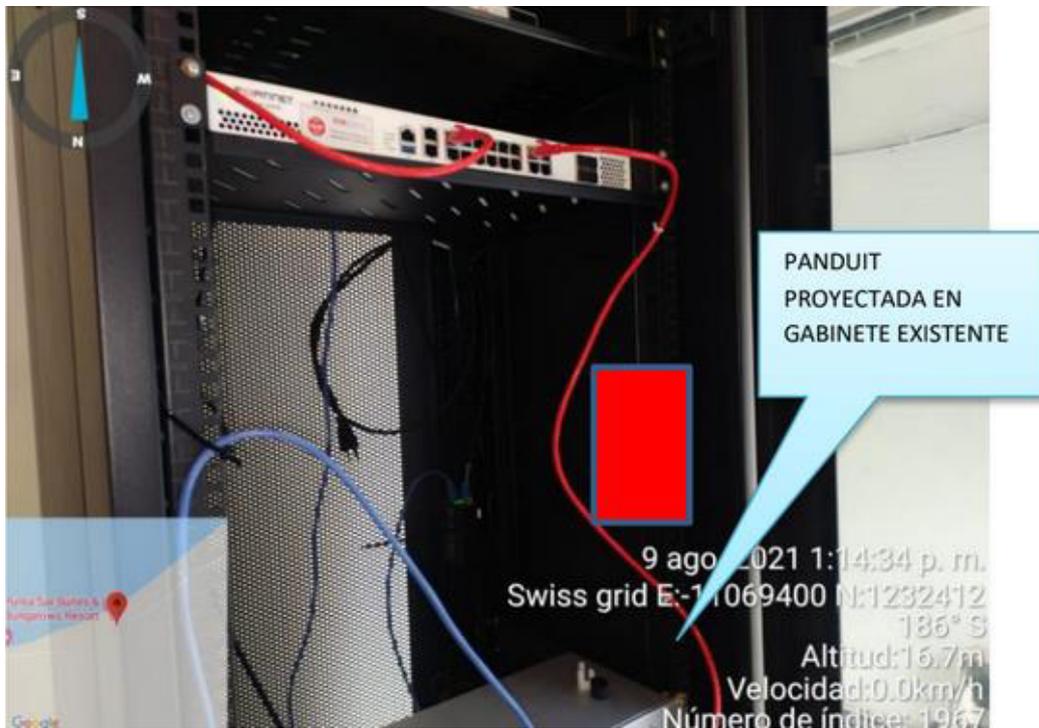


Nota: Elaboración propia

En la figura 18, se detalla la proyección del cable de fibra óptica sobre canaleta proyectada e ingreso a gabinete de empresa hotelera.

Figura 20

Proyección de caja panduit en gabinete de cliente

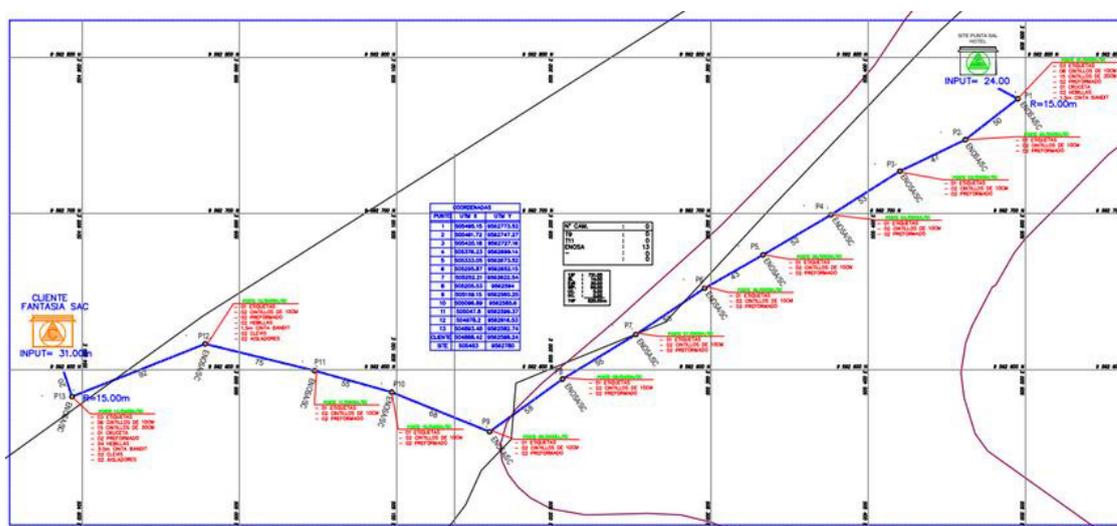


Nota: Elaboración propia – Proyección de caja panduit

En la figura 19, se detalla la proyección de la caja panduit a instalar dentro del gabinete de comunicaciones de la empresa hotelera.

Figura 21

Plano de diseño de PEXT



Nota: Elaboración propia

En la figura 20, se puede apreciar en diseño de planta externa concluido y se visualiza la cantidad de postes que la empresa proveedora del servicio utilizará para activar el servicio a través del medio de Tx de fibra óptica.

2.3.2.3. Determinación de los Parámetros Técnicos de los Equipos

Considerando las características del enlace, la Recomendación G.959.1 de la UIT-T establece los parámetros técnicos que deben cumplir los equipos conectados a la capa física de una red de transmisión óptica.

En nuestro proyecto, utilizaremos fibras ópticas que se ajustan a la recomendación G.652.D. Estas fibras son adecuadas para operar eficientemente en las ventanas de transmisión de 1310 nm y 1550 nm.

Dado que la distancia total de nuestro enlace es de 839.31 metros, hemos decidido utilizar una fibra con transmisión en 1310 nm, ya que esta longitud de onda satisface nuestras necesidades de transmisión y garantiza un rendimiento óptimo para el proyecto.

En resumen, trabajaremos con la interfaz P1S1-2D2, que es la interfaz óptica

recomendada por la UIT-T G.959.1 para enlaces de fibra óptica que operan en 1310 nm y cumplen con la recomendación G.652D (ver tabla inferior).

Figura 22

Especificaciones técnicas de la interfaz óptica PISI-1D1 de la recomendación UIT-T

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALORES
Velocidad binaria	Gbps	2.5
Tipo de fibra	-	G.652.D
TRANSMISOR S		
Tipo de transmisor	-	SLM (láser de modo logitudinal)
Potencia máxima	dbm	0
Potencia mínima	dBm	-5
TRAMO ÓPTICO ENTRE EL TRANSMISOR S Y EL RECEPTOR R		
Atenuación máxima	dB	11
Atenuación mínima	dB	0
Máxima dispersión cromática en el límite superior de longitud de onda	ps/nm	± 140
Máxima potencia de entrada	dBm	0
Sensibilidad mínima	dBm	-26
VER	-	10^{-12}

Nota: E. Mallama Narváez, (2013), “Estudio para la implementación del enlace de fibra óptica entre la sub-estación Jamondino y el centro local de control de cedenar S.A. E.S.P.”

2.3.2.4. Cálculos generales para el enlace de fibra óptica

Para realizar los cálculos generales del enlace de fibra óptica, se considerarán los siguientes aspectos:

Atenuación de la fibra óptica: Se calculará la atenuación total del enlace considerando la atenuación de la fibra por kilómetro y la distancia total del enlace.

Pérdidas por empalmes: Se estimarán las pérdidas por empalmes considerando la cantidad de empalmes necesarios y la pérdida por empalme típica.

Pérdidas por conectores: Se calcularán las pérdidas por conectores considerando la cantidad de conectores en el enlace y la pérdida por conector típica.

Margen de seguridad: Se agregará un margen de seguridad para compensar posibles pérdidas adicionales y garantizar un rendimiento óptimo del enlace.

Según E. Mallama Narváz, en su libro “Estudio para la implementación del enlace de fibra óptica entre la sub-estación Jamondino y el centro local de control de cedena S.A. E.S.P.” publicado el 2013, nos indica la siguiente fórmula:

Ecuación 1: potencia de recepción mínima

$$P_T - n * \alpha_C - \alpha * D - \alpha_e * N_e - M_C - M_e \geq P_R$$

Donde:

Potencia de Transmisión:	Pt
Numero de conectores;	n
Atenuación del conector:	α_c
Atenuación de la longitud de la fibra óptica:	α
Distancia:	D
Atenuación por empalme:	α_e
Numero de empalmes:	Ne
Margen de seguridad del cable de f.o:	Mc

Margen de interfaz óptico de Tx: M_e

Potencia de recepción: P_r

En el enlace, se utilizarán conectores LC, que son comunes para la transmisión de datos. Estos conectores introducen una atenuación de 0.5 dB cada uno. Además, en cada extremo del enlace, hay un cable patch cord que se utilizará para conectar los equipos activos del sistema. En resumen, el enlace cuenta con un total de 2 conectores.

El margen de reserva para los equipos, considerando el envejecimiento y las condiciones ambientales, varía entre 0.1 y 0.6 dB/Km. Para ser conservadores, utilizaremos el valor más alto, que es 0.6 dB/Km. Además, el margen de seguridad para los cables, pensando en futuras reparaciones, está en el rango de 1 a 2 dB.

Dado que la distancia del enlace requerido es de aproximadamente 839.31 metros, es probable que las atenuaciones se encuentren en el rango de 0.3 a 0.5 dB.

En la actualidad, cuando se requiere la inclusión de empalmes a lo largo del trayecto de la fibra se utiliza la técnica de fusión, la cual incluye pérdidas de 0.3 dB. Cuando este es el caso, se debe incluir elementos de encapsulado, los cuales protegen a los empalmes de los esfuerzos y de la contaminación.

Ahora bien, la distancia que recorrerá la fibra óptica será de 839.31 metros y se utilizarán 2 empalmes que es para la instalación de las cajas panduit en el lado cliente y en el lado del proveedor. Entonces para el cálculo de la atenuación se tiene la siguiente formula:

$$P_T - n * \alpha_C - \alpha * D - \alpha_e * N_e - M_C - M_e \geq P_R$$

$$-5(\text{dBm}) - 2 * 0,5(\text{dB}) - 0,4 * 0,839(\text{Km}) - 0,3(\text{dB}) * 2 - 2(\text{dB}) - 3 \geq -26 (\text{dBm})$$

$$-11,9356 \geq -26 \text{ (dBm)}$$

Del resultado podemos concluir que al ser la potencia recibida mayor que la sensibilidad del receptor, el enlace es satisfactorio.

Para nuestro proyecto, usaremos un cable de fibra óptica con una longitud de onda de 1310 nm. Este cable tiene un coeficiente de dispersión cromática que varía entre 4 y 5 ps/nm·km. La norma G562.D establece un máximo de 5.3 ps/nm·km para este coeficiente.

Según la recomendación UIT-T G.959.1, se sugiere utilizar fuentes de láser de 5 nm para aumentar el ancho de banda del enlace.

El autor E. Mallama Narváez proporciona una fórmula específica para calcular el ancho de banda en su libro y es la que se puede apreciar líneas abajo.

$$AB = \frac{0.5}{D * W_C * \Delta\lambda}$$

Donde:

- D = Distancia del enlace (Km)
- W_C = Coeficiente de dispersión cromática de la fibra óptica
($ps/nm.Km$)
- $\Delta\lambda$ = Ancho espectral del láser (nm)

Tabla 1

Ecuación para hallar ancho de banda

D	Distancia del enlace	0,839
(Km)		
Wc	Coefficiente de	5,3
	dispersión	
$\Delta\lambda$	Ancho espectral del	5
	enlace	

AB = 22,5 Mhz

Nota: En la ecuación podemos ver que el ancho de banda teórico disponible es de 22,5 Mhz

Este valor representa el ancho de banda teórico disponible para el enlace, considerando las condiciones de infraestructura y la planificación de la red. Es importante destacar que este cálculo se refiere al ancho de banda que estará disponible en el enlace, no al ancho de banda requerido.

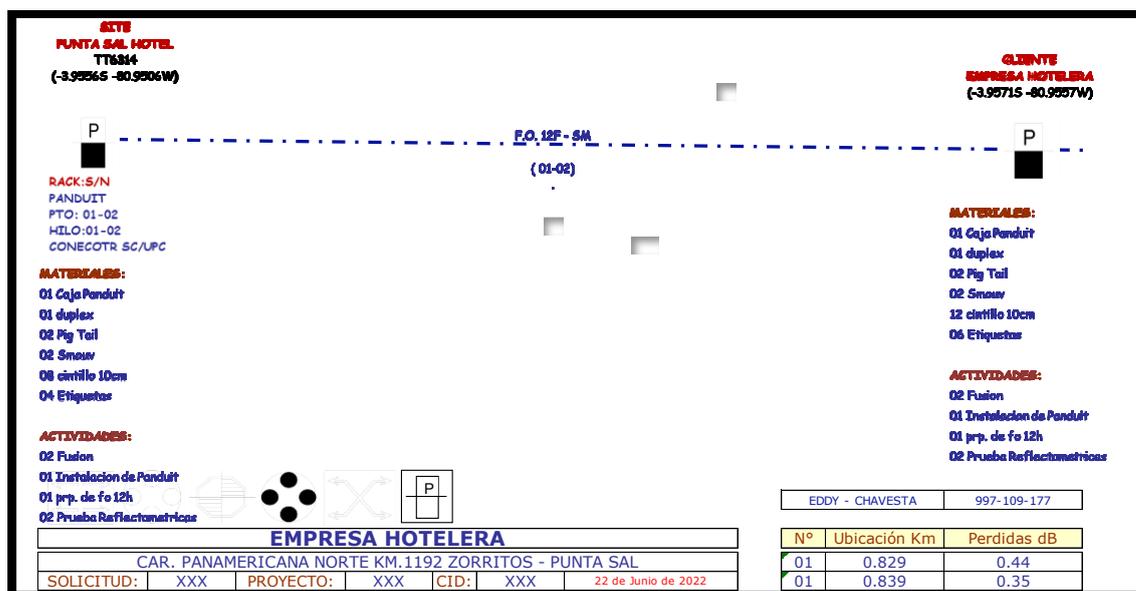
2.3.2.5. Hoja de Empalmes desde el Nodo hacia la Empresa

En esta fase se evaluará la integración de los equipos necesarios para instalar los servicios protegidos. En este proyecto, es necesario instalar manguitos (también conocidos como tomas), cuya instalación reforzará la infraestructura de red.

Esta fase incluye la instalación de fibra óptica monomodo de 12 hilos para conectar los nodos del proveedor a la empresa. A lo largo del trayecto se instalarán más manguitos, que se combinarán con otras líneas de fibra óptica para crear nuevas conexiones para la empresa.

Figura 23

Cuadro de empalme



Nota: Elaboración propia

En la figura 21, se puede apreciar la cantidad de empalmes que se va a requerir para activar el servicio por fibra óptica.

2.3.2.6. Gestión del Proyecto

La gestión del proyecto se llevará a cabo siguiendo las mejores prácticas de gestión. Se establecerán hitos clave, se asignarán responsabilidades a cada miembro del equipo y se realizará un seguimiento constante del avance del proyecto.

Se coordinarán las actividades para obtener los permisos necesarios de la municipalidad y ejecutar el tendido aéreo de la fibra óptica hacia la empresa.

