

NOMBRE DEL TRABAJO

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTB PARA MEJORAR EL ACCESO A INTERNET AL CONDOMINIO RECOLETA EN EL DISTRITO

AUTOR

SARA GERALDINE SOLIS ALVITES

RECUENTO DE PALABRAS

8998 Words

RECUENTO DE CARACTERES

49706 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

53 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.3MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 27, 2024 9:19 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 27, 2024 9:19 AM GMT-5

● 13% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)**

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS () 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (X)

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres:	SOLIS ALVITES SARA GERALDINE
D.N.I.:	75356971
Otro Documento:	
Nacionalidad:	Peruana
Teléfono:	979043695
e-mail:	sarasolisalvites@gmail.com

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad:	FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico:	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Título Profesional otorgado:	INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

Postgrado

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

Datos de trabajo de investigación

Título:	IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTB PARA MEJORAR EL ACCESO A INTERNET AL CONDOMINIO RECOLETA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO EN EL AÑO 2022
Fecha de Sustentación:	16 DE DICIEMBRE DE 2023
Calificación:	APROBADO POR UNANIMIDAD
Año de Publicación:	2024



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo _____ No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	()

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	<input checked="" type="checkbox"/>
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

info: eu-repo/semantics/restrictedAccess

Motivos de la elección del acceso restringido:

El motivo de elección como acceso restringido para el trabajo de suficiencia profesional se justifica debido a que en dicho trabajo se presenta información privada de la empresa en donde se desarrollo el trabajo de suficiencia, por tal motivo la información es de carácter sensible.

Solis Aluiter, Sara Geraldine

APELLIDOS Y NOMBRES

75356971

DNI

Firma y huella:



Lima, 3 de abril del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES



**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTB PARA MEJORAR EL ACCESO A
INTERNET AL CONDOMINIO RECOLETA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO DE
SURCO EN EL AÑO 2022”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

SOLIS ALVITES, SARA GERALDINE
ORCID: 0000-0001-5867-046X

ASESOR

CARTAGENA GORDILLO, ALEX
ORCID: 0000-0001-8076-0699

**Villa El Salvador
2023**



VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional
Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

En Villa El Salvador, siendo las 12:20 horas del día 16 de diciembre de 2023, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DR. ORLANDO ADRIAN ORTEGA GALICIO	CIP N° 79878
Secretario	:	MG. FREDY CAMPOS AGUADO	CIP N° 173769
Vocal	:	MG. PABLO ANDRES VILLEGAS CHUNGA	CIP N° 199274

Designados con Resolución de Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión N° 984-2023-UNTELS-R-D de fecha 13 de diciembre del 2023.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional (Resolución de Consejo Universitario N° 065-2023-UNTELS-CU de fecha 08 de agosto del 2023), en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur"; siendo que el Art. 4º del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

La Bachiller **SARA GERALDINE SOLIS ALVITES**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTB PARA MEJORAR EL ACCESO A INTERNET AL CONDOMINIO RECOLETA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO EN EL AÑO 2022**

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición Aprobada por unanimidad Equivalencia Buena de acuerdo al Art. 65º del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las 12:50 horas del día 16 de diciembre de 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.


SECRETARIO
MG. FREDY CAMPOS AGUADO
CIP N° 173769


PRÉSIDENTE
DR. ORLANDO ADRIAN ORTEGA GALICIO
CIP N° 79878


VOCAL
MG. PABLO ANDRES VILLEGAS CHUNGA
CIP N° 199274

Nota: Art. 14°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada durante los 05 días siguientes.

DEDICATORIA

Con gratitud hacia mis padres, Vicky y Carlos, debido a su apoyo constante en el transcurso de mi vida. A la memoria de mi papito Manuel que ya no está con nosotros, pero cuyo espíritu y amor perduran en mi corazón y me han inspirado a perseverar. A todos aquellos que creyeron en mí cuando a veces dudé de mí misma.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, familia, amigos y profesores por su apoyo constante y aliento a lo largo del presente trabajo. Su respaldo fue fundamental para alcanzar este logro.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS	vii
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	2
1.1. Contexto	2
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo	2
1.2.1. Delimitación temporal de trabajo	2
1.2.2. Delimitación espacial del trabajo	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.1.1. Antecedentes Nacionales	4
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	5
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1. Fibra óptica.....	6
2.2.2. Fibra Multimodo.....	7
2.2.3. Fibra monomodo	7
2.2.4. Red óptica pasiva (PON).....	8
2.2.5 Estructura de la red PON.....	8
2.2.6. Red ODN.....	9
2.2.7. Divisores ópticos (Splitter).....	9
2.2.8 Sistema FTTx	11
2.2.9 Formas de distribución	12
2.2.10 Estándares xPON.....	13
2.2.10.1 APON (Red Óptica Pasiva ATM).....	13
2.2.10.2 BPON (Red Óptica Pasiva de Banda Ancha)	13
2.2.10.3 EPON (Red Óptica Pasiva Ethernet).....	13

2.2.10.4 GPON (Red Óptica Pasiva Gigabit).....	14
2.2.11 Recomendaciones ITU estándar G652.....	15
2.2.12. Recomendaciones ITU estándar G657	16
2.3 Términos básicos.....	17
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL.....	18
3.1. Determinación y análisis del problema.....	18
3.2 Modelo de solución propuesto	19
3.2.1. Estudio previo del proyecto	20
3.2.1.1 Levantamiento de información.....	20
3.2.1.2 Zona de despliegue y cantidad de bloques del condominio.....	20
3.2.1.3 Dimensionamiento de despliegue de la red	22
3.2.1.4 Desarrollo de la red FTTB.	23
3.2.2. Implementación del proyecto	25
3.2.2.1. Aprovisionamiento del proyecto.....	25
3.2.2.2. Ubicación de la toma de servicios.	27
3.2.2.3. Asignación de Nomenclatura de equipos.....	28
3.2.2.4. Topología desde la toma de servicios hasta la caja de empalme.	29
3.2.2.5. Topología desde la caja de empalme hacia los bloques restantes. ...	31
3.2.2.6. Implementación de la red de distribución.....	32
3.2.3 Validación de la red FTTB	33
3.3 Resultados.....	36
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS.....	42
Anexo 1. Pruebas de iOLM.....	42
Anexo 2. Pruebas de iOLM.....	43
Anexo 3. Datasheet de la fibra Riser 16 FO.....	44
Anexo 4. Datasheet de Divisor óptico 1x8	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la fibra óptica.....	7
Figura 2. Representación de red PON.	8
Figura 3. Splitter 1x8.....	10
Figura 4 Diferentes tipos de redes FTTx.....	12
Figura 5. Acceso de fibra P2P y P2MP	13
Figura 6 Diagrama de flujo del proyecto FTTB.....	19
Figura 7. Situación geográfica	21
Figura 8. Área de implementación de la red FTTB, del condominio Recoleta	21
Figura 9. Bloques para el despliegue de red FTTB del condominio Recoleta	22
Figura 10 Esquema representativo del proyecto FTTB	24
Figura 11. Esquema de la Red FTTB de Distribución CTO 0.....	25
Figura 12. Ubicación de la toma de servicios.....	27
Figura 13. Topología de la toma de servicios hasta la caja de empalme.....	30
Figura 14. Topología desde la caja de empalme hacia las CTOs.....	31
Figura 15. Toma de servicios, inicio de la red de distribución.	32
Figura 16. Rotulación de la caja óptica respecto a las nomenclaturas	33
Figura 17. Dispositivo de medición de potencia desde CTO del BLOQUE B1.	34
Figura 18. Validación de la red FTTB en el CTO del Bloque B1 con el iOLM.....	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Pérdidas en divisor óptico	10
Tabla 2. Recomendaciones ITU-T G.984.x	14
Tabla 3. Características ópticas de la Fibra monomodo G.652.D	15
Tabla 4. Cantidad de departamentos por bloque	23
Tabla 5. Elección sobre la caja de empalme	26
Tabla 6. Fibra óptica para la red de distribución.....	26
Tabla 7. Divisor óptico en la red FTTB.....	27
Tabla 8. Identificación de código asignado a las cajas terminales ópticas	28
Tabla 9. Nomenclatura de las cajas terminales ópticas de la red FTTB	29
Tabla 10. Pruebas de medición destinadas a validar la ejecución del proyecto FTTB	33
Tabla 11. Rango de aceptación de potencia en decibelios (dB).....	34
Tabla 12 Atenuación por bloques de los enlaces de la red FTTB.....	37

RESUMEN

A raíz de la pandemia de COVID-19, el aumento significativo de tráfico de datos por el incremento de dispositivos, trabajo y educación de manera remota, tuvo como consecuencia disminución de la velocidad, interrupciones intermitentes o pérdida completa del servicio a Internet en el condominio Recoleta, ya que tenían tecnología HFC (Híbrido de fibra coaxial). Por lo cual se plantea como medida de solución la implementación de una red FTTB (Fibra hasta el edificio) aplicando el estándar GPON (Red óptica pasiva con capacidad de gigabit) con el objetivo de brindar una mayor accesibilidad a la banda ancha fija a los residentes del condominio.

Para el desarrollo del proyecto se realiza el estudio previo de las rutas de instalaciones dentro del condominio, con las respectivas autorizaciones de autoridades del condominio se procede con la implementación de la infraestructura de fibra óptica. Se muestra la disposición de los dispositivos, divisores primarios y secundarios, cajas de terminación óptica (CTO), y se realiza el cálculo de la atenuación de los componentes pasivos de la red para evaluar la factibilidad de las conexiones. Se concluye con la supervisión de la instalación adecuada de la red de fibra óptica garantizando tanto el adecuado tendido de la fibra como la seguridad del personal involucrado en el proceso, y la validación mediante pruebas reflectométricas con equipos OTDR, donde se observa niveles de potencias de recepción ópticas óptimas, sin altas pérdidas por empalme, sin roturas ni errores de macro curvaturas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se ha experimentado un notable incremento en la demanda de conexión de banda ancha, motivo por el cual las empresas de telecomunicaciones tienen la necesidad de actualizar y optimizar sus infraestructuras de red para poder satisfacer las necesidades de mejorar la calidad de su servicio. En la mayoría de los casos, esto implica la adopción de dispositivos que aprovechan la fibra óptica como su principal medio de transmisión por lo que facilita la transferencia de datos a altas velocidades, convirtiéndose en la principal opción para las redes de transporte y acceso.

A fines del 2022, se documentaron 1,224,862 conexiones de internet fijo a través de fibra óptica, evidenciando un aumento del 92.35% en comparación con el mismo período en 2021, durante el cual se detectaron 636,776 conexiones, según el reporte proporcionado por el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL, 2023). Este incremento significativo en las conexiones de fibra óptica demuestra la creciente necesidad de los usuarios de contar con acceso a Internet de alta velocidad, confiable y estable.

En este contexto el presente Trabajo de Suficiencia Profesional presenta el estudio preliminar, desarrollo y resultados del despliegue de red FTTB por la empresa Higher Peru, elegida por el operador Telefónica del Perú, para ofrecer un acceso a internet de alta velocidad y cubrir la brecha digital que existe en el condominio Recoleta, el cual consta de tres capítulos. En el primer capítulo se tratan los aspectos generales, delimitaciones temporales y espaciales, así como los objetivos. En el capítulo 2, Marco Teórico, se realiza una comprensión de antecedentes relacionados al proyecto, abarca las bases teóricas cuya función es guiar como punto de referencia para la implementación de red FTTB. En el capítulo 3, Desarrollo del Trabajo Profesional, se describen de manera detallada la metodología, los procesos y las evaluaciones que se deben seguir para llevar a cabo la labor y lograr los resultados previstos.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Contexto

Higher Peru, empresa peruana, registra inicio de actividad en el año 2016. Su objetivo es prestar servicios en el rubro de las telecomunicaciones, tanto en radiofrecuencias y fibra óptica, cumpliendo todas las normativas de acuerdo a los proyectos.

Higher Peru debido al contrato marco se alinea a la misión y visión de Telefónica. Su misión, ofrecer soluciones innovadoras, transformando y simplificando la vida de las personas. Su visión, liderar el mercado de telecomunicaciones y reducir la brecha digital a través de PangeaCo, una subsidiaria que expande la red de fibra óptica, mejorando la educación en línea y la telemedicina. Con el propósito de ampliar la conectividad de alta velocidad y beneficiar a más personas (Telefónica, 2023).

En 2022, Higher Peru ejecutó el proyecto FTTB PangeaCo Huawei para Telefónica del Perú, instalando tecnología FTTB en varios edificios, algunos de ellos están ubicados en:

- Manuel Tovar 236, Granada.
- Paseo de la República.
- Avenida Universitaria 1331
- Avenida Encalada.

1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo

1.2.1. Delimitación temporal de trabajo

El presente trabajo comprende el periodo desde fines de septiembre hasta octubre del 2022.

1.2.2. Delimitación espacial del trabajo

El proyecto se realiza en el condominio Recoleta en el distrito de Santiago de Surco, Lima. La implementación del proyecto se realizó mediante un proceso que abarcó diversas fases: Una fase inicial de evaluación y planificación que consideró la infraestructura existente y la selección de rutas para los cables

de fibra óptica. Posteriormente, se procedió con la obtención de materiales y la instalación de la red en ubicaciones estratégicas. Finalmente, se realizaron pruebas para asegurar la calidad y confiabilidad de la red.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Implementar el despliegue de red FTTB para mejorar el servicio de internet al condominio Recoleta en el distrito de Santiago de Surco en el año 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Implementar el despliegue de fibra óptica para el servicio de internet en el condominio Recoleta cumpliendo las normativas vigentes de estándares establecidos tanto por el operador como por las entidades reguladoras.
2. Validar la implementación de la red de fibra óptica mediante pruebas reflectométricas, desde la toma de servicios hasta las cajas terminales ópticas internas, garantizando el correcto estado de la red.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes:

2.1.1. Antecedentes Nacionales:

Marco Pachas (2018) en su tesis denominada “Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino”, detalla el diseño de una red de fibra óptica FTTH basada en una arquitectura de red óptica pasiva aplicando el estándar GPON a través del alcantarillado. El objetivo de este estudio es implementar una infraestructura de comunicación de alta velocidad para conectar los hogares en este distrito y mejorar la conectividad brindando la disponibilidad de servicios de internet de banda ancha. Se planifica para beneficiar a 580 hogares con velocidades de transmisión mínima de 77.75 Mbps por hogar, con un plan comercial de 170 Mbps de descarga, garantizando 40% de velocidad mínima. Concluyendo con cálculos de atenuación de enlaces principales y de respaldo, comprobando la viabilidad en términos de las potencias necesarias para el funcionamiento adecuado del sistema y un análisis para calcular la atenuación en los enlaces ópticos, asegurando que las potencias de recepción estén dentro de los parámetros aceptables.

Sergio Ramírez (2019) en su tesis denominada “Diseño de una red de FTTH para el acceso de banda ancha en el condominio Galilea - Castilla, utilizando Tecnología GPON”, se encuentra la información para la planificación de una red de fibra óptica con acceso de banda ancha, donde hace uso de dos OLTs Huawei MA56608T. Para la implementación de la red el autor considera una cobertura del 80% en toda la zona del condominio, además se contempla la posibilidad de una expansión futura del servicio para abarcar una cobertura del 100%, dejando líneas de fibra óptica sin utilizar para futuras expansiones. Se realizan cálculos detallados de los metrajes y la disposición de los equipos en todas las áreas de implementación, abarcando tanto la planta externa como la disposición estratégica de dispositivos de agregación, puntos de distribución de fibra óptica y divisores ópticos. Dicha tesis concluye realizando los cálculos de los valores ópticos, así como la estimación de la tasa de transmisión del ancho de banda por la interfaz GPON desde el nodo hasta el dispositivo final del cliente.

Quintana y Cifuentes (2022) en su tesis denominada “Diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho, 2022”, los autores nos explican el diseño de la red FTTH, con el propósito de mejorar la conectividad a Internet en el distrito de Ayacucho. Se implementaron dos arquitecturas de red distintas en este proyecto, una en forma de anillo para garantizar la redundancia y la continuidad del servicio en caso de fallo, y otra en forma de árbol para extender la conectividad a más puntos mediante divisores ópticos secundarios. Estas decisiones de diseño contribuyeron a incrementar la eficiencia y la confiabilidad de la red, concluyendo con la realización de los cálculos de potencia tanto para la red principal como la secundaria, la tasa de transmisión de datos obteniendo velocidades de descarga de 312.5 Mbps y subida de 156.25 Mbps.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

David Martínez (2021) en su tesis denominada "Diseño de una Red de Acceso PON FTTH para un Bloque de Edificios por Interior", muestra el proceso del diseño de una red FTTH brindando servicio a una urbanización en la ciudad de Valencia, España. El objetivo del trabajo es el análisis teórico y práctico para la implementación de una infraestructura de fibra óptica que se despliega dentro de los edificios para proporcionar conectividad de alta velocidad a los residentes a través de redes FTTH con tecnología GPON. Este proyecto proporciona un mejor estudio para realizar un diseño y planificación de instalación de fibra óptica utilizando un sistema de canalización teniendo consideraciones técnicas detalladas, como el trazado de la red óptica en el interior de los edificios y la selección de la tecnología PON para garantizar un acceso eficiente y de alta calidad a servicios de banda ancha.

Ismael Fernández (2018) en su tesis denominada “Diseño de una red de fibra óptica FTTH para un bloque de edificios”, tiene como objetivo diseñar la red de distribución y la red de alimentación para un conjunto de edificios para el municipio de Pontevedra, España, donde muestra el análisis y estudio del despliegue de la red de fibra óptica mediante canalización. Nos brinda los criterios técnicos para la instalación de la red FTTH, como el tipo de cable de fibra óptica a utilizar para el despliegue, Fernández considera un dimensionamiento de la red de alimentación con

una capacidad del 100%, una estructura de distribución en forma de estrella y la utilización de herramientas para optimizar el diseño de la red. Concluye comprobando teóricamente que las elecciones tomadas de acuerdo a los criterios fueron adecuadas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fibra óptica

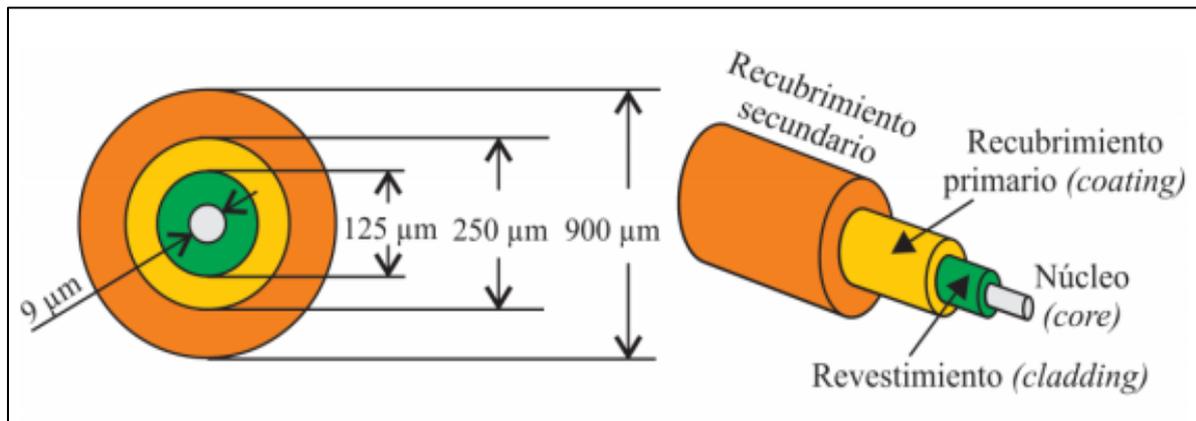
Medio de transmisión a través del cual la luz se propaga a lo largo de su interior. Esto se logra mediante un núcleo que conduce la señal luminosa y la mantiene confinada debido a las reflexiones internas causadas por el revestimiento exterior (Gallardo, 2015).

La estructura, representada en la Figura 1, son las siguientes:

1. **Núcleo:** Conducto por el cual la luz viaja a través de la fibra, y debido a su mayor índice de refracción, permite que la luz se propague mediante reflexiones internas totales.
2. **Revestimiento:** Evita que la luz se refracte hacia fuera de la fibra al poseer un índice de refracción inferior al del núcleo.
3. **Cubierta:** Tiene la función de proteger, tanto al núcleo como al revestimiento, contra posibles daños causados por impactos y evitar que la fibra se doble en exceso (R. Tronco y L. de Ávila, 2007).

Figura 1.

Estructura de la fibra óptica.



Nota. La estructura compuesta por el núcleo, revestimiento y recubrimiento. Millan, 2018.

Las dimensiones del núcleo de la fibra óptica son un factor distintivo importante. Dependiendo de su diámetro, determinan la capacidad de la fibra para transmitir diferentes modos de señal. Por lo tanto, existen dos categorías principales: las fibras monomodo, y las fibras multimodo.

2.2.2. Fibra Multimodo

Capaz de transmitir múltiples modos de luz simultáneamente, lo que significa que puede seguir diferentes trayectorias para los rayos de luz. Se utiliza principalmente en aplicaciones de comunicación de corta distancia, tienen un diámetro en su núcleo de 50 a 100 µm, su atenuación por kilómetro es de 0.3 dB a 1dB.

2.2.3. Fibra monomodo

Facilita la transmisión de un solo modo de luz mediante la reducción del tamaño del núcleo, el diámetro del núcleo varía generalmente entre 8 µm y 10 µm. Presenta una baja atenuación por kilómetro de 0.1 dB a 0.4 dB.

2.2.4. Red óptica pasiva (PON)

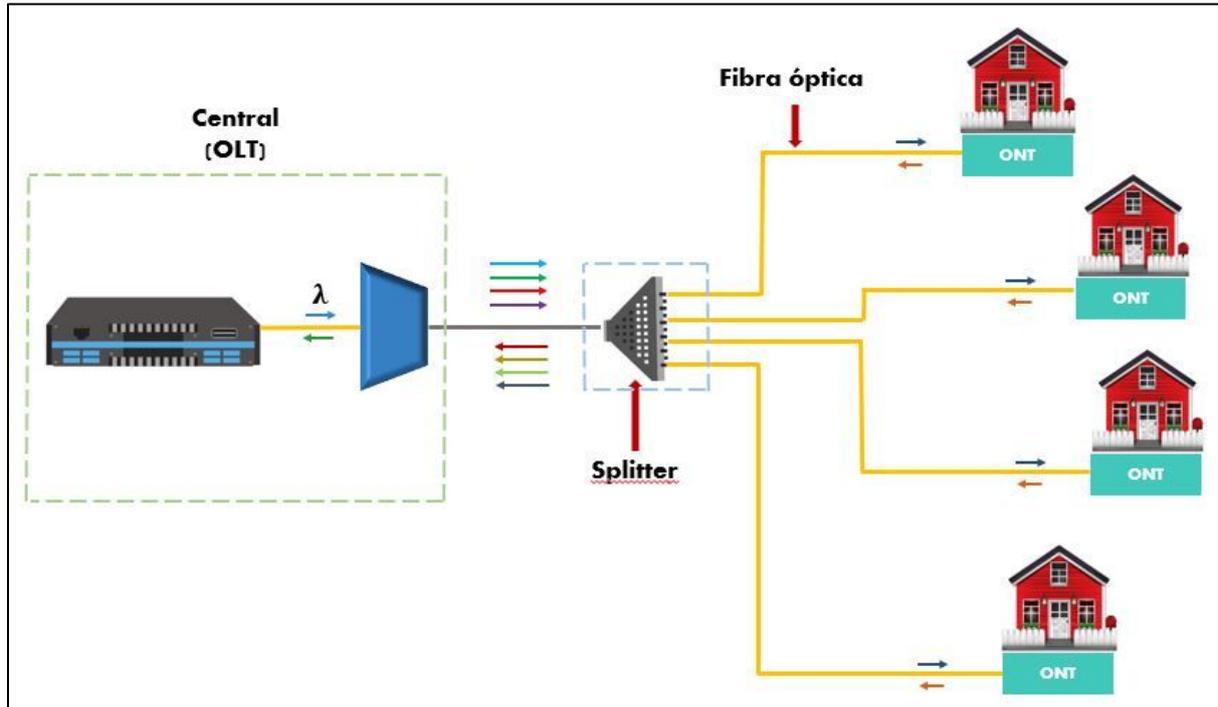
En una PON, se incorporan componentes no activos en la conexión entre la central y las instalaciones de los usuarios. En lugar de utilizar dispositivos activos a lo largo de la red, se instalan únicamente componentes ópticos pasivos en la trayectoria de transmisión. Estos componentes pasivos se encargan de dirigir señales de tráfico a través de longitudes de ondas hacia los destinos de los usuarios y de regreso a la central (G. Keiser, 2006).