Tabla 2*Cronograma de conexión de datos*

CRONOGRAMA DEL CONEXIÓN DE DATOS - EMPRESA HOTELERA		
ACTIVIDADES	FECHA	
	INICIO	FIN
DISEÑO	26/05/2022	11/06/2022
INICIO DE DISEÑO	26/05/2022	26/05/2022
EJECUCIÓN DE VISITA DE INSPECCIÓN PEXT/PINT EN CLIENTE	26/05/2022	26/05/2022
ELABORACIÓN Y ENVIO DE INFORME AL CLIENTE	27/05/2022	29/05/2022
APROBACIÓN DE INFORME POR CLIENTE	30/05/2022	30/05/2022
PERMISOS MUNICIPALES	31/05/2022	10/06/2022
ELABORACIÓN DE EXPEDIENTE MUNICIPAL	31/05/2022	31/05/2022
ENVIO DE EXPEDIENTE MUNICIPAL	03/06/2022	03/06/2022
APROBACIÓN DE EXPEDIENTE MUNICIPAL	10/06/2022	10/06/2022
FIN DE DISEÑO	11/06/2022	11/06/2022
IMPLEMENTACIÓN	14/06/2022	22/06/2022
INICIO DE IMPLEMENTACIÓN DE F.O	14/06/2022	14/06/2022
TENDIDO DE FIBRA OPTICA EN VIA PUBLICA	14/06/2022	17/06/2022

TENDIDO DE FIBRA OPTICA EN CLIENTE	18/06/2022	20/06/2022
CIERRE DE ENLACE DE FIBRA OPTICA	21/06/2022	22/06/2022
FIN DE IMPLEMENTACIÓN DE F.O	22/06/2022	22/06/2022
MIGRACIÓN	23/06/2022	25/06/2022
RAQUEO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS	23/06/2022	23/06/2022
CONFIGURACIÓN	23/06/2022	23/06/2022
PRUEBAS	23/06/2022	23/06/2022
FIRMA DE ACTA	25/06/2022	25/06/2022
CIERRE DEL PROYECTO	27/06/2022	27/06/2022

Nota: Elaboración propia

2.3.3. Factibilidad Técnica – Operativa

La propuesta es técnicamente viable, ya que se utilizarán materiales y equipos adecuados para el tendido aéreo de fibra óptica, siguiendo las recomendaciones de la UIT-T. Se aprovechará la infraestructura existente de postes de alumbrado público en buenas condiciones para realizar el despliegue.

Operativamente, el proyecto será gestionado por un equipo experimentado, siguiendo un protocolo de pruebas y mediciones OTDR para garantizar la calidad del enlace. Se realizarán las coordinaciones necesarias con la municipalidad para obtener los permisos requeridos para la ejecución de las obras.

2.3.3.1. Estudio de factibilidad

El presupuesto brindado por factibilidad para superar el problema que viene atravesando la empresa hotelera es de S/. 12,551,08 y este consiste en la instalación de 910 metros de acometida de fibra óptica de SM - 12 hilos por 13 postes de propiedad de una empresa eléctrica hasta llegar el cuarto de comunicaciones de la empresa hotelera donde se instalará una caja panduit.

Tabla 3*Presupuesto de factibilidad*

CONCEPTO	CANTIDAD	MEDIDA	
CANALIZACION PROYECTADA 1 VÍA	0	mts	
CANALIZACION PROYECTADA + DE 1 VÍA	0	mts	
CAMARAS PROYECTADAS	0	und	
TENDIDO AEREO (VIA PUBLICA)	750	mts	
TENDIDO CANALIZADO (VIA PUBLICA)	0	mts	
POSTES PROYECTADOS	0	und	
POSTES DE EMPRESA ELECTRICA	13	und	
MATERIAL PANDUIT / FUSION	2		
MATERIAL INPUT (DENTRO DEL LOCAL DEL CLIENTE)	160		
REQUIERE PERMISOS MUNICIPALES	NO	SI/NO	
REQUIERE EVAP	NO	SI/NO	
SECCIONAMIENTOS	0	cant	
AUTORIZACION DE MTC	NO	SI/NO	
DIRECTO DE SITE	NO	SI/NO	
ANDAMIOS Y PREVENCIÓNISTA	NO	SI/NO	
PROYECTO PINT	Proyecto de RPVL / Internet / CISCO ISR1111-4P / HUAWEI		
TARJETA UM	UM sin Modulo		
TIPO DE CAMBIO \$	S/	4,14	
APLICA POLITICA DE SEPARACION DE COSTOS			
CLIENTE-INSTALACION DE ACCESO PEX-MANO DE OBRA-TENDIDO		S/	12.551,08
TOTAL COSTO INSTALACIÓN CLIENTE		S/	12.551,08
TOTAL COSTO INSTALACIÓN RED		S/	-
	TOTAL	S/	12.551,08

Nota: Elaboración propia**2.3.3.2. Requerimientos para la Implementación**

Se requieren los siguientes materiales:

Jumper SM FC/FC de 08 mts simplex.

Panduit caja de montaje mm de fibra óptica para 6 módulos.

Panduit mini-com modulo para fibra óptica tipo SC dúplex.

Panduit tapa ciega mini-com.

Pigtail SC/UPC monomodo 2m.

Smouv-1120-02-US.

Herraje ---- D (CLE)

Aislador tipo carrete.

Sujetador inicio o final para cable ADSS.

Soporte de diseño especial para chapa de suspensión.

Cinta BAND IT **

Chapa de suspensión para cable ADSS.

Presilla de 1/2" para cinta de acero.

Etiqueta autolaminable para cable de FO.

Tubo corrugado plástico reforzado flexible de 1,5".

Tubo de fierro galvanizado de 1" x 3 mt.

Cintillo NYLON para amarre 10cm standar 1/2cm diámetro.

Cintillo de 30 cms.

Abrazaderas galvanizadas 1 OERJA 1".

Tornillo autoroscante de 1x10.

Alcayata 1/4" * 2 1/2"

Tarugo 1/4 verde.

Luego de haber terminado el diseño el proyecto se deriva al área del tendido, para que

puedan realizar los expedientes municipales y eléctricos para iniciar con el tendido de fibra óptica.

2.3.3.3. Implementación de Fibra Óptica

Para el tendido de fibra óptica se utilizan diversas estructuras, como torres de alta tensión y postes de media y baja tensión, junto con sus respectivas derivaciones. Estas estructuras se encuentran en buen estado de conservación y cuentan con el espacio necesario para la implementación de la fibra óptica. Además, se consideran las especificaciones técnicas de los suministros de telecomunicaciones, incluyendo el tipo de conductor y el detalle de los equipos.

Propiedades físicas

Figura 25

Características ópticas y mecánicas de la F.O.

Fibra óptica					
	UM		Nominal		
Numero de Fibras Ópticas			04-144		
Diámetro de modo de propagación a 1310			9,2+-0,4		
Diámetro de modo de propagación a 1550	um		10,4+-0,5		
Diámetro de protección primaria			242+-5		

Fibra óptica					
	UM		Nominal		
Material de Tubo Holgado			PBT		
Número de FO/ Tubo Holgado			6 ò 12		

Diámetro Externo, pesos y longitud					
	UM		Nominal		
Numero de FO en el cable	4-36	48-72	96	144	
Numero de tubos holgados con FO	1-2-4-6	4-6.		8	12
Numero de elementos de relleno (tondinos)	5-4-2-0	2-0		0	0
Material de cubierta	MD PE				
Espesor de cubierta	1,5				
	mm	10,0+-	11,5+-	13,0+-	16,6+-
Diámetro sobre cubierta		0,5	0,5	0,5	0,5
	Kg/k				
Peso neto del cable	m	82,5	105.0	132	208,8
Peso total del tramo (incluyendo empaque)	kg	422	520	622	988
longitud de tramos	m	4000			

Elaboración: propia - Fuente: Condumex

Propiedades mecánicas

Figura 26

Características mecánicas del cable

características mecánicas del cable		
	UM	Nominal
Vano de operación	m	<250
Tensión máxima de operación (TMO)		4000
Tensión máxima de instalación	N	1200
Radio mínimo de curvatura (con tensión)		20 x D.E
Radio mínimo de curvatura (sin tensión)	mm	10 x D.E
Prueba de compresión	N/cm	220
Prueba de penetración de agua	1m de cable, 1m de columna de agua, 12 hr	

Características Ópticas de la fibra Unimodo, ITU G652.D		
	UM	Nominal
Atenuación a 1310 nm		0,35
Atenuación a 1383 nm		0,35
Atenuación a 1490 nm	dB/km <	0,24
Atenuación a 1550 nm		0,2
Atenuación a 1625 nm		0,23
Longitud de onda con cero dispersión	nm	1310 a 1324
Coefficiente de PMD (valor Max. Individual	ps/(km) ^{1/2}	<0,20
Longitud de onda de corte en el cable	nm	<1260

Código colores fibras (TIA/EIA 598C)	
Nº de fibra	Color
1	AZUL
2	NARANJA
3	VERDE
4	CAFÉ
5	GRIS
6	BLANCO
7	ROJO
8	NEGRO
9	AMARILLO
10	VIOLETA
11	ROSA
12	TURQUESA

*De acuerdo con el sistema de colores de MUNSSELL

Figura 27*Código de colores*

Código colores para tubos holgados (TIA/EIA 598C)	
Nº de fibra	Color
1	AZUL
2	NARANJA
3	VERDE
4	CAFÉ
5	GRIS
6	BLANCO
7	ROJO
8	NEGRO
9	AMARILLO
10	VIOLETA
11	ROSA
12	TURQUESA

***De acuerdo con el sistema de colores de MUNSELL**

Elaboración propia – Fuente Condumex

2.3.3.4. Detalle de herramientas e instrumentos

2.3.3.4.1. Herramientas

Fusionadora, fuente de luz, peladora de buffer, peladora de cable, cortadoras de vaina y buffer para sangría, cortadora de fibra, kit de limpieza, empalmes mecánicos, poleas, wincha metálica, cizalla, llave cajón, llave inglesa, cuchillo curvo y llave ratchet.

2.3.3.4.2. Instrumentos

Reflectómetro óptico –OTDR- medidor de potencia, bobinas de lanzamiento teléfono óptico y odómetro.

2.3.3.4.3. Descripción de materiales y ferreterías

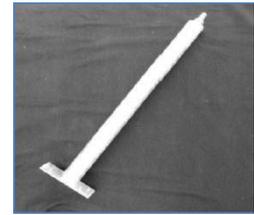
La ferretería para emplearse en la instalación del cable de fibra óptica en los diferentes tipos de postes y cruces serán los normales.

Tabla 4

Descripción de materiales y ferreterías

UND	FAMILIA	Descripción Breve	GRAFICO
und	FERRETERIA	CABLE DE ACERO 1/4 Y RETENIDA RIOSTRA DE 3T- EHS2 / 4IMP	
und	FERRETERIA	AISLADORES TIPO CARRETE C/CLEVES **	
und	FERRETERIA	REMATE PREFORMADO PARA GUIA DIAM 3/16 ROJO	
und	FERRETERIA	HERRAJE DE EXTENSION 40 CM CON TORNILLO 5/8 - EXT-031	
und	FERRETERIA	HERRAJE DE EXTENSION 60 CM CON TORNILLO 5/8 - EXT-031	

und FERRETERIA HERRAJE
DE EXTENSION
ESPECIAL DE
100CM



und FERRETERIA HERRAJE
DE TENSION TIPO
D (CLE)



und FERRETERIA GRAPAS
PARA TIERRA EN
MENSAJERO



und FERRETERIA GRAPA DE
CRUCE PARA
STRAND 1/8 -
J25564



und FERRETERIA REDUCTOR
PARA
PROTECTOR
TUBO 3"



und FERRETERIA SOPORTE
DISEÑO
ESPECIAL PARA
CHAPA
SUSPENSION



und FERRETERIA SOPORTE
TIPO J PARA
JUEGO DE
SUSPENSION
DIELECTRICA



und FERRETERIA CINTILLO
PARA SOPORTE
DE 10 - TAS100M



und FERRETERIA CINTILLO
PARA SOPORTE
DE 7 - TAS100R

und FERRETERIA CINTILLO
METALICO DE
16 - 3408921



und FERRETERIA CINTILLO
METALICO DE
10 - 3408911

und FERRETERIA FLEJE DE
ACERO
INOXIDABLE
3/4" - MAR206



und FERRETERIA FLEJE DE
ACERO
INOXIDABLE
5/8" - MAR205



und FERRETERIA HEBILLA
PARA FLEJE
METALICO 3/4" -
MAR256

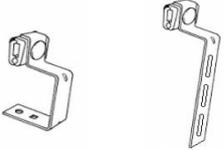


und FERRETERIA HEBILLA
PARA FLEJE
METALICO 5/8" -
MAR255

und FERRETERIA CLAMP DE
SUSPENSION DE
3 BOLT - 2809610



und FERRETERIA BRACKET
PARA TAPA 2 1/2
INCH - 2919943

und	FERRETERIA	BRACKET PARA TAP 9 INCH - 2919944	
und	FERRETERIA	CANALETA TIPO U, TUBO 3"	
und	FERRETERIA	CHAPA DE SUSPENSION	
und	FERRETERIA	HERRAJE PASANTE ADSS	
und	FERRETERIA	HERRAJE DE INICIO FIN ADSS	
und	FERRETERIA	CRUCETA PARA DESARROLLO DE CABLE	

und FERRETERIA AISLADOR
TIPO
TRACCION54-1
MCA GAMMA



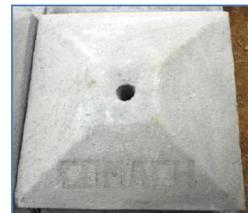
und FERRETERIA HERRAJE
PARA RETENIDA -
J25164



und FERRETERIA ANCLA
PARA CONO 3T -
J7415



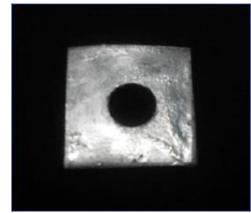
und FERRETERIA CONO PARA
RETENIDA CHICO
DE 40X40X10 CM



und FERRETERIA PROTECTOR
PVC PARA
RIOSTRA-PG5516



und FERRETERIA ARANDELA
(ROLDANA)
CUADRADA 1/5



und FERRETERIA BRAZO
VERTI 0.80M
P/RETENIDA



und FERRETERIA CANALETA
2PULG P/SISTEM
PUSTAS A TIERRA



und FERRETERIA EMPALME DE
GUIA DE HACER



und FERRETERIA GUARDACABO



und FERRETERIA REMATE



RELIABLE

Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

Figura 28

Herraje de retención

IDENTIFICACION
CODIGO COLOR
RETENCION PREFORMADA
VARILLA DE REFUERZO
EXTENSION
GUARDACABO
TUERCA DE OJO

FUNCION:
 Las retenciones helicoidales tienen como función principal fijar los Cables de fibra óptica ADSS a estructuras y postes.

MATERIAL:
 Alambre de acero recubierto con aluminio.
 Este material tiene un excelente comportamiento a la corrosión lo que garantiza de por sí, una mayor vida útil. Comparado los alambres de acero recubierto de aluminio con los de galvanizado, los de aluminio pesan aproximadamente un 8% menos.