2.2.5 Estructura de la red PON

Una red PON consta de una terminal de línea óptica (OLT), localizada en las instalaciones centrales del proveedor de telecomunicaciones, la red de distribución óptica (ODN) y terminal de red óptico (ONT) que se encuentran cercanas a los usuarios finales, representada en la Figura 2.

Figura 2.

Representación de red PON.



Nota. Componentes principales de las redes FTTX. *Introducción a redes PON.*

Fandiño, A. 2021. SISUTELCO.

2.2.6. Red ODN

En este sistema, la transferencia de señal desde la OLT hasta la ONU se realiza mediante el uso de fibra óptica como medio de transmisión. Esta infraestructura incluye la red de alimentación, la red de distribución y la red de dispersión (España, 2005).

Para garantizar niveles de señal adecuados y asignación apropiada de ancho de banda en equipos de clientes, se requiere que el presupuesto óptico total en una red GPON, especialmente en la clase B +, no exceda los 28 dB, considerando un margen de seguridad de 3 dB. Al diseñar una red GPON debe considerar todos los elementos pasivos de la ODN, que se extiende desde la OLT hasta la ONT. De todos estos componentes, los que generan la mayor atenuación son los divisores ópticos. Los elementos pasivos involucrados en una ODN, desde la OLT, comprenden componentes como los marcos de distribución óptica (ODF), los casquillos, los divisores ópticos (splitters), los puntos de acceso a la red (NAP) y los terminales de conexión óptica (rosetas).

2.2.7. Divisores ópticos (Splitter)

Es el componente principal en una ODN que funciona de manera pasiva. Permite la comunicación punto a multipunto al dividir una señal óptica en múltiples trayectos, lo que posibilita que varios usuarios o dispositivos compartan una única conexión de fibra óptica (López, 2013).

La representación en la Figura 3, muestra el divisor óptico 1x8 PLC (Tecnología de guía de onda óptica plana).

Figura 3.
Splitter 1x8.



Nota. Divisor Óptico. Elaboración propia

Es importante tener en consideración las pérdidas causadas por el proceso de splitteo, las cuales se encuentran detalladas en la Tabla 1 (López, 2013).

Tabla 1.

Pérdidas en divisor óptico

Tasa de división	Pérdida por división
1:2	3dB
1:4	6dB
1:8	9dB
1:16	12dB
1:32	15dB
1:64	18dB

Nota. Los valores de pérdida por división son teóricos. Recuperado de Divisores Ópticos FTTH. López, 2013

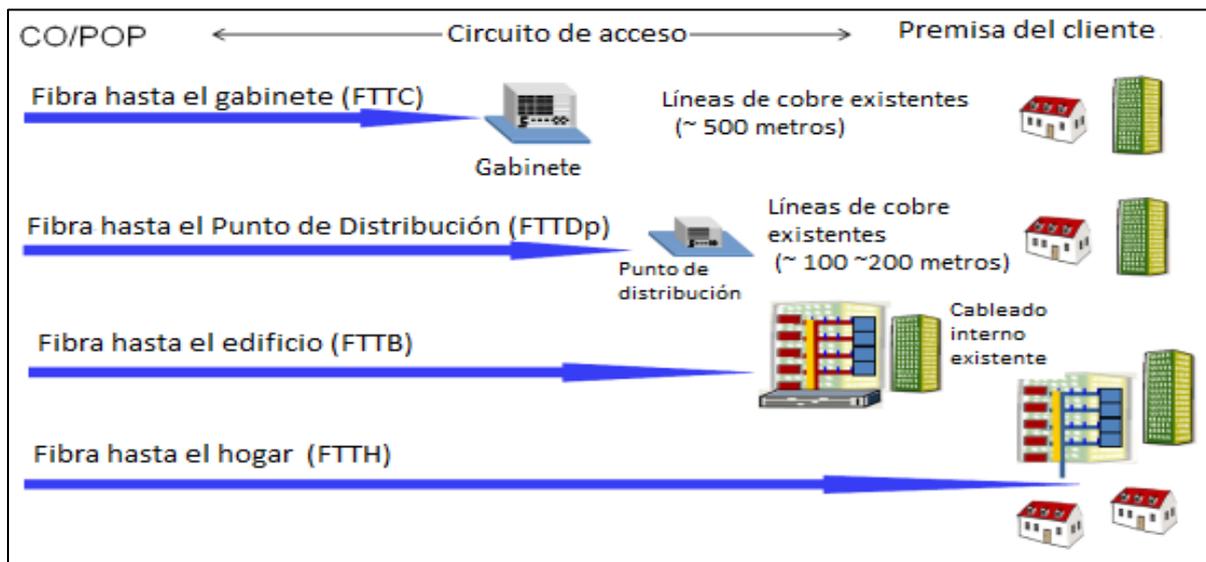
2.2.8 Sistema FTTx

Implementar tecnología PON con el fin de ofrecer conectividad de alta velocidad en la red de acceso a usuarios finales se le conoce como FTTx, donde x representa la proximidad del punto final de la fibra. La Figura 4 ilustra las configuraciones más conocidas, que son (G. Keiser, 2006):

- **FTTB (Fibra hasta el edificio):** En esta estructura PON la implementación de fibra óptica va desde el conmutador de la oficina central directamente a un edificio.
- **FTTC (Fibra hasta la acera):** La instalación de fibra óptica va desde la oficina central hasta un conmutador ubicado a aproximadamente 300 metros de un domicilio o edificio. Para establecer comunicación entre el equipo de la acera y los clientes generalmente se utiliza se emplea cable coaxial.
- **FTTH (Fibra hasta el hogar):** Implementación de una conexión de fibra óptica que se extiende desde la sede central hasta una residencia.
- **FTTN (Fibra hasta el vecindario):** En esta estructura PON, los cables de fibra óptica se expanden hasta 1 km de distancia de los hogares que son atendidos por la red.
- **FTTP, fibra hasta las instalaciones** incluyen implementaciones FTTB y FTTH. Una red FTTP puede emplear tecnologías BPON, EPON o GPON.

Figura 4

Diferentes tipos de redes FTTx



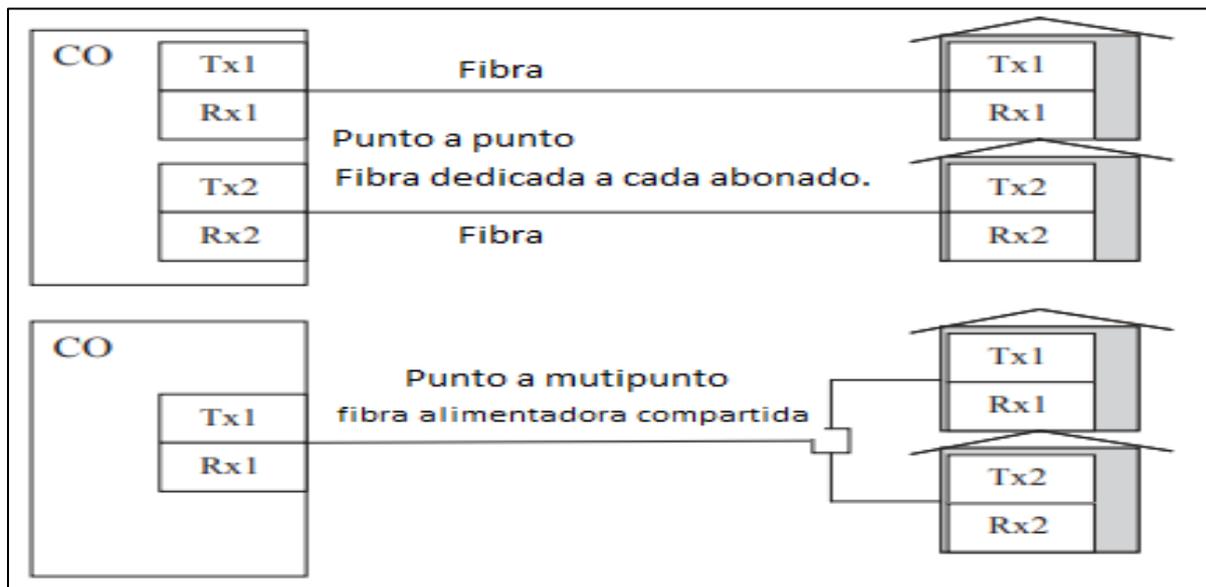
Nota. Adaptado de FTTH HANDBOOK EDITION 8 D&O COMMITTEE, 2018

2.2.9 Formas de distribución

Existen dos enfoques para proporcionar servicios de comunicación óptica a los usuarios en redes de acceso: conexión punto a punto (P2P) y punto a multipunto (P2MP), de acuerdo a lo representado en la Figura 5. En lo que respecta a la conexión punto a punto, cada usuario se conecta a una central mediante una fibra dedicada, lo que facilita la expansión de la red y permite un alcance de enlace largo, pero requiere un alto costo debido a la necesidad de puertos de fibra individuales para cada suscriptor. Sin embargo, para la mayoría de los clientes residenciales, los costos de mantener componentes activos en ambos extremos de una fibra son prohibitivos, ya que no se pueden aprovechar economías de escala como en las redes troncales. Por lo tanto, la opción preferida es P2MP, que comparte recursos como un transceptor en la central y una fibra de alimentación larga entre un grupo de suscriptores. Aunque es más rentable en términos de implementación y mantenimiento, requiere una gestión efectiva para asignar los recursos compartidos entre los suscriptores asociados (Winstein et al., 2012).

Figura 5.

Acceso de fibra P2P y P2MP



Nota. Adaptado de *The ComSoc guide to Passive Optical Networks*. Winstein et al. / IEEE Press 2012.

2.2.10 Estándares xPON

2.2.10.1 APON (Red Óptica Pasiva ATM)

Fue el pionero entre los estándares de redes pasivas, diseñado principalmente para aplicaciones empresariales y construido en torno a la transmisión de tráfico ATM

2.2.10.2 BPON (Red Óptica Pasiva de Banda Ancha)

Generalizado por G.983.1, G.983.2 y G983.2. Evolucionó a partir de APON, introduciendo mejoras significativas como la multiplexación por longitud de onda (WDM), lo cual condujo un notable aumento en la capacidad de ancho de banda disponible.

2.2.10.3 EPON (Red Óptica Pasiva Ethernet)

Se distingue por su capacidad para llevar tráfico Ethernet nativo en lugar del tradicional tráfico ATM, lo que conlleva mejoras en la optimización del tráfico IP, una mayor seguridad y el respaldo de velocidades de transmisión de datos más elevadas.

2.2.10.4 GPON (Red Óptica Pasiva Gigabit)

En la práctica, la velocidad que suelen implementar los fabricantes es de 2.488 Gbps para la transmisión descendente y de 1.244 Gbps para la transmisión ascendente. El estándar GPON está definido en las recomendaciones estandarizadas ITU-T G.984. Brinda un rango máximo de 20 kilómetros y tiene la capacidad de manejar hasta 64 usuarios por cada puerto GPON (Millán,2008).

La norma ITU-T G.984.x (donde x puede ser 1, 2, 3, 4, 5, 6), consiste en una recomendación extensa y altamente detallada que no solo establece pautas para la planificación de topologías GPON, también ofrece amplio enfoque para mejorar la utilización de recursos, y promueve diseños que minimizan la necesidad de trabajos posteriores a la construcción, detallada en la Tabla 2.

Tabla 2.

Recomendaciones ITU-T G.984.x

ITU-T G.984.x	FECHA	TÍTULO
ITU-T G.984.1	03/2008	Características generales
ITU-T G.984.2	08/2019	Especificación de la capa dependiente de los medios físicos
ITU-T G.984.3	01/2014	Especificación de la capa de convergencia de transmisión
ITU-T G.984.4	02/2008	Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica
ITU-T G.984.5	05/2014	Banda de ampliación
ITU-T G.984.6	03/2008	Extensión del alcance
ITU-T G.984.7	07/2010	Largo alcance

Nota. Datos obtenidos de la ITU-T G.984. Elaboración propia

2.2.11 Recomendaciones ITU estándar G652

Establece las características físicas, propiedades mecánicas y capacidades de transmisión de la fibra óptica monomodo. Se clasifica en diversas variantes o categorías, como A, B, C y D. Las características de la ITU-T G.652.D son semejantes a las de la ITU-T G.652.B, aunque esta última posibilita transmisiones en un intervalo de longitud de onda más extenso, que abarca desde 1260 nm hasta 1625 nm (ITU-T, 2016).

Las propiedades ópticas de la fibra G652D están representadas en la Tabla 3.

Tabla 3.

Características ópticas de la Fibra monomodo G.652.D

Parámetros ópticos	Fibra no cableada
Atenuación a 1310 nm	$\leq 0,35$ dB/Km
Atenuación a 1383 nm	$\leq 0,31$ dB/Km
Atenuación a 1550 nm	$\leq 0,21$ dB/Km
Atenuación a 1625 nm	$\leq 0,24$ dB/Km
Atenuación en 1285-1625 nm	$\leq 0,40$ dB/Km
Longitud de onda de corte	1302 - 1322 nm
Dispersión cromática en 1285 –1330 nm	$\leq 3,5$ ps/nm.Km
Dispersión cromática en 1550 nm	$\leq 18,0$ ps/nm.Km
Dispersión cromática en 1625 nm	$\leq 22,0$ ps/nm.K

Nota. Datos obtenidos de *Cables - network cables*, (s. f.). <https://www.cables.com/>

Dorian Pardo, en 2021, resume las siguientes características relacionadas con las longitudes de onda en una red:

- La longitud de onda de 1310 nm se emplea en el canal ascendente, que se extiende desde la ONT hasta la OLT, y en esta longitud de onda, la atenuación es de 0.35 dB/km.
- La longitud de onda de 1490 nm se utiliza en el canal descendente.
- La longitud de onda de 1550 nm se usa en el canal de descarga, que va desde la OLT hacia la ONT, y en esta longitud de onda, la fibra G652D tiene una atenuación de 0.22 dB/km.

- Se utiliza la longitud de onda de 1625 nm para realizar pruebas de diagnóstico en la red sin afectar la comunicación entre la ONT y la OLT.

2.2.12. Recomendaciones ITU estándar G657

Establece especificaciones técnicas para fibras y cables ópticos que son altamente resistentes a la flexión, lo que significa que pueden curvarse en radios de curvatura más pequeños sin que la calidad de la señal se degrade significativamente. Esto permite una instalación más flexible y eficiente de cables de fibra óptica en diversas aplicaciones, como en edificios. El objetivo principal es mejorar el rendimiento de flexión de fibras ópticas monomodo definidos en la UIT-T G.652. Pueden ser utilizadas en la red de acceso en un extenso intervalo de longitudes de onda, desde 1260 nm hasta 1625 nm.

2.3 Términos básicos

Atenuación: Reducción de la intensidad o potencia de una señal durante su transmisión a través de un medio o sistema, medida en decibelios (dB).

Empalme: Unión o conexión de dos cables o fibras ópticas para asegurar la continuidad de una señal o corriente eléctrica.

Fibra monomodo: Fibra óptica donde permite el viaje en un solo camino de la luz, de forma precisa y eficiente, por lo que la hace adecuada para transmitir datos a largas distancias.

Índice de refracción: Valor adimensional, que indica la disminución de la velocidad de la luz en el interior de un determinado medio.

OLT: Siglas en inglés Optical Line Terminal. Dispositivo en una red de fibra óptica ubicado en la oficina central del proveedor que controla y gestiona la red.

ONT: Siglas en inglés Optical Network Terminal. Dispositivo utilizado en redes de fibra óptica ubicados al extremo del usuario y se encarga de convertir señales ópticas en señales eléctricas.

ITU: Organización internacional que trabaja para fomentar la colaboración y el desarrollo de las telecomunicaciones a nivel global.

ITU-T: Sector de Normalización de Telecomunicaciones de la ITU encargada de desarrollar y establecer estándares técnicos globales para las tecnologías de la información.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

En este capítulo, se presenta una descripción detallada del problema a resolver, se explica la metodología de manera detallada y el modelo de solución propuesto, el cual comprende las siguientes etapas: Estudio previo, despliegue y validación de la red.

3.1. Determinación y análisis del problema

Actualmente, se ha experimentado un notable aumento en la demanda de conectividad a Internet, ya que es esencial para llevar a cabo actividades educativas, laborales y de atención médica. Dado que la calidad de los servicios de telecomunicaciones es un factor crucial para la satisfacción de los usuarios, los operadores de telecomunicaciones deben considerar seriamente implementar tecnologías como FTTB o FTTH (Fibra a tu casa). Estas tecnologías permiten la entrega de conexiones de internet de alta velocidad y mayor estabilidad al utilizar fibra óptica directamente hasta el edificio o hasta el hogar del usuario. Esto contribuye a mantener y mejorar la calidad de los servicios en el distrito, asegurando una experiencia óptima para los residentes de Santiago de Surco.

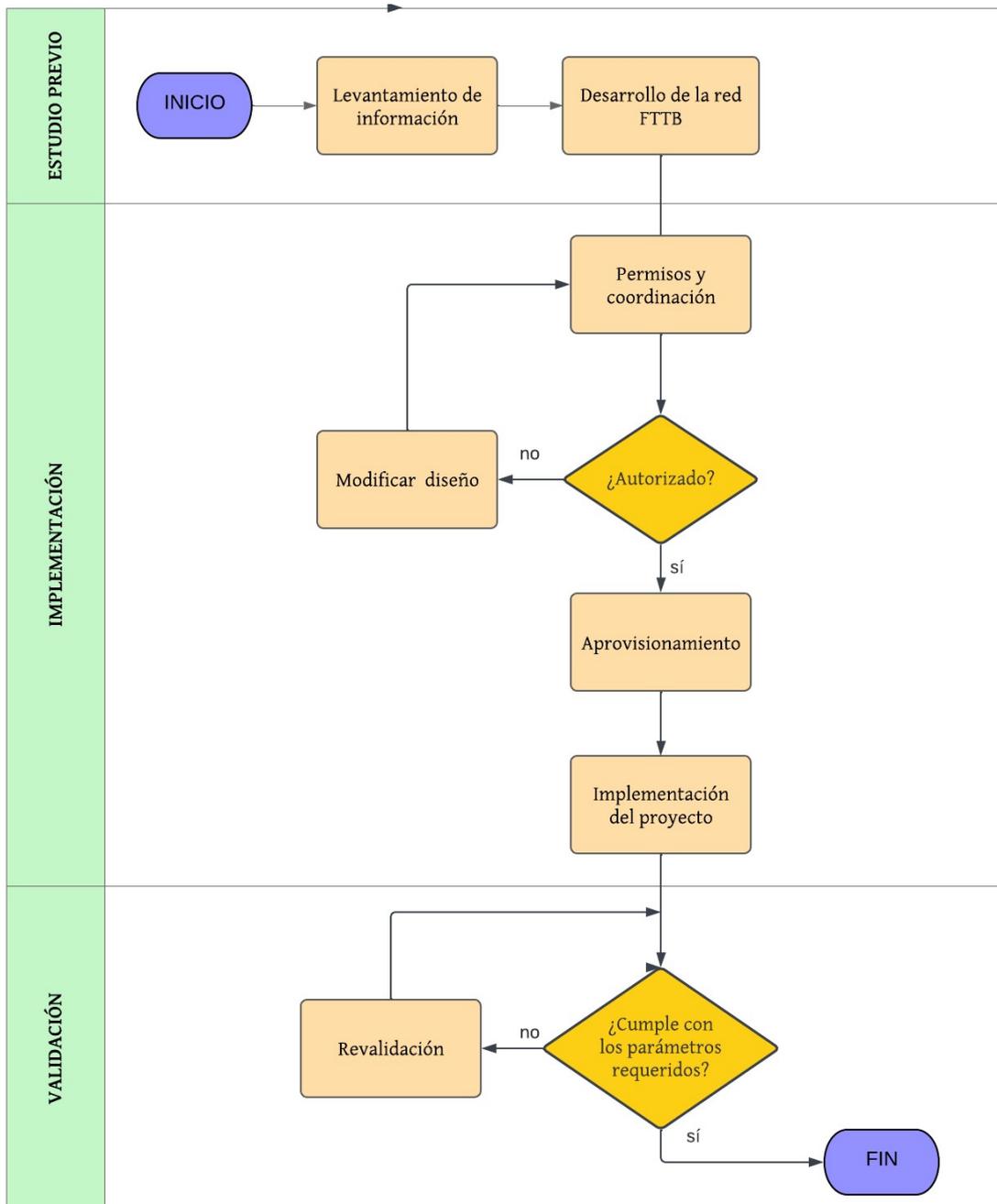
La problemática en el condominio Recoleta se debe a la demanda de una mejora en la conectividad de internet en los hogares, ya que enfrentaban problemas como lentitud de la conexión o interrupciones frecuentes debido a la infraestructura obsoleta, como el uso de cables de cobre, HFC. Dado lo expuesto, la operadora de telecomunicaciones se plantea la interrogante de cómo llevar a cabo la implementación de una red de mayor capacidad de banda ancha con el fin de ofrecer servicios de datos en el condominio Recoleta, ubicado en el distrito de Santiago de Surco, para ello contrata los servicios de la empresa Higher Peru para la implementación de dicha red bajo el proyecto FTTB PangeaCo Huawei.

3.2 Modelo de solución propuesto

Incluye la ejecución de la red FTTB por parte del operador de telecomunicaciones, y esta implementación abarca las siguientes etapas: Estudio previo, despliegue y validación de la red, representada en la Figura 6.

Figura 6

Diagrama de flujo del proyecto FTTB



Nota. Elaboración propia.

3.2.1. Estudio previo del proyecto

3.2.1.1 Levantamiento de información

Para llevar a cabo la planificación del proyecto, resulta fundamental recolectar información acerca de la infraestructura ya existente y la cantidad de departamentos por edificios que cuenta el condominio. En este sentido, un personal de campo se encarga de recabar datos relacionados con la infraestructura interna y externa que está en funcionamiento actualmente.

3.2.1.2 Zona de despliegue y cantidad de bloques del condominio

La implementación de la red FTTB se llevó a cabo en el condominio Recoleta, situado en la avenida Encalada 1202, en el distrito de Santiago de Surco, Lima. La Figura 7 ilustra la posición geográfica del condominio. La zona en la que se ubica el condominio, objeto de este trabajo, se encuentra en una zona de la ciudad que ha sido modernizada, lo cual dispone de infraestructuras subterráneas, canalizadas, que facilitan la implementación de conexiones desde la central hacia los edificios del condominio. La distribución de los edificios del condominio, conformada por 6 bloques, se muestra en la Figura 8.

Debido a que la urbanización se construyó cumpliendo con las regulaciones de la normativa EM.020 (Instalaciones de comunicaciones), todos los trabajos de construcción civil relacionados con la canalización ya han sido completados. Por lo que solo se requiere satisfacer las necesidades de materiales para llevar a cabo la instalación de la red, partiendo desde la infraestructura del buzón de servicio que alberga la toma de servicios, conocido como CTO 0 o mixto.

Figura 7.

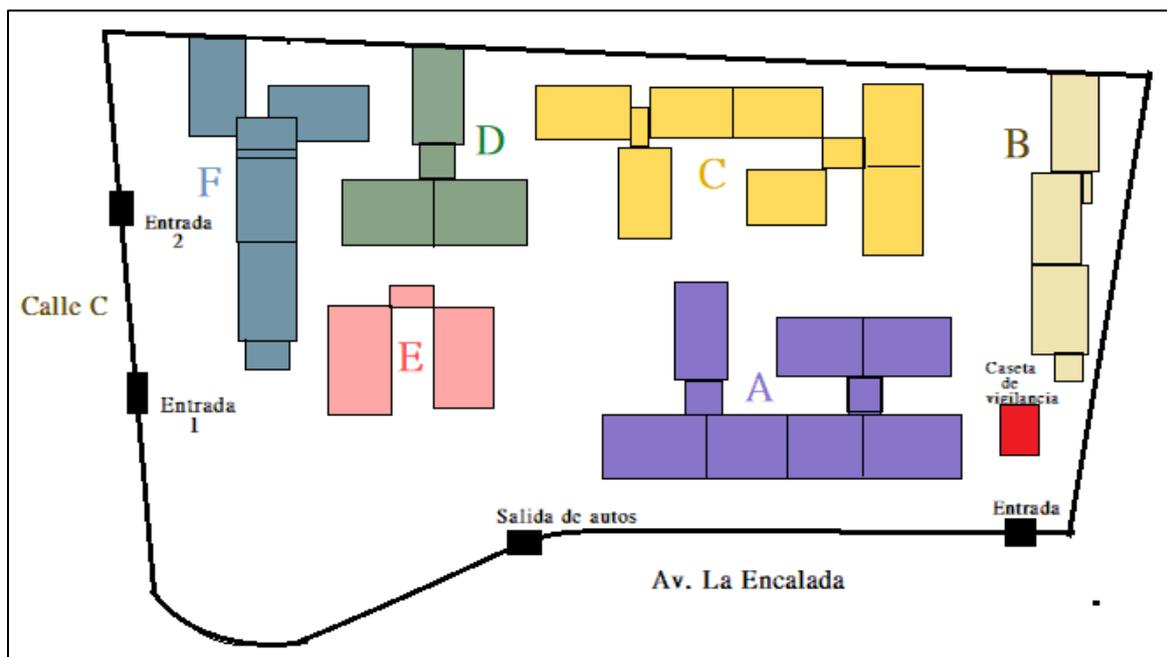
Situación geográfica



Nota. Obtenido de Google Earth.