PRUEBAS RESISTENCIA A LA CORROSION:
 Las condiciones de prueba de los alambres de acero recubiertos de aluminio de grado 1350 son:

- Cámara salina. Método ASTM B 117 con el 20% de NaCl a 95° F.
- Atmosfera con flujo de gas. Condensación continua en flujo de gas con 25 granos de azufre en 100 pies cúbicos adicionados como SO₂.

IDENTIFICACION:
 Autoadhesivo donde se identifica la sigla del fabricante, rango de diámetro, vano, color y tipo de material

ASPECTO Y ACABADO:
 Las varillas que componen las retenciones helicoidales preformadas en sus extremos se han pulido y aplicado pintura especial para evitar la corrosión de la misma y daños a los cables a utilizar en el montaje.
 Todas las retenciones helicoidales en su interior se les ha aplicado un recubrimiento de látex con óxido de aluminio para brindar un mayor agarre al cable.

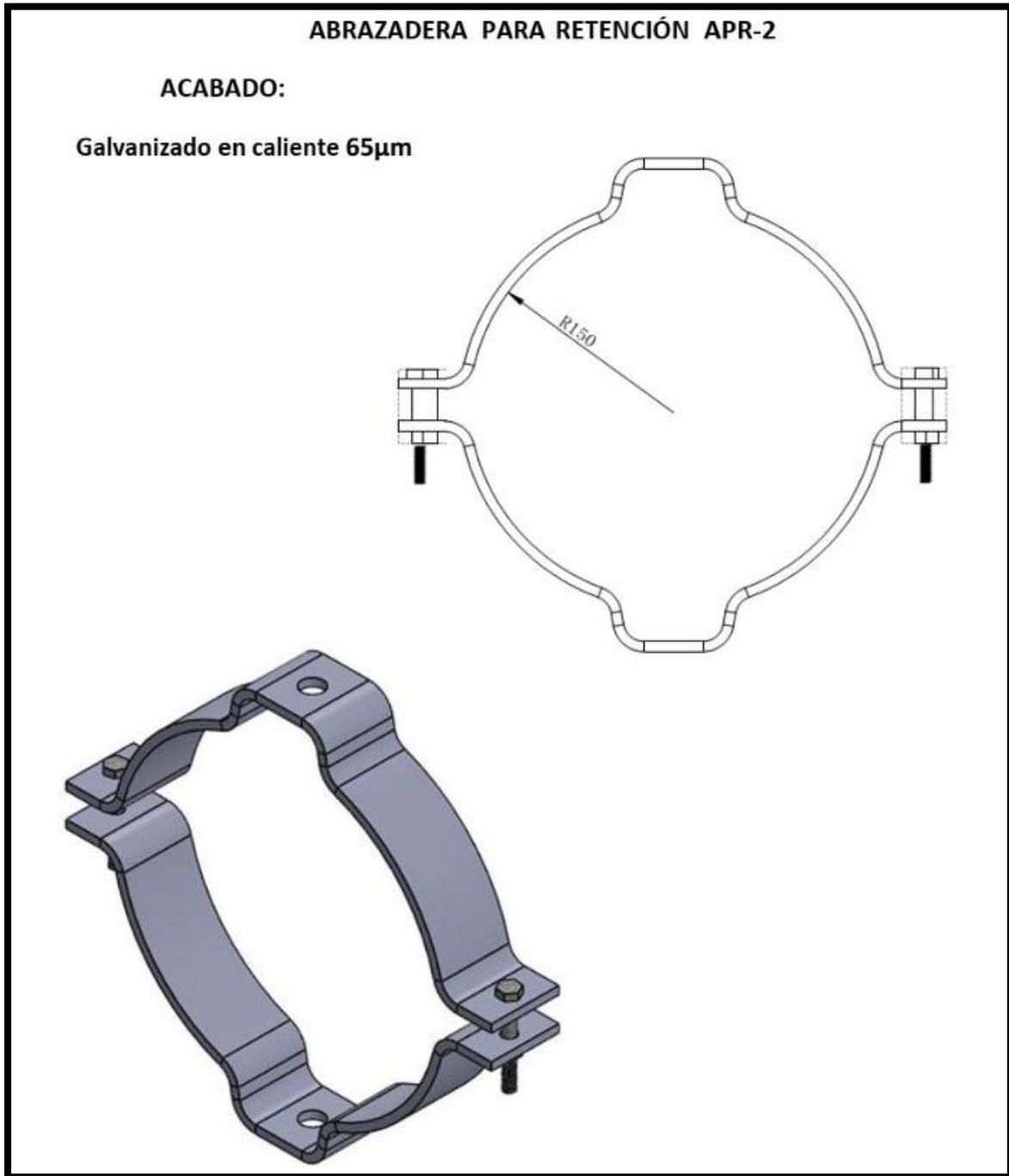
CARGA:
 Máxima tensión 18 kN (3.600 Lbs.)
 Vano máximo de 600 Mts.

INCLUYE:

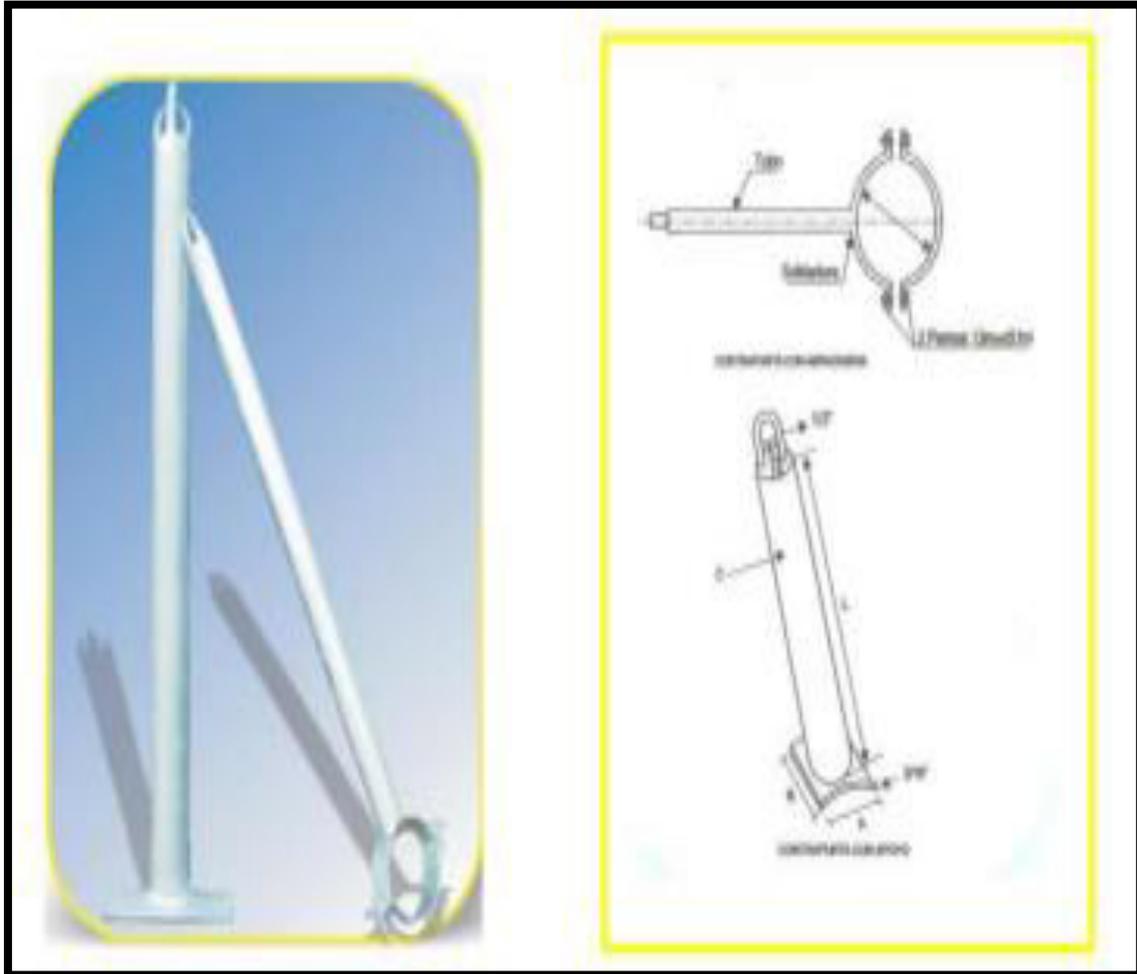
- Retención
- Varillas de Refuerzo
- Extensión
- Guardacabo
- Tuerca de Ojo

VANO MAXIMO 600 METROS		
Referencia	Diámetro Cable mm	Codigo Color
3H1060	12.2 - 12.9	Naranja
3H1061	12.9 - 13.7	Azul
3H1062	13.7 - 14.6	Blanco
3H1063	14.6 - 15.5	Rojo
3H1064	15.5 - 16.5	Negro
3H1065	16.5 - 17.5	Amarillo
3H1066	17.5 - 18.7	Verde
3H1067	18.7 - 19.9	Naranja
3H1068	19.9 - 21.1	Azul
3H1069	21.2 - 22.5	Blanco
3H1070	22.6 - 24.0	Rojo

Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

Figura 29*Abrazadera para retención APR-2*

Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

Figura 30*Brazo extensor*

Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

Figura 26**Características técnicas**

Figura 31

Características técnicas

CARACTERISTICAS TECNICAS			
CÓDIGO	Diametro del tubo (ØD) Pulg / mm	Longitud (L) (m)	Para Postes
FE 00255	2"/51	0.8	8 m
FE 00256	2"/51	1.00	8 m
FE 00257	2"/51	1.20	12 m
FE 00258	2"/51	1.50	12 m

MATERIAL: ACERO SAE 1020	ACABADO: Galvanizado en caliente Norma: ASTM-A153
------------------------------------	--

Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

Figura 32

Amortiguador Helicoidal

FUNCION:
Los amortiguadores helicoidales para vibración tienen como función principal atenuar las vibraciones eólicas presentadas en los cables de fibra óptica ADSS y POGW.

MATERIAL:
Alambre de aleación de aluminio.
Este material tiene un excelente comportamiento a la corrosión lo que garantiza de por sí una mayor vida útil. Comparado con los amortiguadores de PVC que son afectados a corto tiempo por los rayos UV, los amortiguadores de aluminio pesan aproximadamente un 45% menos.

IDENTIFICACION:
Autoadhesivo donde se identifica la sigla del fabricante, rango de diámetro Y color.

ASPECTO Y ACABADO:
Los amortiguadores helicoidales para vibración en sus extremos se han pulido para evitar daños a los cables a utilizar en el montaje.

AMORTIGUADOR HELICOIDAL →

AMORTIGUADOR HELICOIDAL				
Referencia	Diámetro Cable mm	Codigo Color	Largo mm	Peso Aprox. (Kg)
3H1105	8.20 - 11.60	Verde	132	0.130
3H1106	11.61 - 14.20	Naranja	140	0.142
3H1107	14,21 - 19.20	Azul	148	0.146