Figura 8.

Área de implementación de la red FTTB, del condominio Recoleta



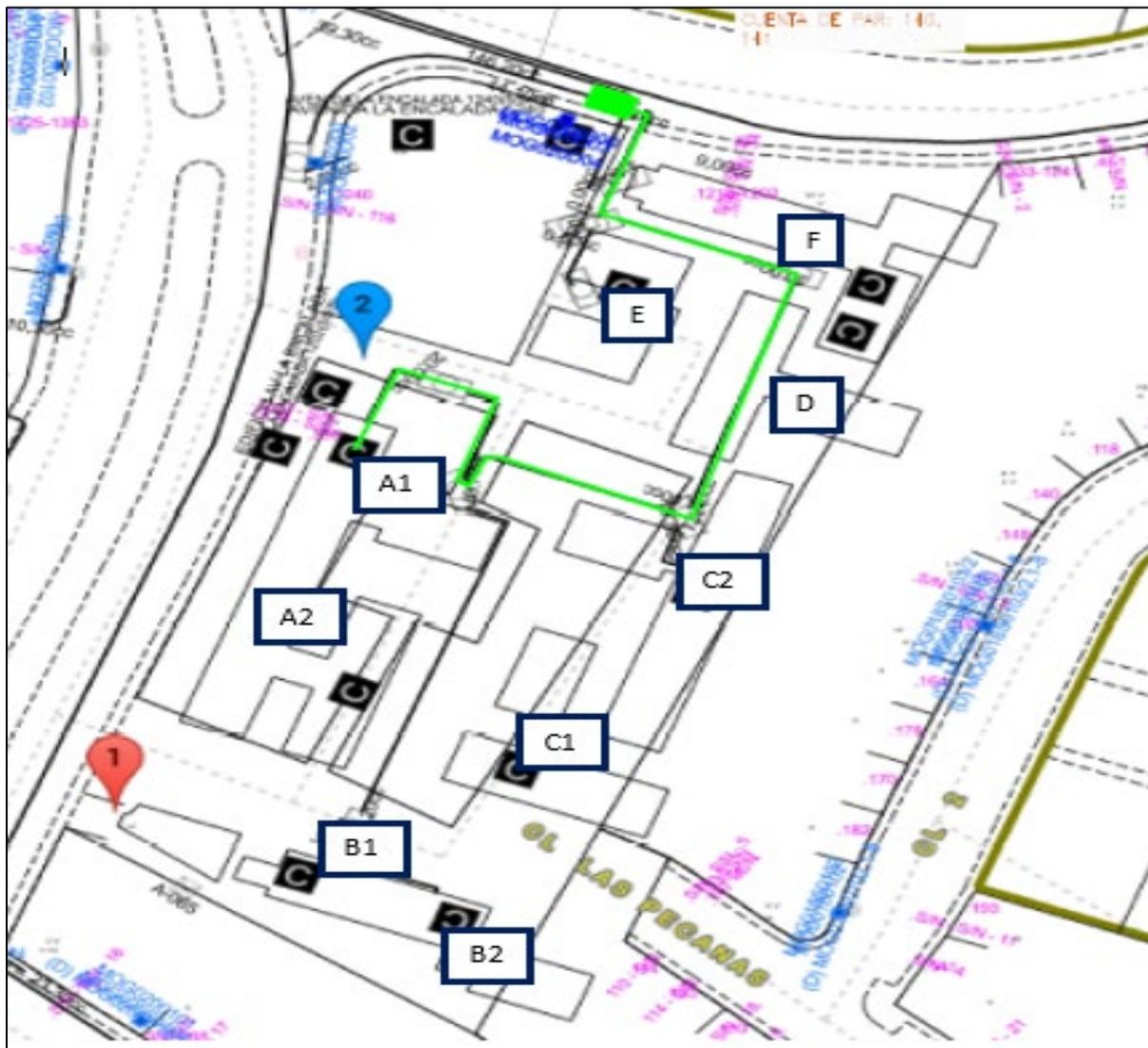
Nota. Elaboración propia.

3.2.1.3 Dimensionamiento de despliegue de la red

De acuerdo a lo mencionado previamente, para la implementación de la red FTTB en el condominio se lleva a cabo en un total de 6 bloques, de los cuales se subdivide de acuerdo con la representación en la Figura 9 y se especifica en detalle en la Tabla 4. Se considera un despliegue para el 70% de usuarios, con un total de 125 departamentos.

Figura 9.

Bloques para el despliegue de red FTTB del condominio Recoleta.



Nota. Plataforma de la operadora Telefónica del Perú

Tabla 4.*Cantidad de departamentos por bloque*

Bloque	Sub - bloque	Cantidad de pisos	Cantidad de departamentos
A	A1	5	15
	A2	5	20
B	B1	5	5
	B2	5	10
C	C1	5	20
	C2	5	15
D	D	5	15
E	E	5	10
F	F	5	15

Nota. Elaboración propia

3.2.1.4 Desarrollo de la red FTTB.

En esta fase se desarrollan los tipos de red que conforman el proyecto FTTB. La Figura 10 representa la estructura de la red FTTB, conformada por la oficina central, la red de alimentación y distribución. En relación al despliegue de la red FTTB, debemos considerar que el despliegue empieza desde la toma de servicio, CTO 0 o mixto, por lo que abarcaría la red de distribución.

En la Figura 11 se observa el esquema de la Red FTTB de Distribución CTO-0, el cual es el despliegue que abarca el presente proyecto. Para ello se ha considerado los siguientes puntos:

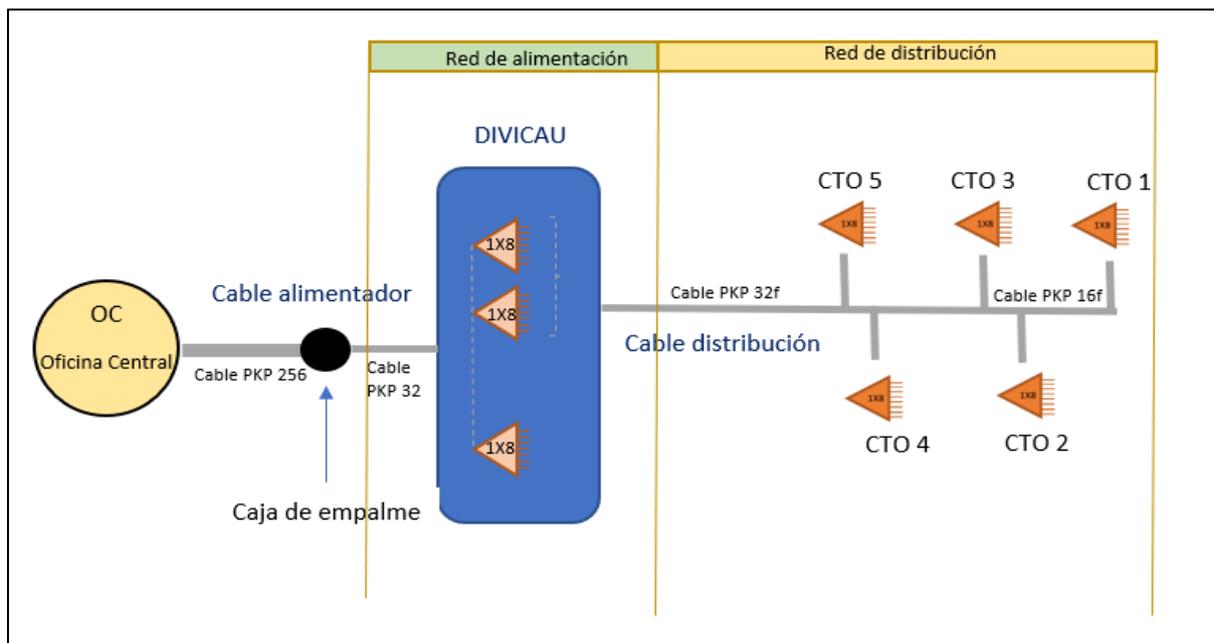
- Ubicación de CTOs, splitters y caja de empalme.
- Red de distribución.
- Despliegue de la fibra óptica en la red de distribución

Para la red de distribución se considera utilizar cable monomodo PKP y Riser de 16 hilos cada una. Formando una topología distributiva desde la toma de servicios

hasta el buzón central ubicado dentro del condominio, donde se realizó la caja de empalme, se considera el uso del cable PKP en esta parte del despliegue. El uso de la caja de empalme permite optimizar el espacio, considerando que dicho buzón es usado como punto central de todas las operadoras. Además, ayuda a reducir la necesidad de materiales adicionales, brinda mayor accesibilidad y organización de la bandeja, nos permite trabajar con 1 entrada de alimentación y 7 salidas. Esto es especialmente útil cuando los buzones ya cuentan con instalaciones de otros servicios, lo que limita el espacio disponible en las cajas terminales ópticas. Desde la caja de empalme se implementa una topología de tipo estrella con el propósito de abarcar todos los bloques, y se emplea cable Riser para garantizar una alta resistencia a la flexión, lo que posibilita curvar el cable en radios más reducidos sin que la calidad de la señal se vea comprometida. Esto se realiza teniendo en cuenta las limitaciones de espacio que presenta el buzón central del condominio.

Figura 10

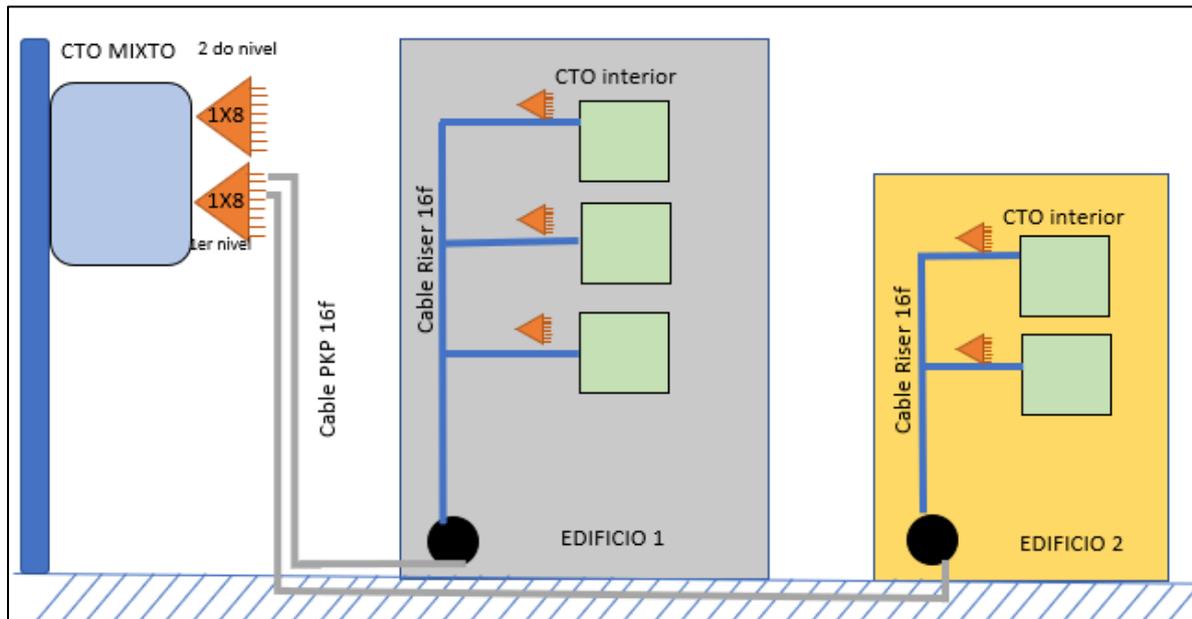
Esquema representativo del proyecto FTTB



Nota. Elaboración propia.

Figura 11.

Esquema de la Red FTTB de Distribución CTO 0



Nota. Elaboración propia.

3.2.2. Implementación del proyecto

3.2.2.1. Aprovisionamiento del proyecto

Basándonos en la información recopilada durante la fase de levantamiento de información, procedemos a realizar la preparación de los materiales necesarios para implementar la red FTTB. Esta etapa comienza con la elección de la caja de distribución adecuada.

Tras analizar los resultados del levantamiento de información, se ha notado que en cada bloque del condominio hay una baja concentración de departamentos. Por esta razón, se ha decidido seleccionar cajas de empalme con capacidad para 8 salidas, detallado en la Tabla 5.

Tabla 5.*Elección sobre la caja de empalme.*

Caja de empalmes	Característica
De 8 salidas	Se utiliza cuando la necesidad de viviendas en una determinada área es reducida.
De 16 salidas	Se utiliza cuando la necesidad de viviendas en una determinada área es alta

Nota. Telefónica del Perú emplea las cajas terminales ópticas en ambos modelos mencionados en la tabla. Elaboración propia

Para la instalación a partir del punto de la toma de servicios, se utiliza cable de monomodo con 16 hilos de tipo PKP y cable riser, dado que la zona presenta una demanda reducida de departamentos. En la Tabla 6 se detalla las características principales de los tipos de cable monomodo a utilizar.

Tabla 6.*Fibra óptica para la red de distribución.*

Tipo de cable	Fabricante	Modelo	Clase
PKP	Fiber Home	Cable FO 16f	Monomodo
RISER	Fiber Home	Cable FO 16f	Monomodo

Nota. Datos obtenidos del área de campo. Elaboración propia.

Los divisores ópticos desempeñan un papel fundamental en la red ODN al permitir la distribución de servicios a múltiples usuarios dentro del condominio. Para este despliegue específico, se han optado por divisores ópticos que siguen una topología P2MP. Como resultado, se ha seleccionado el divisor óptico detallado en la Tabla 7 para el proyecto.

Tabla 7.

Divisor óptico en la red FTTB

Fabricante	Diseño	Clase	Longitud de onda de funcionamiento
Fiber Home ALT	Conectorizado en la salida PLC	1:8	1260-1650 nm

Nota. Datos obtenidos del área de campo.

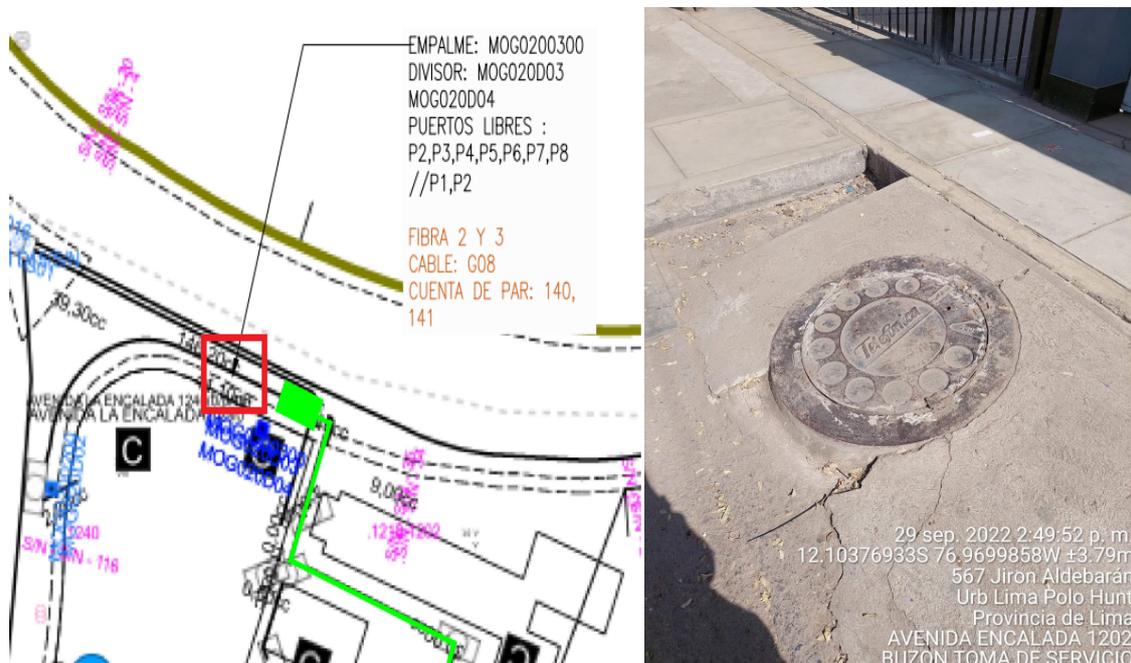
Otro elemento pasivo de notable importancia es la caja de terminación óptica, la cual se emplea para establecer conexiones entre nodos y enlaces que conectan diferentes sitios.

3.2.2.2. Ubicación de la toma de servicios.

La instalación empieza desde la toma de servicios, ubicada en una cámara subterránea, como se ilustra en la Figura 12. En este punto, se encuentra el CTO principal que se utilizará para implementar la red.

Figura 12.

Ubicación de la toma de servicios



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.3. Asignación de Nomenclatura de equipos.

Se procede a establecer una nomenclatura para identificar las cajas terminales ópticas del área donde se realizará la implementación de la red FTTB, basándose en la información proporcionada en la Tabla 8.

Tabla 8.

Identificación de código asignado a las cajas terminales ópticas.

Nomenclatura de CTO según diseño	
CTO 0 - Toma de servicios	<ul style="list-style-type: none">• Nodo (XX) + Tipo de Red (PXX)• Octetos (XXX)• Posición del Hilo en el Octeto (X)• Número de CTO cliente (X)
CTO internos	<ul style="list-style-type: none">• Nodo (XX) + Divicau (GXX)• Divisor de CTO_0 (DXX)• Puerto del divisor (PX)• Cable Dist., Sec & N° PKP (PSx-x)• Número de Hilo (Fx)• Número de CT (0x)

Nota. Elaboración propia.

Siguiendo lo indicado en la Tabla 7, se detalla la nomenclatura de los CTO de acuerdo al proyecto FTTB realizado en el condominio Recoleta, detallado en la Tabla 9.

Tabla 9.*Nomenclatura de las cajas terminales ópticas de la red FTTB.*

Nomenclatura	
CTO 0 - toma de servicios.	MO-G20 S01-F31/F30 00 12-D03 / 13-D04
CTO bloque A1	MO-G20 D04-P 1 S01-2-F8 01
CTO bloque A2	MO-G20 D03-P 5 S01-2-F4 05
CTO bloque B1	MO-G20 D03-P 2 S01-2-F1 02
CTO bloque B2	MO-G20 D03-P 3 S01-2-F2 03
CTO bloque C	MO-G020 D03-P 6 S0 1-2 – F 5 06
CTO bloque D	MO-G20 D04-P4/P5 S0 1-2 – F 11/12 04/05
CTO bloque E	MO-G20 D04-P 8 SO 1-2 – F 15 08
CTO bloque F	MO-G20 D04-P 6/P7 SO 1-2 – F 13/14 06/07

Nota. Elaboración propia.

3.2.2.4. Topología desde la toma de servicios hasta la caja de empalme.

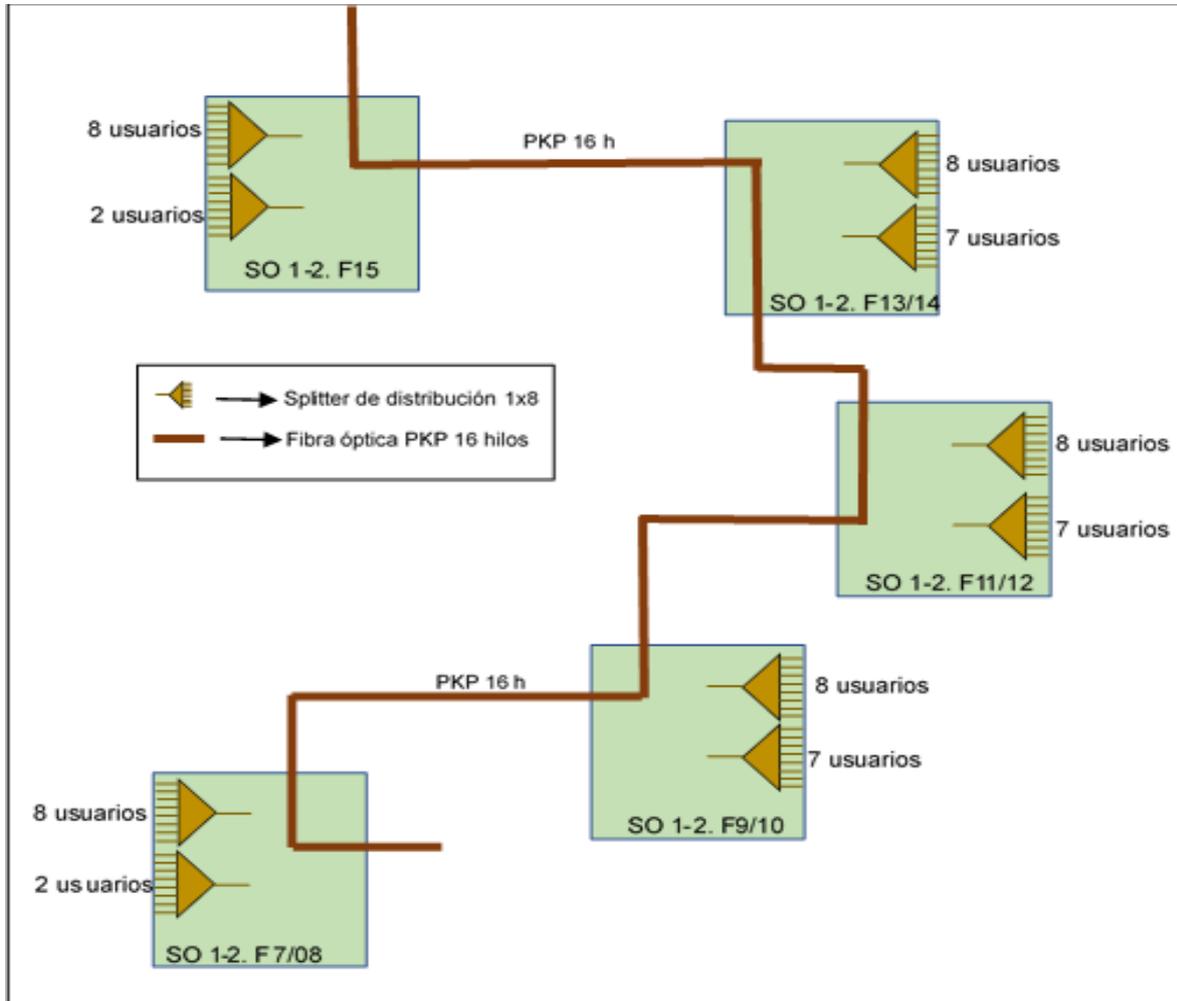
De la toma de servicios se extiende un cable que contiene 16 hilos con el propósito de distribuir la conexión a todas las unidades del condominio. Donde:

- El hilo 15 y 16, entra a la caja terminal óptica SO 1-2 F15.
- El hilo 13 y 14, entra a la caja terminal óptica SO 1-2 F13-14.
- El hilo 11 y 12, entra a la caja terminal óptica SO 1-2 F11-12.
- El hilo 9 y 10, entra a la caja terminal óptica SO 1-2 F09-10.

- El hilo 8 y 7, entra a la caja terminal óptica SO 1-2 F07-08.

Figura 13.

Topología de la toma de servicios hasta la caja de empalme



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la Figura 13, la distribución de la red queda de la siguiente manera:

- Del CTO SO 1-2 F15, los splitters distribuyen a 10 abonados en total.
- Del CTO SO 1-2 F13-14, los splitters distribuyen a 15 abonados en total.
- Del CTO SO 1-2 F11-12, los splitters distribuyen a 15 abonados en total.
- Del CTO SO 1-2 F09-10, los splitters distribuyen a 15 abonados en total.
- Del CTO SO 1-2 F07-08, los splitters distribuyen a 10 abonados en total.