LARGO

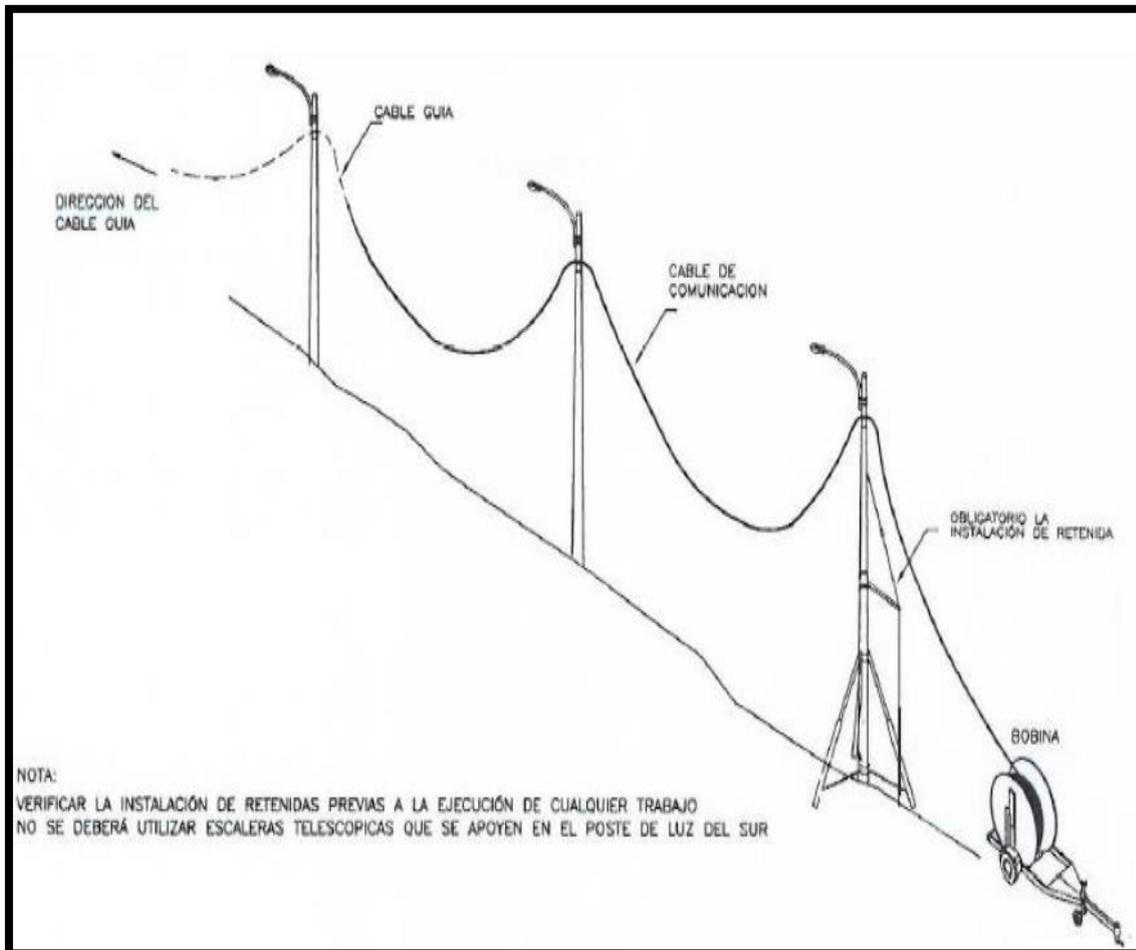
SECCION DE AGARRE

Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

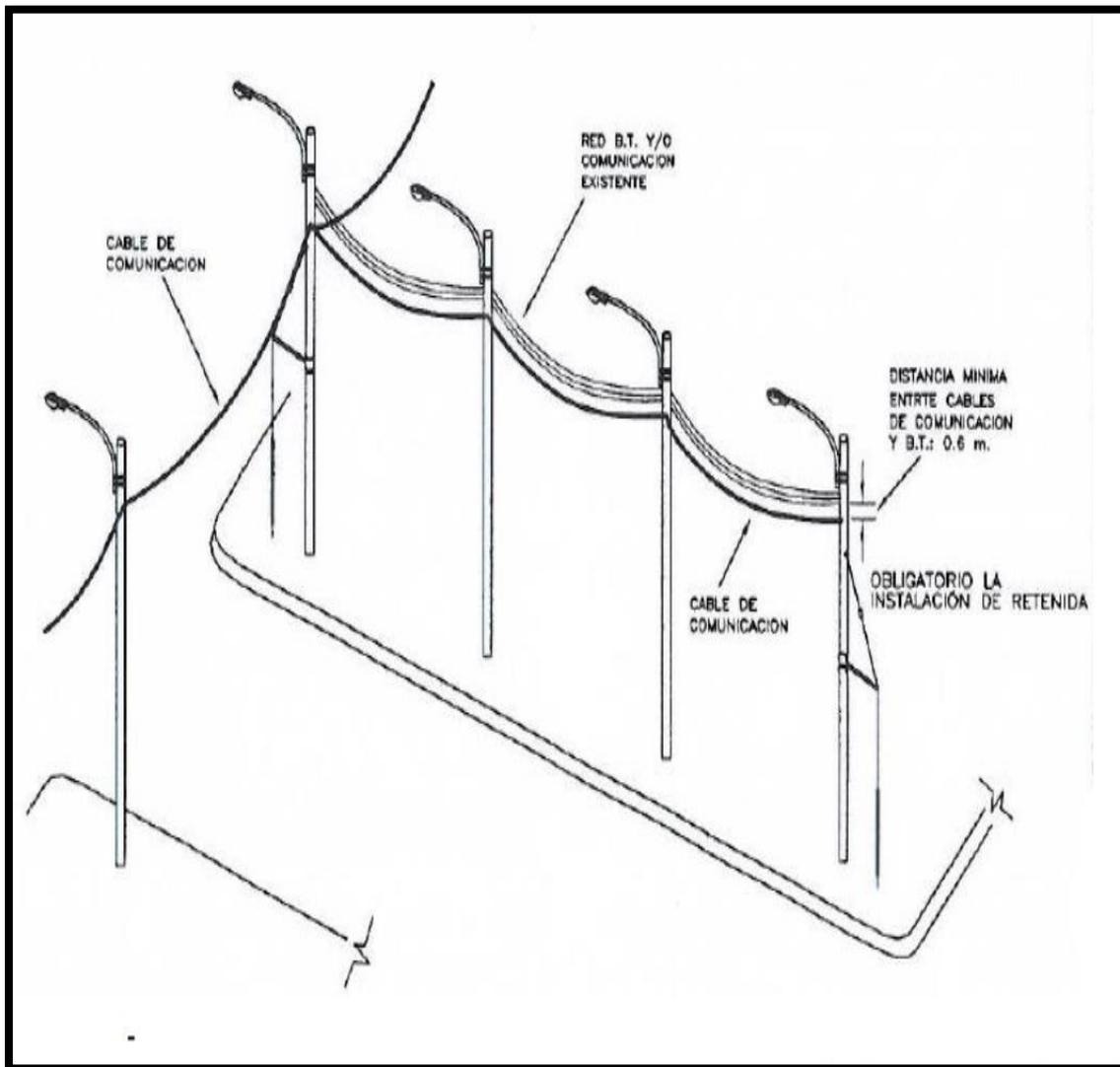
2.3.3.4.4. Especificaciones Técnicas

Figura 33

Procedimiento de montaje



Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

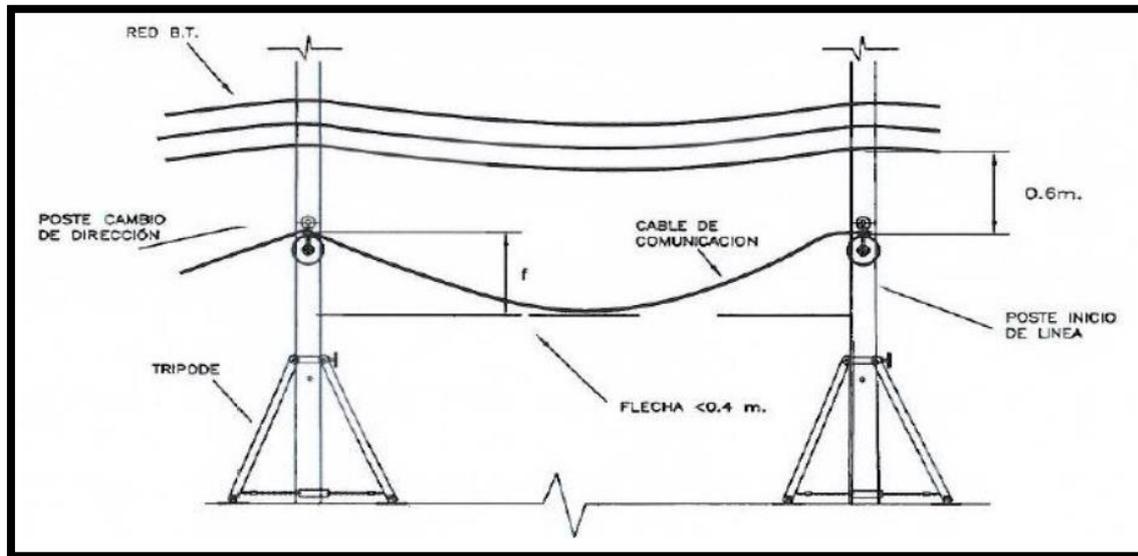
Figura 34*Montaje de cable*

Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

2.3.3.4.5. Descripción de distancia mínima de seguridad

Figura 35

Distancias verticales y horizontales



Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

Figura 36

Distancias mínimas de instalación del cable de comunicación

	Al cruce de calle	Al cruce de avenidas	A lo largo de calles	A lo largo de avenidas
Distancias mínimas de instalación del cable de comunicación respecto al suelo (punto más bajo)	5,5 metros	6,5 metros	5,0 metros	5,5 metros

Nota: Elaboración propia

Las acometidas se proyectan en inicio de línea, fin de línea y cambio de dirección.

La longitud máxima de tramos es 15 metros.

Se proyectan tendidos de cable entre postes que tengan línea de vista.

Para evitar que los cables pasen por postes que tengan transformadores eléctricos o se cambia la ruta o se proyectan las canalizaciones.

Los cables de fibra óptica nunca deben cruzar líneas de alta tensión.

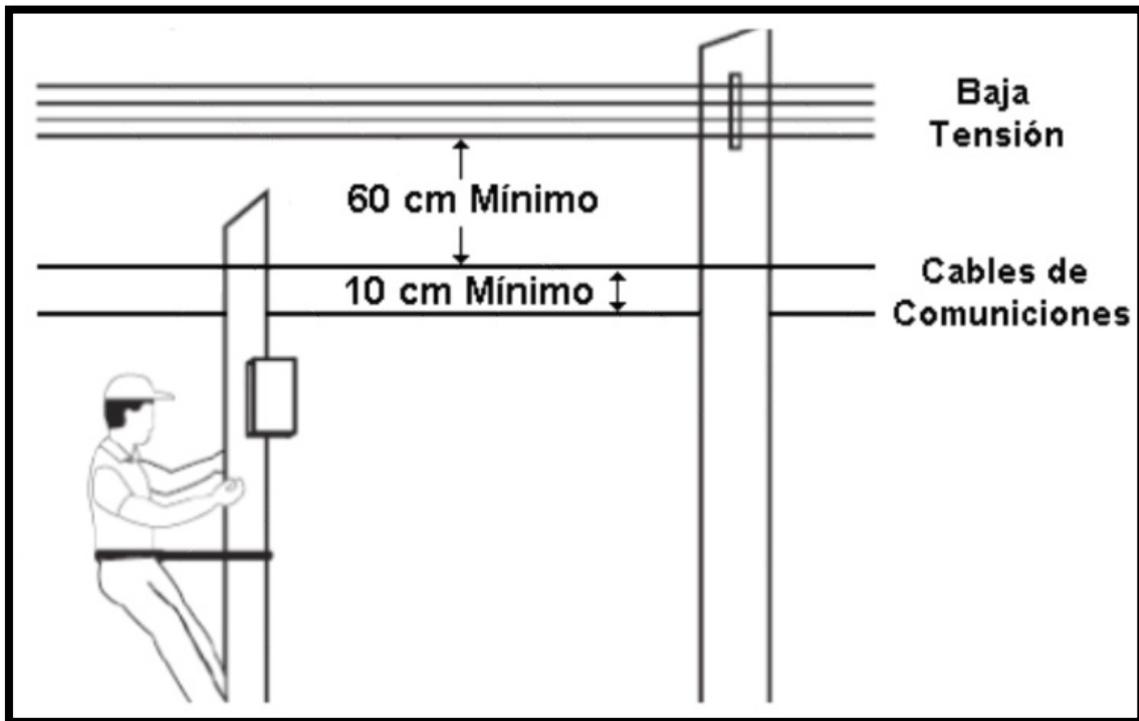
La separación entre los cables de comunicación de otras empresas o servicios es de 10 cm.

La distancia de separación entre cables de energía (baja tensión) y los cables de comunicación es de 0.6 metros.

Cuidar siempre el cable de F.O que no se dañe.

Figura 37

Distancia de separación entre cables de energía y baja tensión



<https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

2.3.3.4.6. Distancias mínimas de seguridad con respecto a viviendas de abonados

A la hora de seleccionar las rutas ópticas se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de seguridad, en el orden que se indica a continuación:

Evitar zonas con hallazgos arqueológicos al definir la ruta.

Evitar áreas protegidas por el Decreto Supremo N° 010-90-AG del Estado, de acuerdo con el mapa forestal peruano INRENA.

Evitar terrenos inundables, suelos hidroclásticos, suelos geológicamente inestables y zonas con pendientes pronunciadas propensas a desprendimientos de rocas y deslizamientos.

Coordinar con las autoridades locales para minimizar los impactos en terrenos privados cuando el trazado salga de zonas de impacto de servidumbres existentes.

Selección de rutas en las proximidades de carreteras que utilicen las instalaciones existentes y los accesos a senderos públicos, respetando los derechos de paso existentes.

Identificar zonas de eliminación de materiales sobrantes cerca de las rutas para evitar impactos visuales en el entorno.

2.3.3.4.7. Detalle de instalación de fibra óptica

El trabajo consiste en la colocación de las ferreterías en los postes y en el tendido de nuevas líneas de comunicación (fibra óptica ADSS tipo ITU G.652D) entre los postes de alumbrado público, postes de media tensión o propios, conforme al manual de construcción y de acuerdo con las normas de distancias de seguridad y de instalación de cables de comunicación.

2.3.3.4.8. Seguridad de la zona de trabajo

Durante la construcción, deberán respetarse las normas de seguridad, las distancias

adecuadas y las normas sobre cableado de comunicaciones especificadas por la compañía eléctrica. También deben tomarse medidas para minimizar las molestias al tráfico rodado y peatonal y evitar daños a la propiedad privada.

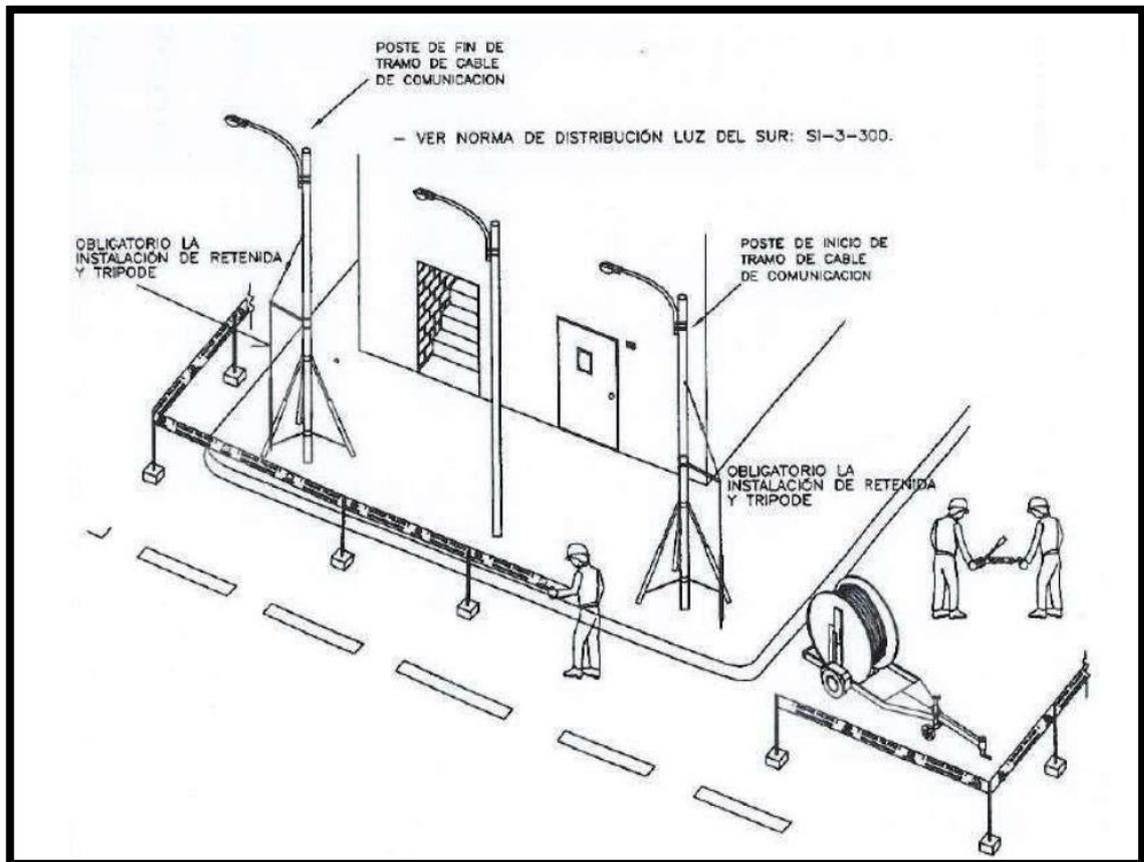
Estas medidas deben ser aprobadas por el inspector de obras. Si se reciben quejas de los vecinos durante la construcción, éstas deberán atenderse y resolverse en un plazo de 24 horas.

La Empresa tomará las debidas precauciones para la seguridad de los trabajadores, peatones y vehículos en cada fase de la obra y en cada lugar de construcción. Esto incluye la colocación de señales de advertencia, el control del tráfico, el uso de barricadas y semáforos, y de acuerdo con la normativa municipal.

Para evitar accidentes, deben colocarse señales de advertencia e indicadores de peligro y debe garantizarse que sean claramente visibles durante el día y estén iluminados por la noche.

Antes de comenzar los trabajos, la zona de trabajo debe estar claramente señalizada. Dicha señalización abarcará toda la zona y se utilizará el número necesario de señales para advertir a peatones y conductores de la extensión de la zona en cuestión.

Deberán utilizarse vallas protectoras y conos para distraer a los peatones y vehículos en la zona de trabajo, a fin de garantizar la seguridad de todos los usuarios de la carretera.

Figura 38*Señalización*

Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

2.3.3.4.9. Procedimiento para la instalación del herraje de tensión

Instale las columnas según lo previsto.

Seleccione el tipo de soporte que desea instalar (tipo "D", base plegable o base inteligente).

Coloque la pluma en el soporte trasero (dientes de la pluma en la bobina del soporte trasero).

Coloque el soporte en el respaldo.

Envuelva el respaldo con cinta de 5/8" o 3/4" según sea necesario.

Introduzca un extremo de la cinta en la parte posterior de la lengüeta y doble 3 cm para fijar la cinta al respaldo.

Introduzca la cinta en la ranura de la herramienta de montaje de la cinta y fíjela.

Gire la palanca de la herramienta aplicadora de cinta para que la cinta encaje perfectamente en el poste y, a continuación, deslice la herramienta hacia la lengüeta.

Utilice la palanca de la herramienta para cortar la cinta.

Doble el extremo de la cinta con un martillo.

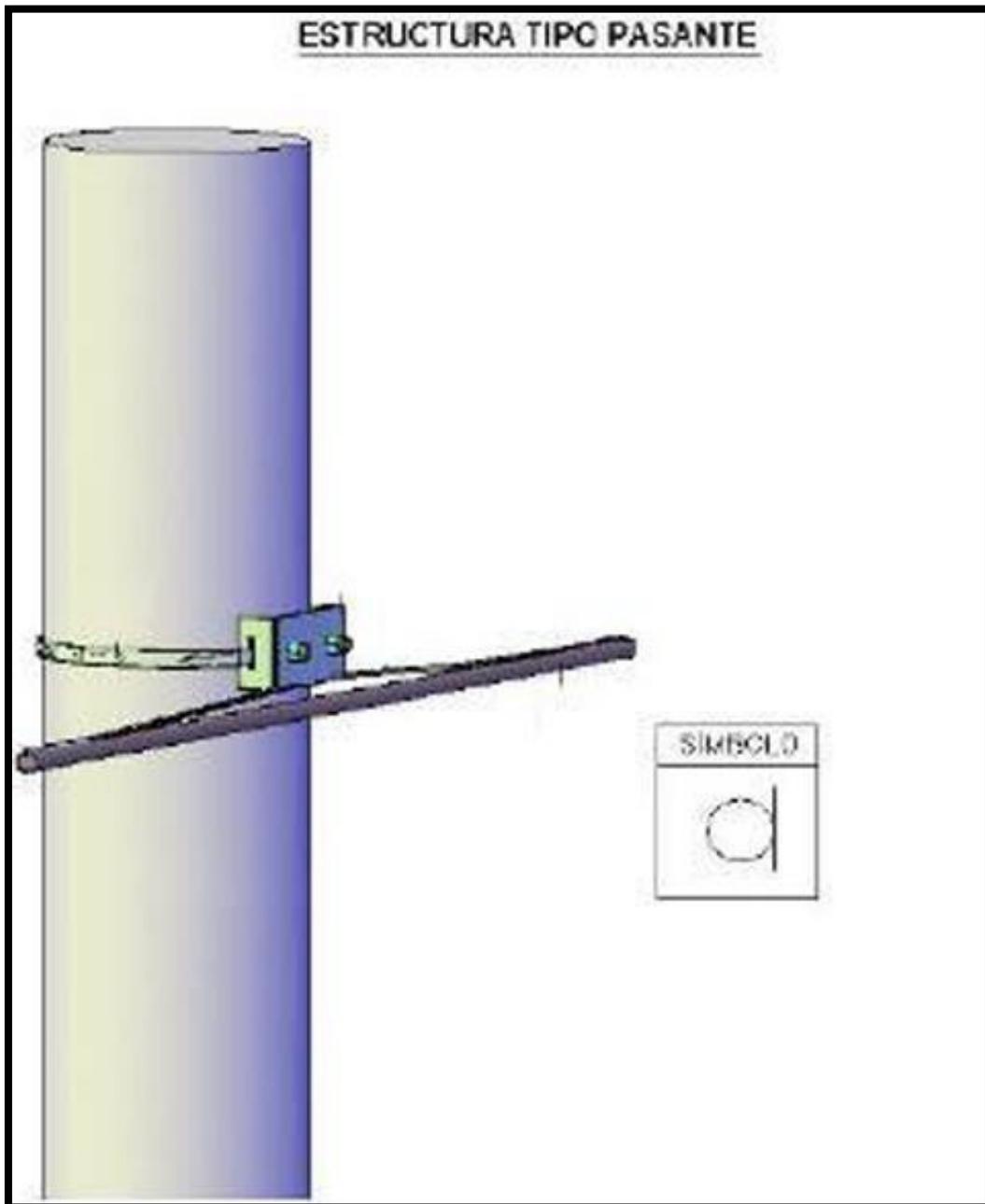
Doble las lengüetas de la lengüeta de la espiga con un martillo.

Para el caso de un poste de madera, el técnico de construcción deberá subir al poste, realizar la medición adecuada para determinar la posición, hacer una perforación y colocar un doble fleje de 5/8" con un herraje de tensión tipo "D". En postes de paso, se coloca un herraje tipo tangente. En postes de concreto de luz, se utiliza un doble fleje de 5/8" para la colocación de equipos, y en postes de paso se coloca un herraje tipo tangente. Cabe mencionar que el fleje, también conocido como banda de acero galvanizado, es esencial en estos procedimientos.

Configuraciones más comunes

Los armados más utilizados se describen a continuación:

Pasante: Es una estructura bastante abundante en la red, se usa en tramos intermedios donde no hay derivaciones.

Figura 39*Estructura tipo pasante*

Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

Figura 40

Fin de línea o inicio de línea



Nota: <https://es.scribd.com/document/510218580/Especificaciones-Tecnicas-para-el-tendido-de-Fibra-Optica>

Técnicas de tendido de cable

Antes de empezar a instalar cables de fibra óptica, asegúrese de haber preparado las herramientas, materiales y cables necesarios. Al llegar al lugar, debe realizar una comprobación de seguridad para identificar posibles peligros y colocar señales de advertencia a lo largo de la ruta en la que se instalará el cable de fibra óptica. En esta fase, debe comprobar el estado físico de los cables para asegurarse de que no están dañados.

Hay que tener en cuenta que la desviación máxima admisible de una línea aérea formada por cables es del 1,5% de la longitud total de tramo de poste a poste y que el radio mínimo de curvatura es de 235 ms.

Procedimiento para el tendido del cable:

Coloque un conector giratorio y un blindaje en cada extremo del cable de F.O.

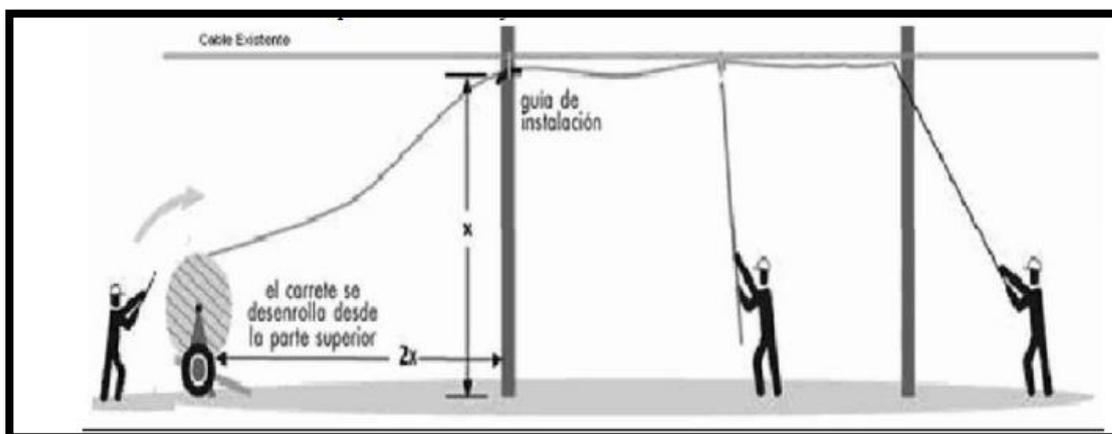
Instale una abrazadera de cable de fibra óptica al principio de cada sección de cable de fibra óptica en la red.

Instale poleas individuales con rodillos de metal o goma (si están disponibles) en el cable existente a intervalos de 10-12 pies o en cada mástil.

Utilice rodillos de 45° o 90° si es necesario, teniendo cuidado de utilizarlos junto con otros cables de servicios públicos o cables portadores existentes.

Figura 41

Procedimiento para el tendido del cable



Nota: https://www.osiptel.gob.pe/media/iqmmgvnr/res036-2017-cd_anexos.pdf

Una vez instalados los dispositivos (caletín y destorcedor) como se indicó en el punto antes mencionado, procederemos con realizar el tendido de cable de F.O.

Coloca la bandeja al principio de la pista, manteniendo una distancia dos veces superior a la altura del primer poste.

Pase la cuerda por cada polea utilizando un rodillo de goma.

Fije la cuerda al gancho.

Pase la cuerda a través de obstáculos como cables existentes, desagües, árboles, etc. o utilice un poste con gancho.

Empiece a tirar de la cuerda y compruebe la instalación para evitar enredos.

Una vez tensada la cuerda, proceda al proceso final, empezando por el último poste y terminando en el siguiente punto central, los siguientes pasos completarán la instalación del carril guía de acero:

Separe la cuerda del carril guía de acero con un cuchillo curtidor.

Inserte las tapas de los extremos en los raíles de acero utilizando un cortaalambres de acero.

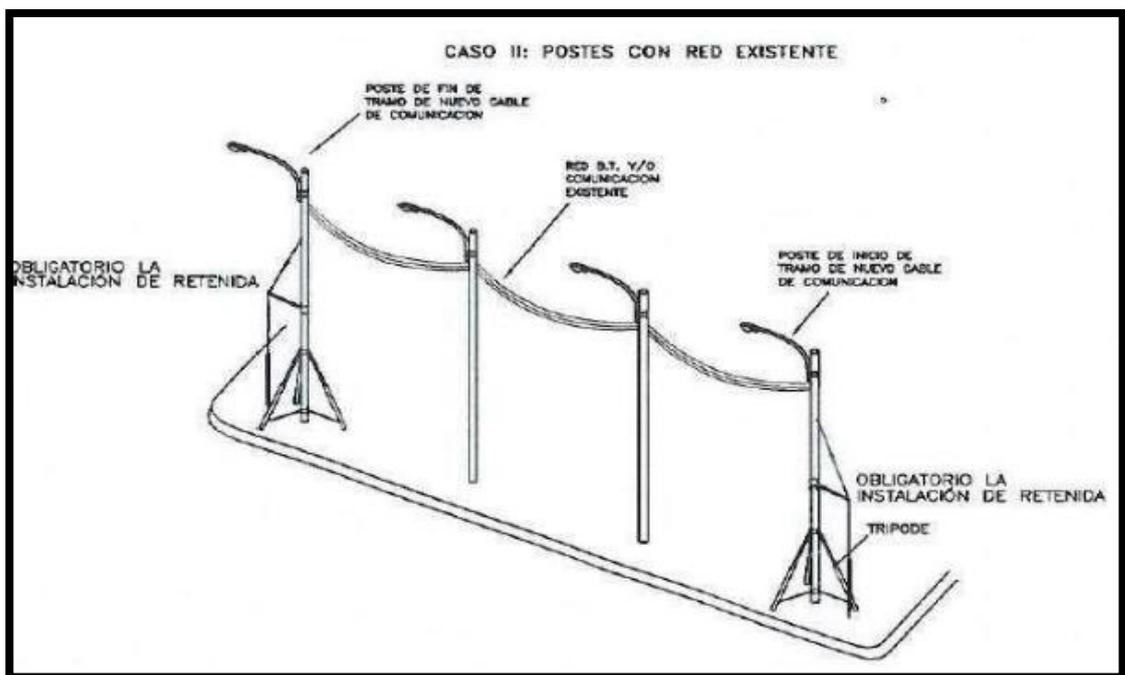
Comience a separar los cables de los raíles utilizando cinta adhesiva y clips de lámina.

Apriete el cable con una llave inglesa y un trinquete giratorio.

Fije el conector al raíl guía de acero.

Figura 42

Postes con red existente



Nota: https://www.osiptel.gob.pe/media/iqmmgvnr/res036-2017-cd_anexos.pdf

Cuando se instalen nuevos cables de comunicación, no se colocarán escaleras en ningún

punto de la estructura existente. Cuando sea necesario, se utilizarán escaleras de ruedas autoportantes que no requieran apoyo en postes ni en ningún punto de la red existente.

Queda prohibida la instalación de tomas de cable o cajas de terminación en todos los postes propiedad de la empresa de servicios públicos sin el permiso de ésta. Sólo se permitirá su instalación en postes.

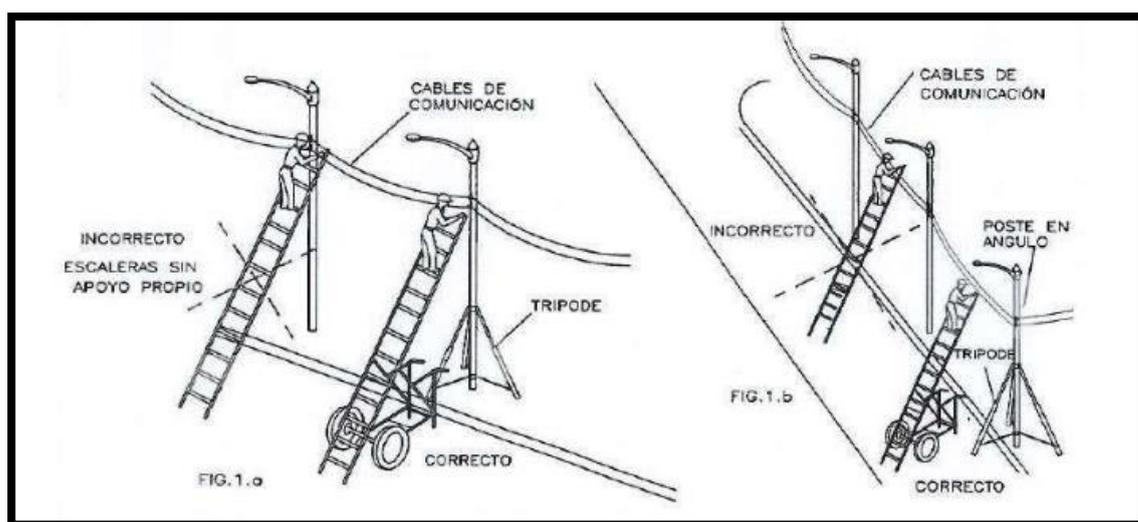
Cualquier actividad en el derecho de paso público deberá coordinarse con el Ayuntamiento.

Se prohíbe el uso de combustible para eliminar la basura y los residuos generados durante la construcción, que deberán retirarse inmediatamente de la obra.

Los trabajadores de la construcción deberán informar inmediatamente de cualquier anomalía encontrada en los postes de servicios públicos.