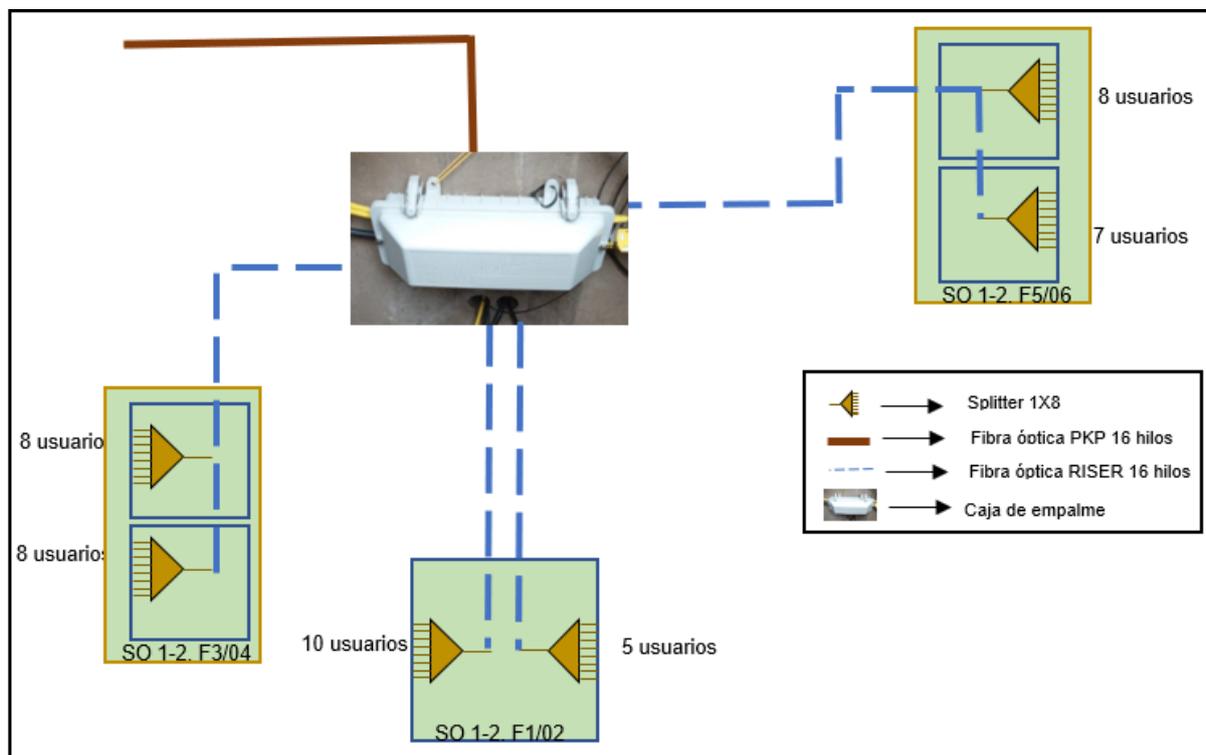
3.2.2.5. Topología desde la caja de empalme hacia los bloques restantes.

Ingresa el cable PKP hacia la caja de empalme, ya viendo usado 9 hilos, quedan libres 6, se realiza el empalme directamente a los hilos del riser ubicado dentro de la caja de empalme. Luego la conexión continúa a lo largo del trayecto, estos quedando empalmado de la siguiente manera:

- El hilo 5 y 6, entra a la caja óptica de empalme SO 1-2 F5-06.
- El hilo 3 y 4, entra a la caja óptica de empalme SO 1-2 F3-04.
- El hilo 1 y 2, entra a la caja óptica de empalme SO 1-2 F1-02.

Figura 14.

Topología desde la caja de empalme hacia las CTOs.



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la Figura 14, la distribución de la red a partir del splitter situado en la caja de empalme es la siguiente:

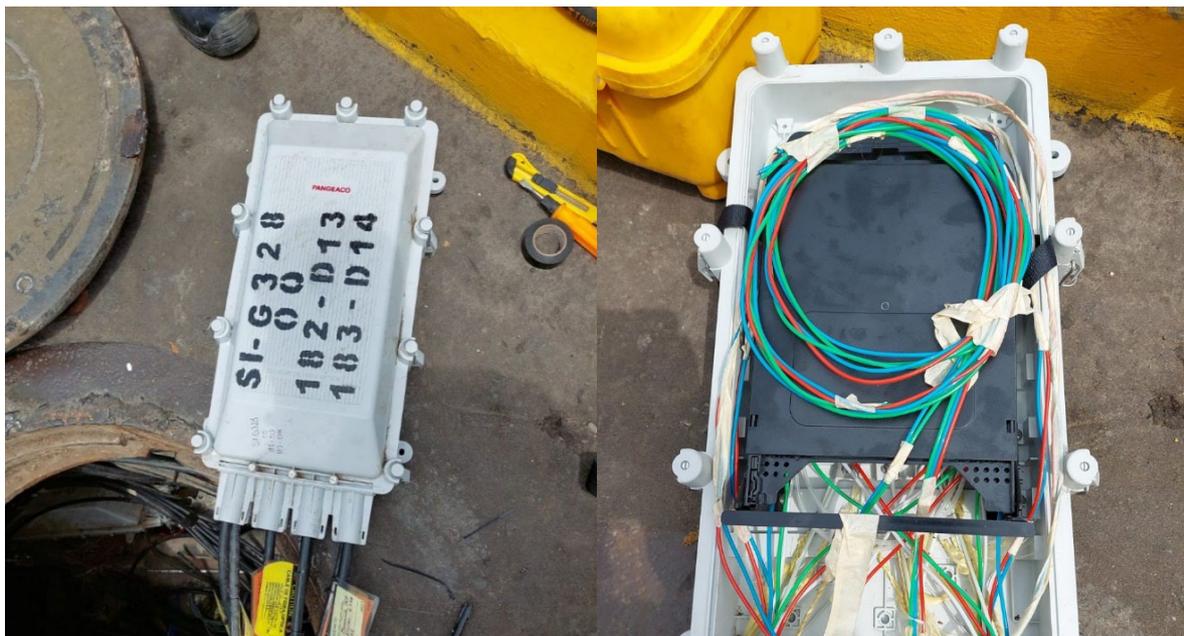
- De los splitters ubicado en CTO SO 1-2 F5-06; distribuye a 15 abonados.
- De los splitters ubicado en CTO SO 1-2 F3-04; distribuye a 16 abonados.
- De los splitters ubicado en CTO SO 1-2 F1-2; distribuye a 15 abonados.

3.2.2.6. Implementación de la red de distribución

La fase de implementación de la red de distribución comienza desde la toma de servicio, la cual fue posicionada durante el despliegue de la red de alimentación. En la Figura 15, se muestra el retiro del CTO con el propósito de llevar a cabo la fusión de fibra en la red de distribución.

Figura 15.

Toma de servicios, inicio de la red de distribución.



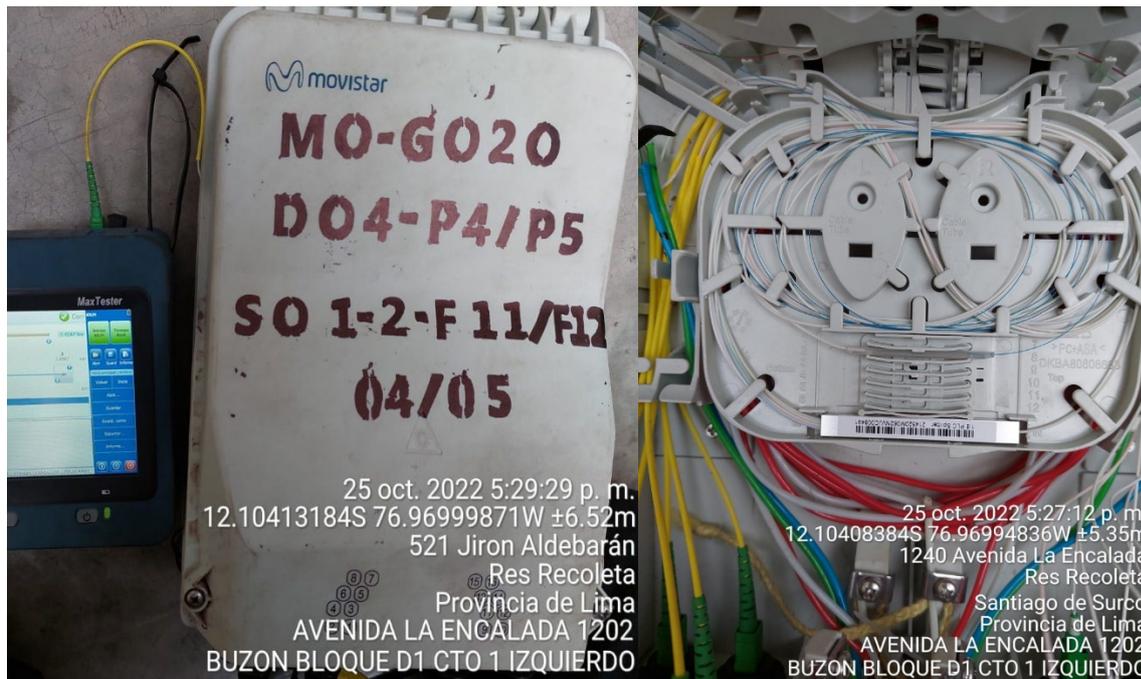
Nota. Elaboración propia

Concluidas las fusiones de los 15 hilos de fibra, se realiza el acondicionamiento de la caja terminal óptica 0 en el buzón de la toma de servicios. Continúa con el tendido de cable PKP de 16 hilos hacia el buzón N° X, donde se conecta con las cajas terminales ópticas secundarias, distribuidos en puntos estratégicos.

Una vez que se ha completado la instalación de la red de distribución, se procede a etiquetar las cajas utilizando las designaciones específicas de las nomenclaturas del proyecto, tal como se ilustra en la Figura 16. En el siguiente procedimiento, se lleva a cabo una verificación para asegurarse de que el despliegue cumple con los estándares establecidos por la operadora.

Figura 16.

Rotulación de la caja óptica respecto a las nomenclaturas.



Nota. Elaboración propia

3.2.3 Validación de la red FTTB

Una vez completada la implementación de la red, se llevan a cabo las mediciones y pruebas de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 10.

Tabla 10.

Pruebas de medición destinadas a validar la ejecución del proyecto FTTB.

Pruebas	Detalle
Atenuación a 1490 y 1550 nm	Medición del último CTO de cada nodo.
Medición Reflectrométrica (OTDR)	Medición llevada a cabo en cada puerto de la CTO

Nota. Evaluaciones requeridas por Telefónica del Perú. Elaboración propia

La medición se efectúa en cada CTO en la dirección hacia la oficina central, y debe cumplir con los parámetros de aceptación establecidos, tal y como se especifica en la Tabla 11.

Tabla 11.

Rango de aceptación de potencia en decibelios (dBm)

Parámetro	Rango
1490 nm OLT	Desde -24 dBm hasta -17 dBm
1550 nm VIDEO	Desde 1 hasta -5dBm

Nota. El rango de aceptación de la operadora Telefónica.

Se realiza la prueba con el Power Meter en dBm en la CTO más lejana del condominio respecto a la toma de servicio, según se observa en la Figura 17.

Figura 17.

Dispositivo de medición de potencia desde CTO del BLOQUE B1.

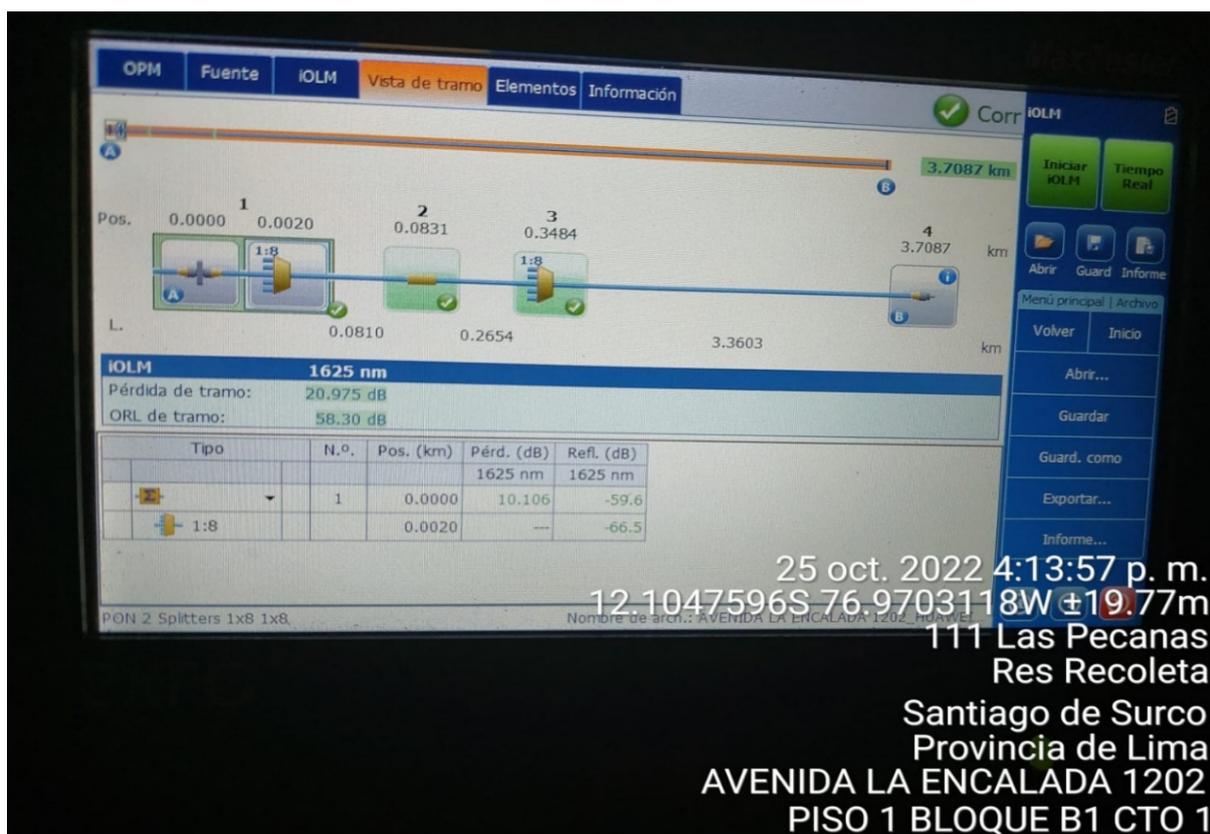


Nota. Potencia adecuada en el CTO, dentro de los rangos autorizados por el proveedor de servicios Telefónica del Perú. Elaboración propia.