Figura 43

Postes de servicios públicos



Nota: https://www.osiptel.gob.pe/media/iqmmgvnr/res036-2017-cd_anexos.pdf

2.3.3.4.10. PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE CABLES DE COMUNICACIÓN

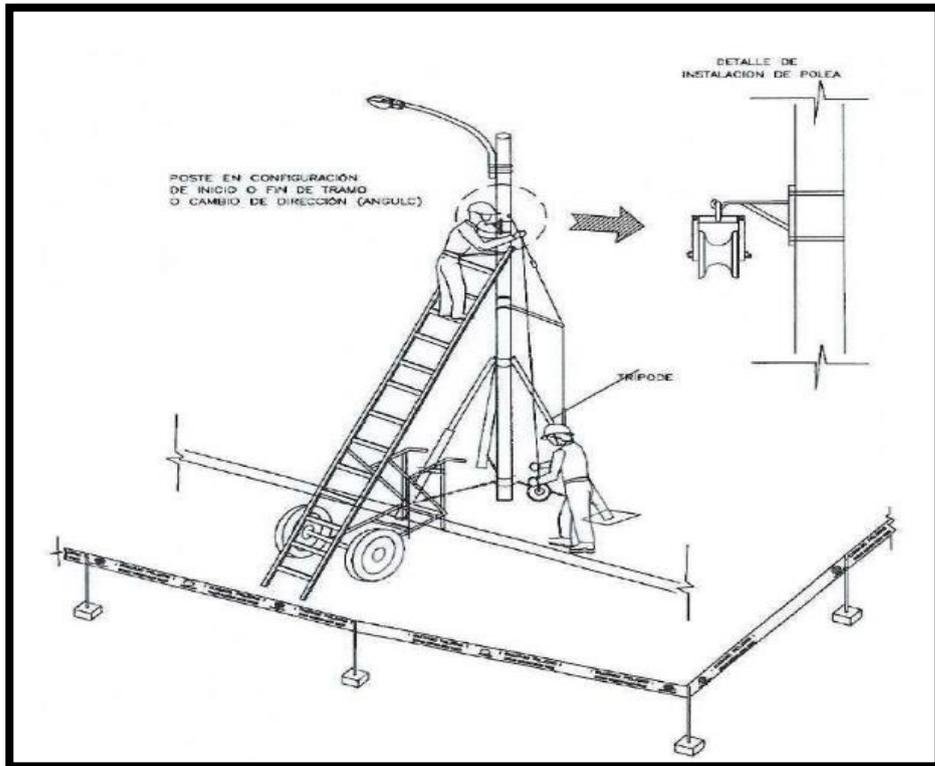
Una vez tomadas todas las precauciones y medidas de seguridad anteriores, instale temporalmente un sistema de toma de tierra para evitar que las partes metálicas expuestas del cable (como piquetas o buzones) entren en contacto con fuentes de energía con corriente o cerca de líneas de alta tensión.

Proceda a fijar los herrajes que sujetarán el cable de comunicación y, a continuación, instale los rodillos necesarios en cada poste por el que vaya a pasar el cable para garantizar un deslizamiento suave. Se pueden colocar equipos a lo largo del recorrido de los postes mientras el equipo de instalación tira de los cables. Como medida de seguridad adicional, los trabajadores deben sujetarse a los postes con cinturones de seguridad.

Se recomienda utilizar armaduras aisladas que cumplan las normas de las empresas de servicios públicos.

Figura 44

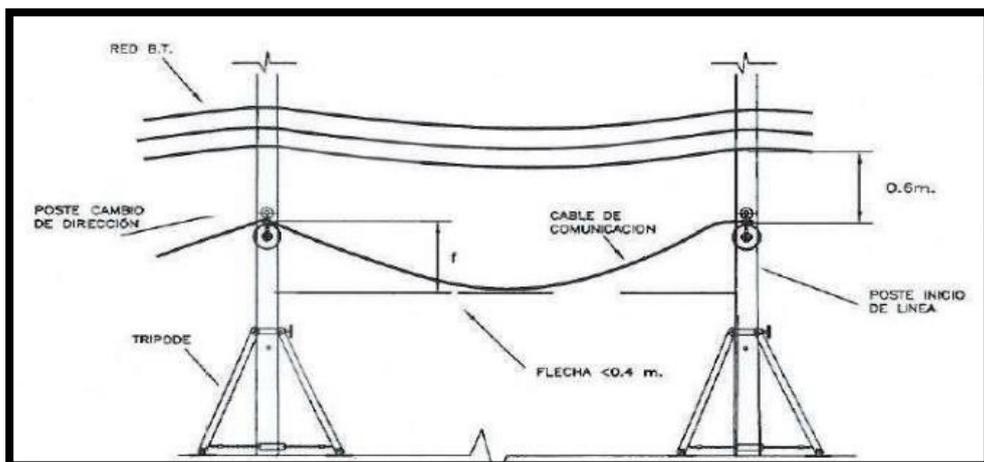
Poste en configuración de inicio o fin de tramo o cambio de dirección



Nota: https://www.osiptel.gob.pe/media/iqmmgvnr/res036-2017-cd_anexos.pdf

Figura 45

Tensado en postes con red existente



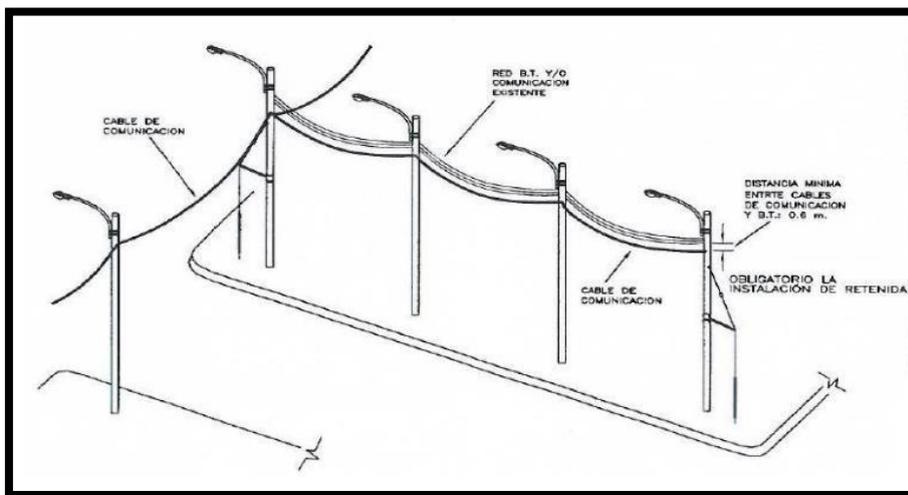
Nota: https://www.osiptel.gob.pe/media/iqmmgvnr/res036-2017-cd_anexos.pdf

Quitar las poleas y asegurar el cable a los elementos de ferretería.

Por último, retirar todo el equipo, los materiales o accesorios, así como la señalización del área de trabajo.

Figura 46

Instalación culminada



Nota: https://www.osiptel.gob.pe/media/iqmmgvnr/res036-2017-cd_anexos.pdf

En la figura 46 se puede apreciar la culminación del tendido de fibra óptica por postes de empresa eléctrica.

2.3.3.4.11. Protocolo de Pruebas

Se establecerá un protocolo de pruebas que incluirá:

Pruebas de continuidad de los hilos de fibra óptica

Pruebas de atenuación bidireccional utilizando un medidor de potencia óptica

Pruebas de reflectometría óptica (OTDR) para identificar posibles eventos y medir la atenuación del enlace

Pruebas de transmisión de datos a diferentes tasas de transferencia para verificar el rendimiento del enlace

2.3.3.4.12. Mediciones OTDR

Se realizarán mediciones con un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) para evaluar la calidad del enlace de fibra óptica vía aérea. Estas mediciones permitirán:

Identificar la ubicación y magnitud de eventos como empalmes, conectores, curvaturas y tensiones excesivas del cable.

Medir la atenuación total del enlace.

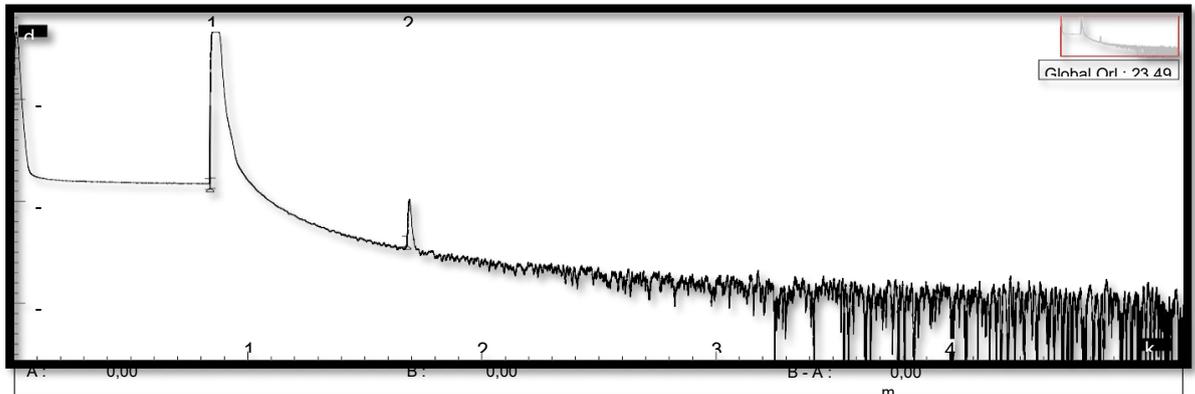
Verificar que los valores de atenuación se encuentren dentro de los límites aceptables.

Generar un registro de las mediciones para documentar el estado del enlace.

Medición OTDR 1310 nm desde la empresa hotelera hasta el site del proveedor

Figura 47

Curva OTDR - Medición 1310



Nota: Equipo OTDR proporciona información de medición

Figura 48

Configuración y pruebas OTDR - Ventana 1310

File :	P8662743/S56194949/C6346293	Device :	Num. 0
Date :	22/06/2022 14:02:15	Module :	
Configuración			
Operator :	AMERICA MOVIL	Direction :	A->B Backscatter coeff.: -79,00 dB
LOCATION A		Location A :	SITE PUNTA SAL HOTEL
Cable :	H. 01	Location B :	CLIENTE EMPRESA HOTELERA
Fiber :	fiberID	Wavelength (nm) :	1310
Color :	---	Index :	1,468500
LOCATION B		Pulse (ns) :	80
Cable :	H. 01	Range (km) :	5,000
Fiber :	fiberID	Average :	32000
Color :	---	Resolution :	-

Nota: Equipo OTDR proporciona información de medición

Figura 49

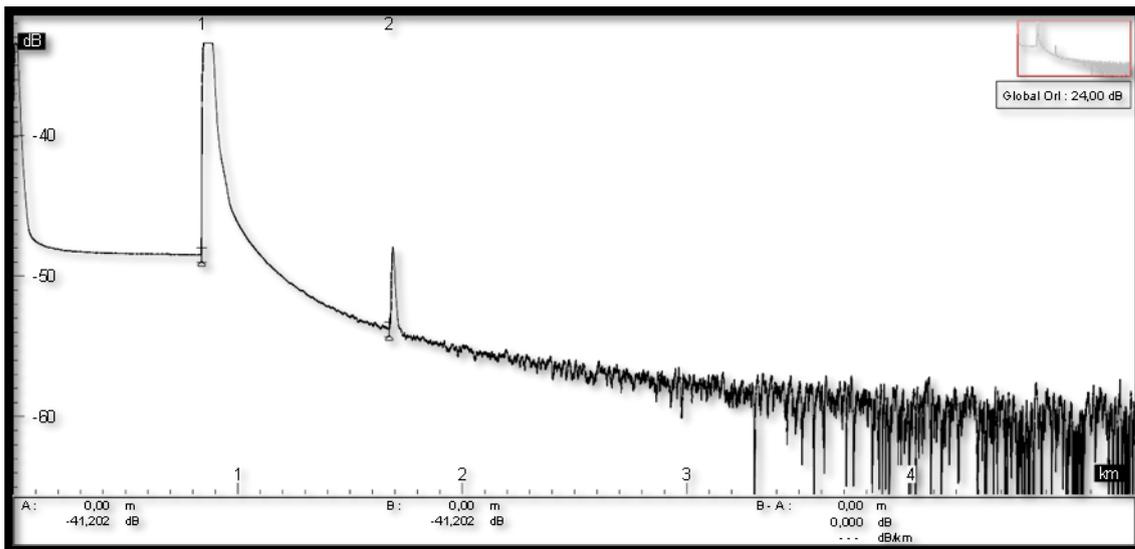
Detalles de la medición - Ventana 1310

1		1/07/2022 12:22:56				Fiber Trace Viewer v6.90 © JDSU			
File :	P8662743/S56194949/C6346293			Device :	Num. 0				
Date :	22/06/2022 14:02:15			Module :					
Event (2)	Distance (m)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist (m)	Section loss (dB)	Total loss (OTDR) (dB)	Uncertainty	
1	839,05	0,903	-31,22	0,525	839,05	0,441	0,441	Two points	
2	1680,91		-50,49	6,822	841,86	5,743	7,087		

Nota: Equipo OTDR proporciona información de medición

Figura 50

Medición OTDR 1550 nm desde el cliente EMPRESA HOTELERA hacia site del proveedor



Nota: Equipo OTDR proporciona información de medición

Figura 51**Configuración y pruebas OTDR - Ventana 1550**

File:	P8662743/S56194949/C6346293	Device:	Num. 0
Date:	22/06/2022 14:02:15	Module:	
Configuration			
Operator:	AMERICA MOVIL	Direction :	A-->B Backscatter coeff.: -81,00 dB
LOCATION A		Location A:	SITE PUNTA SAL HOTEL
Cable :	H. 01	Location B:	CLIENTE EMPRESA HOTELERA
Fiber :	fiberID	Wavelength (nm) :	1550
Color :	---	Index :	1,468500
LOCATION B		Pulse (ns) :	80
Cable :	H. 01	Range (km) :	5,000
Fiber :	fiberID	Average :	32000
Color :	---	Resolution :	-

Nota: Equipo OTDR proporciona información de medición

Figura 52

Detalles de la medición - Ventana 1550

1		1/07/2022 12:25:48				Fiber Trace Viewer v6.90 © JDSU			
File :		P8662743/S56194949/C6346293		Device :		Num. 0			
Date :		22/06/2022 14:02:15		Module :					
Event (2)	Distance (m)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Ret. Dist. (m)	Section loss (dB)	Total loss (OTDR) (dB)	Uncertainty	
1	839,31	-0,314	-32,74	0,426	839,31	0,358	0,358	Two points	
2	1674,28		-50,68	6,905	834,97	5,765	5,809		

Nota: Equipo OTDR proporciona información de medición

2.3.3.4.13. Instalación de equipos y pruebas de conectividad a la red.

Ya en la fase final, como se aprecia en la imagen inferior se instala la caja panduit y esta se conecta hacia el equipo router del proveedor mediante un jumper de fibra óptica.

Figura 53

Instalación de la caja de panduit



Nota: Elaboración propia - Instalación final

2.3.3.4.14. Pruebas de conectividad

Figura 54

Ping to wan (Hacia la IP del siguiente salto)

```

<rINT_FantasiaPiura>display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib, T - to vpn-instance
-----
Routing Tables: Public
      Destinations : 16      Routes : 16

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost    Flags NextHop         Interface
-----
      0.0.0.0/0       Static  60   0        RD   190.116.168.57     GigabitEthernet0/0/10.10
      127.0.0.0/8     Direct  0     0         D    127.0.0.1          InLoopBack0
      127.0.0.1/32    Direct  0     0         D    127.0.0.1          InLoopBack0
 127.255.255.255/32  Direct  0     0         D    127.0.0.1          InLoopBack0
 190.116.168.56/29  Direct  0     0         D    190.116.168.59     GigabitEthernet0/0/10.10
 190.116.168.59/32  Direct  0     0         D    127.0.0.1          GigabitEthernet0/0/10.10
 190.116.168.63/32  Direct  0     0         D    127.0.0.1          GigabitEthernet0/0/10.10
 190.119.254.208/29 Direct  0     0         D    190.119.254.209   Vlanif1
 190.119.254.209/32 Direct  0     0         D    127.0.0.1          Vlanif1
 190.119.254.210/32 Unr     64    0         D    127.0.0.1          InLoopBack0
 190.119.254.211/32 Unr     64    0         D    127.0.0.1          InLoopBack0
 190.119.254.215/32 Direct  0     0         D    127.0.0.1          Vlanif1
      192.168.1.0/24  Direct  0     0         D    192.168.1.1       Vlanif1
      192.168.1.1/32  Direct  0     0         D    127.0.0.1          Vlanif1
      192.168.1.255/32 Direct  0     0         D    127.0.0.1          Vlanif1
 255.255.255.255/32 Direct  0     0         D    127.0.0.1          InLoopBack0

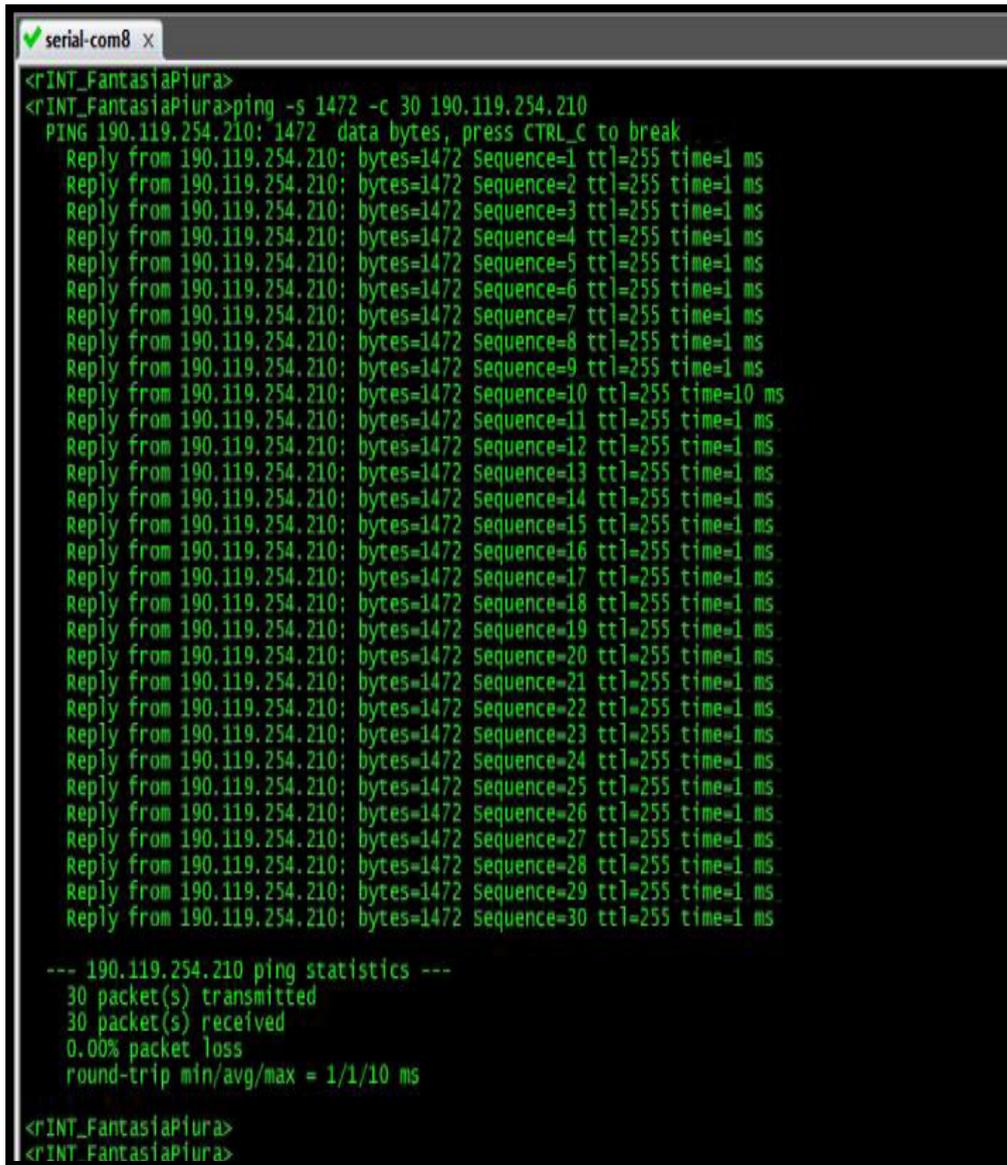
<rINT_FantasiaPiura>
<rINT_FantasiaPiura>

```

Nota: Elaboración propia - CRT

Figura 55

Ping to lan (ping hacia una IP remota)



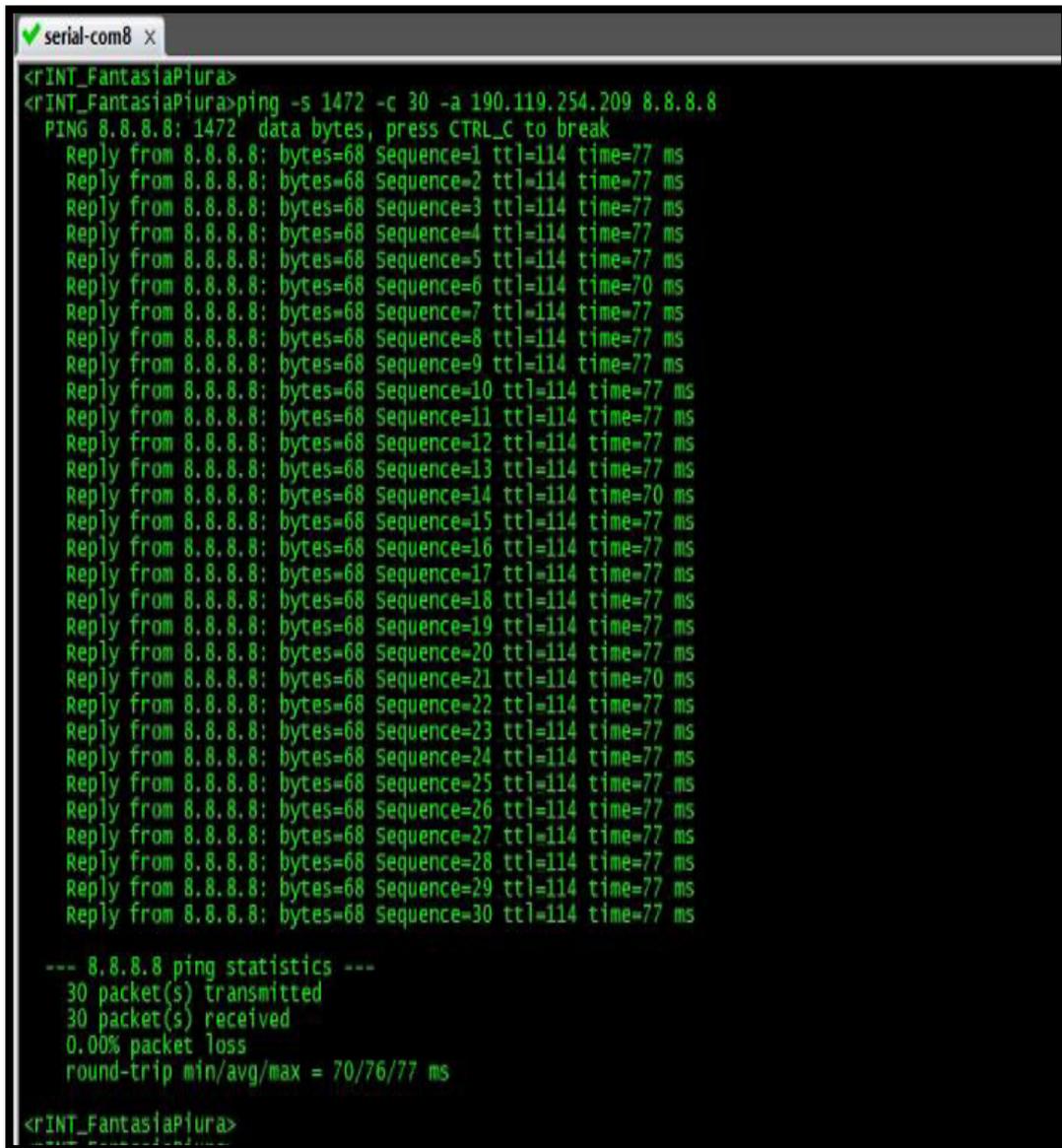
```
serial-com8 x
<RINT_FantasiaPiura>
<RINT_FantasiaPiura>ping -s 1472 -c 30 190.119.254.210
PING 190.119.254.210: 1472 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=1 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=2 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=3 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=4 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=5 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=6 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=7 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=8 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=9 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=10 ttl=255 time=10 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=11 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=12 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=13 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=14 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=15 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=16 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=17 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=18 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=19 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=20 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=21 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=22 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=23 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=24 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=25 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=26 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=27 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=28 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=29 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 190.119.254.210: bytes=1472 Sequence=30 ttl=255 time=1 ms

--- 190.119.254.210 ping statistics ---
  30 packet(s) transmitted
  30 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 1/1/10 ms

<RINT_FantasiaPiura>
<RINT_FantasiaPiura>
```

Nota: Elaboración propia - CRT

Figura 56

Prueba de saturación

```
serial-com8 x
<rINT_FantasiaPiura>
<rINT_FantasiaPiura>ping -s 1472 -c 30 -a 190.119.254.209 8.8.8.8
PING 8.8.8.8: 1472 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=1 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=2 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=3 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=4 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=5 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=6 ttl=114 time=70 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=7 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=8 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=9 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=10 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=11 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=12 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=13 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=14 ttl=114 time=70 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=15 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=16 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=17 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=18 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=19 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=20 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=21 ttl=114 time=70 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=22 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=23 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=24 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=25 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=26 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=27 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=28 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=29 ttl=114 time=77 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=68 Sequence=30 ttl=114 time=77 ms

--- 8.8.8.8 ping statistics ---
  30 packet(s) transmitted
  30 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 70/76/77 ms

<rINT_FantasiaPiura>
```

Nota: Elaboración propia – CRT

Figura 57*Speed test*

Nota: Elaboración propia – speedtest

2.3.4. Cuadro de inversión

En el cuadro siguiente se muestra, el costo total de diseño e implementación de un nuevo enlace a través del tendido de fibra óptica para solucionar el problema que viene teniendo la empresa hotelera por obstrucción de línea de vista.

Tabla 5

Cuadro de inversión

Actividad					
Código o sga	Código o sap	Descripción	Cantidad	Costo	Subtotal
Cliente - diseño					
14647	14647	Diseño del proyecto planta externa para instalación de fibra óptica (incluye visita técnica y movilidad local)	1.00	272.00	272.00
14648	14648	Diseño del proyecto planta interna para instalación de fibra óptica (incluye visita técnica y movilidad local)	1.00	170.00	170.00
14649	14649	Armado de expediente permiso municipal para fibra óptica (incluye movilidad local)	1.00	100.00	100.00
14650	14650	Plan de señalización y desvío de tránsito para trabajos de fibra óptica (incluye movilidad local)	1.00	300.00	300.00

15105	15105	Copia de expediente técnico	1.00	50.00	50.00
15106	15106	Firma del ingeniero civil	1.00	100.00	100.00
14741	14741	Movilidad	1.00	70.00	70.00

Cliente - pext - apoyo en postes

111	111	Alquiler de postes de empresas electricas (pago mensual)	9.00	1.26	11.34
-----	-----	--	------	------	-------

Cliente - instalación de acceso pext - mano de obra tendido

15242	15242	Sistema gis - ingreso de información de instalación pext	1.00	170.00	170.00
20085	10918	Manipular bandejas y cables en pop, nodo	1.00	48.70	48.70
20104	10937	Terminacion de cable de f.o. en nodo y pop	1.00	45.70	45.70
20082	10915	Instalar jumper o pigtail en nodo o pop	2.00	5.80	11.60
20098	10931	Preparacion cable para fusion en camara, poste, pop o nodo 96, 48, 24, 12 fibras	2.00	125.40	250.80
20047	10880	Instalar cable o acometida cilindrica de f.o. en postes	248.50	1.20	298.20

14973	14973	Instalar cable o acometida de f.o. en fachada o interior de edificio	41.00	1.00	41.00
14999	14999	Instalacion de tubo metalico conduit en interiores	4.00	10.05	40.20
20224	20224	Instalar tuboflex en columna alta	16.00	9.60	153.60
15005	15005	Instalar alcayata para amarre de cable	1.00	7.10	7.10
14969	14969	Instalar ferreteria en poste	9.00	3.00	27.00
20160	15010	Instalar cable en interior del pop o nodo	80.00	7.40	592.00
15006	15006	Instalacion de etiquetas identificadores para cables	11.00	2.00	22.00
14975	14975	Instalar caja de empalme (panduit) por emergencia	2.00	27.40	54.80
20105	10938	Terminacion de cable o acometida de f.o. en panduit	2.00	31.00	62.00
20078	10911	Empalme de f.o. monomodo sin servicio	6.00	24.20	145.20

20087	10920	Medicion de atenuacion media de la fibra sm, mm (una)	6.00	24.70	148.20
11711	11713	Tramite licencia municipal via terrestre (amov)	2.00	1500.00	3000.00
14741	14741	Movilidad terrestre	3.00	70.00	210.00
Total actividades					S/. 6,401.44

Nota: Elaboración propia

Materiales

Código sga	Código sap	Descripción	Cantidad	Costo	Subtotal
22960	22960	Cable adss 4000n (69186) 12 hilos f.o. sm	369.50	0.82	302.99
209	12759	Jumper sm fc/fc de 08 mts simplex	4.00	27.81	111.24
6187	6187	Panduit caja de montaje mm de fibra optica para 6 modulos	2.00	11.86	23.72
6188	6188	Panduit mini-com modulo para fibra optica tipo sc duplex	2.00	13.90	27.80
6189	6189	Panduit tapa ciega mini-com	8.00	0.30	2.40
628	628	Pigtail sc/upc monomodo 2m	4.00	13.94	55.76
210	210	Smouv-1120-02-us	6.00	0.64	3.84

Cliente - instalación de acceso pext - mano de obra tendido

19758	19758	Herraje de tension tipo d (cle)	10.00	0.19	1.90
15938	6571	Aislador tipo carrete	10.00	6.33	63.30
8788	8788	Sujetador inicio o final para cable adss	10.00	5.80	58.00
19774	7112	Soporte de diseño especial para chapa de suspensión	5.00	1.00	5.00
16071	16071	Cinta band it **	18.00	0.80	14.40
8787	8787	Chapa de suspension para cable adss	5.00	5.46	27.30
48	48	Presilla de 1/2" para cinta de acero	18.00	0.18	3.24
303	303	Etiqueta autolaminable para cable de fo	11.00	3.75	41.25
339	339	Tubo corrugado plástico reforzado flexible de 1,5"	16.00	1.33	21.28
6695	6695	Tubo de fierro galvanizado de 1" x 3 mt	1.54	20.00	30.77

7414	7414	Cintillo nylon para amarre 10cm standar 1/2cm diametro	22.00	0.40	8.80
7157	7157	Cintillo de 30 cms	0.24	8.00	1.92
145	145	Abrazaderas galvanizadas 1 oerja 1"	11.00	0.11	1.21
7772	7772	Tornillo autoroscante de 1x10	11.00	0.09	0.99
8632	8632	Alcayata 1/4" * 2 1/2"	1.00	0.65	0.65
542	542	Tarugo 1/4 verde	11.00	0.07	0.77
			Total, materiales	\$808.53	
			Valorización	S/.	
			total	9,473.85	

Nota: Elaboración propia

La inversión total estimada para la implementación del nuevo enlace de fibra óptica es de S/. **9,473.85**, incluyendo materiales, equipos y mano de obra. Este monto es justificado, dado que el presupuesto del proyecto fue de S/. **12,551.08**, y además permitirá a la empresa hotelera contar con una mejora significativa en la calidad del servicio de internet dado que ya no tendrá interferencias por cambios climáticos y/o obstrucciones en su línea de vista.

2.4. Análisis de resultados

2.4.1. Presentación del análisis de resultados

La empresa hotelera, conocida por ofrecer servicios de campamentos y hospedajes temporales, enfrentó un problema significativo con su enlace de microondas debido a las nuevas construcciones en la zona industrial de Zorritos - Punta Sal. Estas edificaciones obstaculizaron la línea de vista del enlace, generando interferencias en la red de comunicación. Por ello, la propuesta consistió en diseñar e implementar un nuevo enlace de internet mediante el tendido de fibra óptica, con el objetivo de mejorar el ancho de banda y resolver los problemas de conectividad.

2.4.2. Cálculos de los costos proyecto

Respecto al caso aplicado en el presente informe, se procede a evaluar la comparación del presupuesto brindado por factibilidad y los costos reales ejecutados tras la implementación del nuevo enlace por fibra óptica. Para ello, se elaboró la siguiente tabla que muestra el resumen financiero del proyecto.

Tabla 9

Comparación de presupuesto vs costos reales ejecutados

Concepto	presupuesto	costo ejecutado
Implementación nuevo enlace s/	12.551,08 s/	9.473,85

Nota: elaboración propia

En relación con la tabla previa, es relevante destacar que el presupuesto de factibilidad es un cálculo estándar realizado en un entorno de oficina. Este presupuesto proyecta los costos asociados a las actividades que se llevarán a cabo durante la implementación de la infraestructura de fibra óptica, y su costo de implementación se basa en los datos obtenidos después de la ejecución del proyecto.

2.4.3. Flujos de Caja

El flujo de caja es un registro que muestra todos los ingresos y gastos de una empresa a lo largo del tiempo. Al construir este flujo, podemos evaluar si un proyecto es financieramente viable y si tiene el potencial de generar valor.

En nuestro caso, para este proyecto, estimamos los ingresos y gastos durante un período de 3 años y con una renta mensual de 1200 soles por un servicio de internet con ancho de banda de 150 Mbps. Para el flujo de caja solo consideramos los pagos anuales que la empresa hotelera hace al operador de telecomunicaciones por los servicios de enlaces dedicados de fibra óptica. En la siguiente table se muestra el flujo de caja del proyecto.

Tabla 6*Flujo de caja*

	año 0	año 1	año 2	año 3
Renta anual		s/ 14.400,00	s/ 14.400,00	s/ 14.400,00
Inversión	-s/ 9.473,85			
Balance	-s/ 9.473,85	s/ 14.400,00	s/ 14.400,00	s/ 14.400,00
Flujo acumulado	-s/ 9.473,85	s/ 4.926,15	s/ 19.326,15	s/ 33.726,15

Nota: Elaboración propia.

Para evaluar si un proyecto es viable y rentable, es necesario calcular los indicadores financieros VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno). Estas fórmulas proporcionan resultados numéricos que nos ayudan a tomar decisiones sobre el proyecto.

VAN (Valor Actual Neto)

El Valor Actual Neto (VAN) se emplea para evaluar inversiones. Consiste en actualizar los ingresos y pagos mediante los flujos de caja, restando la tasa de interés determinada. El VAN se expresa en términos monetarios. La siguiente ecuación muestra cómo calcularlo:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

(F_t) es el flujo de efectivo neto en el período (t).

(r) es la tasa de descuento (tasa de interés requerida).

(n) es el número total de períodos.

Criterios para la toma de decisiones considerando el VAN.

$VAN > 0$: El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida, generará beneficios.

$VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

$VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

Para calcular el Valor Actual Neto (VAN), aplicamos la fórmula (1), utilizando los datos del flujo de caja y considerando una tasa de descuento del 15%.

$$VAN = S/ 23.404,59$$

Realizando el cálculo del VAN a través del Excel con una tasa de descuento del 15%, se obtuvo un VAN de S/ 23.404,59 y de acuerdo con los criterios para la toma de decisiones del VAN nos menciona que el proyecto va a producir ganancias que beneficien a la empresa. Por lo que el proyecto debe ejecutarse.

TIR (Tasa Interna de Retorno)

La TIR nos ayuda a evaluar la rentabilidad de un proyecto y determina la tasa de crecimiento interna que iguala los flujos de efectivo presentes y futuros. En la siguiente ecuación, podemos visualizar la fórmula para hallar la TIR.

$$VAN = -I_0 + Q_1 (1+kTIR) + Q_2 (1+kTIR)^2 + Q_3 (1+kTIR)^3 + \dots + Q_n (1+kTIR)^n = 0$$

Criterios para la toma de decisiones considerando la TIR.

Si $TIR > k$ (donde k es la tasa mínima requerida): El proyecto se acepta, ya que la rentabilidad supera el costo del capital prestado.

Si $TIR < k$: El proyecto se rechaza, ya que la rentabilidad no cubriría el costo del

préstamo.

Si $TIR = k$: Se deben considerar otros factores, ya que ni se gana ni se pierde de manera significativa

En esta oportunidad hallaremos la TIR mediante la formula en Excel

TIR = 141%.

En resumen, el proyecto de implementación de un enlace de fibra óptica para la empresa hotelera en Zorritos - Punta Sal resolvió efectivamente los problemas de conectividad causados por la obstrucción del enlace de microondas. La nueva infraestructura de fibra óptica mejoró significativamente el ancho de banda y la estabilidad de la red, proporcionando una solución robusta y a largo plazo para las necesidades de comunicación del cliente. Este proyecto demuestra la viabilidad técnica y generará ingresos económicos para el operador de telecomunicaciones. En la tabla siguiente se presentan los resultados resumidos de estos indicadores, junto con la tasa de descuento utilizada.

Tabla 7

van tir y tasa de descuento del proyecto

VAN	S/ 23.404,59
TIR	141%
TASA DE DESCUENTO	15%

Nota: Elaboración propia

III. APORTES MAS DESTACABLES A LA EMPRESA

- a. Gestionar de manera eficiente los recursos de planta externa, aprovechando la infraestructura existente para la culminación de los trabajos en menor tiempo.
- b. Desarrollo del proceso de implementación de la planta externa, esto a fin de que los proveedores estén alineados con el objetivo del departamento de la PMO.
- c. Ahorro del 20% en la planta externa respecto al presupuesto brindado por el área factibilidad.
- d. Elevar en un 20% el trato cordial con el cliente.
- e. Cumplimiento del 98% con los objetivos estratégicos de la empresa.
- f. Introducción de la metodología Ágil al departamento, permitiendo un avance del 10% adicional en los trabajos planificados.

IV. CONCLUSIONES

- a. Los enlaces microondas son esenciales para la comunicación entre dos puntos, especialmente cuando se busca una conexión confiable y rápida. Sin embargo, los problemas con la línea de vista (LOS) deben abordarse de manera efectiva.
- b. Se diseñó un enlace de fibra óptica que mejoró significativamente la red de comunicaciones de la empresa hotelera. La planificación meticulosa y la atención a los detalles durante la visita técnica permitieron determinar la ruta óptima y garantizar la adecuación de la infraestructura.
- c. La implementación del sistema de red de fibra óptica fue exitosa, con empalmes precisos y documentación adecuada para garantizar la integridad y calidad del enlace.
- d. El proyecto cumplió con los objetivos establecidos al diseñar e implementar un nuevo enlace de fibra óptica que resolvió los problemas de conectividad de una empresa hotelera en Zorritos - Punta Sal. La nueva infraestructura proporcionó una solución robusta y a largo plazo para las necesidades de comunicación del cliente, demostrando la viabilidad técnica y operativa de migrar a tecnologías más avanzadas para garantizar la calidad y eficiencia de los servicios de internet en entornos complejos.

V. RECOMENDACIONES

- a. Realizar un análisis exhaustivo de la Línea de Visión (LOS) actual para identificar áreas con obstrucciones y pérdidas de señal.
- b. Considerar migrar de microondas a fibra óptica, ya que esta última ofrece ventajas significativas en velocidad, capacidad y confiabilidad.
- c. Antes de implementar un nuevo enlace de fibra óptica, realizar un análisis detallado de la infraestructura existente y las condiciones del entorno. Evaluar la viabilidad técnica y operativa, considerando materiales, equipos y pruebas exhaustivas.
- d. Aprovechar los recursos disponibles, como la infraestructura de postes, para reducir costos y minimizar el impacto ambiental.

VI. REFERENCIAS

- Aceña Rincon, M. (2022). Diseño de las señales de radiofrecuencia para la comunicación entre estación base y router en móviles 5g.
https://oa.upm.es/72192/1/TFG_MIRIAM_ACENA_RINCON.pdf
- Aguirre Müller, B. J. (2018). diseño e implementación de un nuevo enlace a través del tendido de fibra óptica para mejorar el ancho de banda y el tráfico de red de la empresa TEOMA CORP SAC Ubicado en la Av. Los Eucaliptos N° 317 en el Distrito de Lurín Lima. <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/396>
- Céspedes González, C. L. (2016). Análisis de la red actual de radio enlace de la Empresa Promarisco y recomendaciones de optimización en las comunicaciones y agilidad de sus servicios. [Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática.]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20260>
- Chan García, A. E. (2020). Fibra Óptica: Evolución, Estándares y Aplicaciones.
<http://risisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/2610/TA1800.2020-2610.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chomycz, B. (1998). Instalaciones de fibra óptica: Fundamentos, técnicas y aplicaciones. McGraw-Hill, Interamericana de España.
- Dávalos Parra, D. F. (2021). Diseño E Implementación De La Red De Fibra Óptica De Planta Externa De Un Operador De Telecomunicaciones Para Brindar El Servicio De Internet Y Enlaces Dedicados Empresariales En Los Distritos De Los Olivos Y San Martín De Porres—Lima, 2020.
<https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/601>
- España Boquera, M. C. (2005). COMUNICACIONES ÓPTICAS Conceptos esenciales y resolución de ejercicios.

<https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479786854.pdf>

Fernández Castro, M. A. (2018). Diseño de una red inalámbrica de banda ancha para mejorar la transmisión de datos y voz de la organización Iglesia del Nazareno en el departamento de Lambayeque. file:///C:/Users/Admin/Downloads/BC-4600%20FERNANDEZ%20CASTRO.pdf

Fernández Yarleque, K. J. (2021). Implementación de un radioenlace punto a punto para brindar servicio de datos e internet a una estación abastecedora de combustible en el distrito de Parconaica.
https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/875/1/T088A_47556001_T.pdf

Gomez Ñahuinripa, L. A. (2022). Implementación de una red de fibra óptica para el servicio de internet del centro poblado de Hualahoyo.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8549>

Huaman Arancibia, F. H. (2020). Diseño e implementación de un enlace de fibra óptica para el acceso a internet del IESTP san francisco de asís de la dirección regional de educación de lima metropolitana, sede av. prolongación Pachacútec, distrito de Villa María del Triunfo.
<https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/688/1/HUAMAN%20ARANCIBIA%20FERNANDO%20HUGO.pdf>

López Polo, E. D. (2016). Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash).<https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/47/lopez-polo-elliott.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Loza Flores, H. G. (2023). Técnicas para mejorar el ancho de banda en antenas tipo parche:

Antena tipo parche con perturbaciones en su estructura para mejorar el ancho de banda. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24987>

Muñoz Guzmán, L. M. (2005). Análisis de la Implementación de un Enlace Punto a Punto acotado por el Protocolo 802.11b.
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcim971a/doc/bmfcim971a.pdf>

Novoa Bermudez, L. D., & Carreño Ortiz, A. (2018). Diseño de radio-enlace de comunicaciones desde el municipio de el cocuy a las instituciones educativas rurales la playa, tobalito, el cardon, carrizalito e isleta.
<http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004640.pdf>

Otalavalo Chacho, B. A., & Vásquez Ruiz, R. S. (2022). Diseño e implementación de tres radioenlaces punto a punto para el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21697/1/UPS-CT009526.pdf>

Pignataro, N., & Acuña, J. (2017). Introducción a Redes de Acceso.
https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/174356/mod_resource/content/1/Introduccion%20a%20redes%20de%20acceso_2017.pdf

Poma Paredes, F. M. (2022). Diseño de una red de fibra óptica FTTH con tecnología GPON para la ciudad de Sucre, zona Patacón, caso AXS Bolivia [Thesis].
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/33863>

Prieto Tejada, F. R. (2017). Diseño e implementación de un enlace microondas para transmisión del servicio de internet del operador telefónica en la minera yanaquihuaarequipa.
http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/424/1/Prieto_Frank_tarbajo_Suficiencia_2017.pdf

Rodríguez Díaz, I. D., & García Bermudez, R. V. (2023). Diseño e implementación de la red de fibra óptica del cantón Chone-Ecuador. *Ingeniería Industrial*, 44(2), Article 2.

Sotelo Ocaña, M. A. (2021). Diseño e implementación de una red de banda ancha en apoyo a la localidad de Torohuichccana, distrito de Pampachiri, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac-Perú.

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5187/M.Sotelo_Tesis_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*.

<https://fernandocarciniega.com/books/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion.pdf>

Vallejo Espinosa, R. D. (2013). Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en el Distrito Metropolitano de Quito [Thesis, Universidad Internacional SEK]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/527>

Villacrés Valverde, J. C., & Muriel Bonilla, A. G. (2016). Estudio y diseño de una red de planta externa de fibra óptica GPON para proveer servicios de voz, video y datos aplicado a la ciudad de Alausí para la CNT Empresa Pública Riobamba.

[bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5462>