Después de efectuar las mediciones de potencia, llevamos a cabo la verificación de la red utilizando iOLM desde la CTO, siguiendo los criterios de aceptación establecidos de acuerdo a los estándares definidos en la ITU-T 984.x. Se establece la configuración de la IOLM de acuerdo a los criterios de aceptación y se procede a medir los parámetros. Los resultados se detallan en la Figura 18, que corresponde a la caja CTO del BLOQUE B1 en dirección a la oficina central.

Figura 18.

Validación de la red FTTB en el CTO del Bloque B1 con el iOLM



Nota. Elaboración propia.

Para concluir, se verifica la efectividad de la red FTTB instalada en el condominio Recoleta como parte del proyecto y se realiza un proceso similar de validación en los restantes nodos.

3.3 Resultados

Se realizaron cálculos con el propósito de analizar los aspectos técnicos, considerando la atenuación debida a diversos factores que provocan pérdidas en la red, con el objetivo de determinar si se mantienen dentro de los parámetros técnicos requeridos para que la red FTTB pueda ser puesta en funcionamiento. Estos cálculos se expresan en decibeles (dB) y determinan si el alcance de la red cumple con los requisitos técnicos necesarios para su implementación.

Se empleó la siguiente fórmula para calcular la atenuación en la red:

$$At_{max} = At_{conec} + At_{emp} + N_{splitter(i)} * At_{splitter(i)} + L_{máx} * At_{cable}$$

Donde:

- At_{max} : Pérdida máxima de señal
- At_{conec} : Atenuación de conectores
- At_{emp} : Atenuación de empalmes
- $At_{splitter(i)}$: Atenuación en splitter
- At_{cable} : Atenuación de la fibra

A continuación, se proporcionan los valores de atenuación que deben tenerse en cuenta:

- Atenuación de la fibra óptica en longitud de onda de 1625 nm: 0.24 dB por kilómetro.
- Atenuación de los conectores: 0.22 dB.
- Atenuación en el empalme de conexión: 0.05 dB.
- Pérdida en el splitter 1x8: 10.05 dB.

Tabla 12.*Atenuación por bloques de los enlaces de la red FTTB.*

Bloque	At conec	At emp	N	At splitter	Lmáx	At cable	At máx
A1	0.22	0.05	2	10.05	3.6373	0.24	21.24295
A1	0.22	0.05	2	10.05	3.6432	0.24	21.24437
A2	0.22	0.05	2	10.05	3.6832	0.24	21.25397
B1	0.22	0.05	2	10.05	3.7087	0.24	21.26009
B2	0.22	0.05	2	10.05	3.7087	0.24	21.26009
C1	0.22	0.05	2	10.05	3.6219	0.24	21.23926
C1	0.22	0.05	2	10.05	3.6959	0.24	21.25702
D1	0.22	0.05	2	10.05	3.4484	0.24	21.19762
D1	0.22	0.05	2	10.05	3.4587	0.24	21.20009
E1	0.22	0.05	2	10.05	3.4025	0.24	21.18660
F2	0.22	0.05	2	10.05	3.4638	0.24	21.20131
F2	0.22	0.05	2	10.05	3.4587	0.24	21.20009

Nota. Elaboración propia.

Los resultados de las pérdidas de atenuación de los enlaces en la Tabla 12 se sitúan dentro de los límites aceptables establecidos por la operadora de telecomunicaciones de clase B+, con un rango que abarca desde -13dB hasta -28dB, los cálculos previamente presentados indican que la atenuación mínima es de -21.187dB y la máxima es de -21.26dB. Esto demuestra que las pérdidas se encuentran dentro del rango de la clase, lo que proporciona un margen de seguridad de +6.74dB que puede ser utilizado en caso de atenuaciones adicionales.

Esto significa que las pérdidas de atenuación se encuentran en un rango adecuado que cumple con los estándares requeridos, lo que es fundamental para garantizar una transmisión de señal confiable y eficaz a lo largo de los enlaces. Estos resultados son consistentes con las expectativas y especificaciones de la operadora.

CONCLUSIONES

1. Se realizó la implementación de la red FTTB en el condominio Recoleta en el distrito de Santiago de Surco considerando una cobertura del 70% de usuarios cumpliendo con las normativas vigentes de estándares establecidos tanto por el operador como por las entidades reguladoras.
2. Se validó la implementación de la red a través de pruebas reflectométricas, garantizando el correcto estado de la red. Además, se realizó el cálculo de las pérdidas de atenuación en los enlaces ópticos de la red FTTB cumpliendo con el rango aceptable por la operadora.
3. Se calculó las atenuaciones desde la OLT hasta las cajas de dispersión, considerando un rango de operación de -13dB a -28dB, se determinó que la atenuación mínima es de -21.187dB y la máxima es de - 21.26dB. Esto significa que las pérdidas se encuentran dentro del rango, lo que proporciona un margen de seguridad de +6.74dB que puede utilizarse para compensar cualquier pérdida adicional.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para garantizar la escalabilidad de la red, dejar hilos libres como reserva para adaptarse a la demanda creciente a medida que más usuarios requieran servicios de comunicaciones ópticas. Esto asegura una inversión a largo plazo y una mayor satisfacción de los clientes al evitar la congestión de la red.
2. Para futuros trabajos se recomienda considerar estrategias de contingencia para abordar posibles fallos en la red, como rutas de respaldo y sistemas de recuperación.
3. Realizar evaluaciones periódicas del rendimiento y la satisfacción del cliente para identificar áreas de mejora y optimización.
4. Se debe asegurar de que los conectores estén limpios y en buen estado ya que es esencial para el rendimiento de la red. Esto se debe a que la contaminación de los conectores es el factor predominante detrás de las fallas en las redes de fibra óptica en la actualidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- España, M. C. (2005). *Comunicaciones ópticas: conceptos esenciales y resolución de ejercicios*. España: Díaz de Santos.
- Ramírez, S. (2019). *Diseño de una red de FTTH para el acceso de banda ancha en el condominio Galilea - Castilla, utilizando tecnología GPON*.
<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1962?show=full>
- Quintanilla, J. y Cifuentes, E. (2022). *Diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de Internet en el distrito de Ayacucho Provincia de Ayacucho, 2022*.
- Martínez, D. (2021). *Diseño de una red de acceso PON FTTH para un bloque de edificios por interior*.
- Pachas, M. (2018). *Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino*.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13945?show=full>
- Fernández, Ismael (2018). *Diseño de una red de fibra óptica FTTH para un bloque de edificios*. Universidad de Valladolid.
- Pardo, D. (2021). *Estudio para el diseño de una red de acceso GPON, para la ciudad de Loreto en la provincia de Orellana*. Caso de estudio la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP.
- Millán, R. (2008). *GPON (Gigabit Passive Optical Network)*, España.
- Stephen B. Weinstein, Yuanqiu Luo, Ting Wang, *the ComSoc Guide to Passive Optical Networks: Enhancing the Last Mile Access*, IEEE, 2012.
- López, E. (2013). *Divisores Ópticos (splitters) en FTTH*.

Tronco, T y Aavila, L. (2007). *Fundamentos de Comunicaciones ópticas*, 1ed.
Campinas: Unicamp.

OSIPTEL: *Perú reportó más de 1.2 millones de conexiones a internet fijo con fibra óptica al cierre de 2022*. (s. f.).

Telefónica. (2023). *La era de las alianzas: un nuevo camino para América Latina*.

Misión – telefónica Perú. (s. f.). <https://telefonica.com.pe/nosotros/mision/>

Microwave photonics. (2009, 1 febrero). IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/4785283>

G. Keiser, *FTTX Concepts and Applications*, New Jersey: John Wiley & Sons, 2006.

Gallardo Vázquez, S. (2015). *Elementos de Sistemas de Telecomunicaciones* (1.a ed.). Ediciones Paraninfo.

Cables - network cables, HDMI, fiber optic cables, outdoor cables, Cat5, Cat6, Ethernet cable, power cords. (s. f.). <https://www.cables.com/>

Tsbmail. (s. f.-a). G.652: Characteristics of a single-mode optical fiber and cable.
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/en>

Tsbmail. (s. f.). G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits:
Características generales. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>

Tsbmail. (s. f.-a). G.657: Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657/es>

ANEXOS

Anexo 1. Pruebas de iOLM

Informe de iOLM

✔ Correcto

Información general

Nombre de archivo:	AVENIDA ENCALADA 1202_HUAWEI_AZOTEA CTO 5.iolm	Cliente:	AVENIDA ENCALADA 1202
Fecha de la prueba:	25/10/2022	Empresa:	HUAWEI
Hora de la prueba:	05:54:20 p.m.		
ID de trabajo:	AZOTEA CTO 5		
Comentarios:			

Ubicaciones

	Ubicación A	Ubicación B
Operario		
Modelo	MAX-730C-SM2-OPM2-EA	
Número de serie	1589101	
Fecha de calibración	28/04/2022 (UTC)	

Identificadores

Cable ID	Fiber ID
AZOTEA	CTO1

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 3.6219 km
 Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	21.228	61.74

Vista de tramo

Pos. 0.0000 1 0.0013 2 0.2030 3 3.6219 km

L. 0.2017 3.4189 km

Tabla de elementos

Tipo	N.º	Pos./L. (km)	Pérdida (dB)		At. (dB/km)	Pérdida acumul (dB)
			1625 nm	1625 nm		
Grupo	1	0.0000	10.294	-63.9		10.294
+ Conector	Ⓐ	0.0000	---	-68.1		---
+ Divisor 1:8		0.0013	---	-63.9		---
Sección		0.2017	0.040		---	10.334
Divisor 1:8	2	0.2030	10.210	-67.9		20.544
Sección		3.4189	0.684		0.200	21.228
Conector	Ⓑ	3.6219	---	---		---

• Para medir la pérdida de punta a punta y ORL, incluyendo el último elemento, se necesita una fibra de recepción.

Anexo 2. Pruebas de iOLM

Informe de iOLM

✔ Correcto

Información general

Nombre de archivo:	AVENIDA ENCALADA 1202_HUAWEI_AZOTEA CTO 4.iolm	Cliente:	AVENIDA ENCALADA 1202
Fecha de la prueba:	25/10/2022	Empresa:	HUAWEI
Hora de la prueba:	05:50:46 p.m.		
ID de trabajo:	AZOTEA CTO 4		
Comentarios:			

Ubicaciones

	Ubicación A	Ubicación B
Operario		
Modelo	MAX-730C-SM2-OPM2-EA	
Número de serie	1589101	
Fecha de calibración	28/04/2022 (UTC)	

Identificadores

Cable ID	Fiber ID
AZOTEA	CTO1

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 3.6373 km
 Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	20.962	63.88

Vista de tramo

Pos. 0.0000 1 0.0011 2 0.2094 3 0.8000 4 3.6373 km

L. 0.2083 0.5907 2.8372 km

Tabla de elementos

Tipo	N.º	Pos./L. (km)	Pérdida (dB)		Ref. (dB)	At. (dB/km)	Pérdida acumul (dB)
			1625 nm	1625 nm			
Grupo	1	0.0000	10.109		-66.6		10.109
+ Conector	A	0.0000	---		-66.6		---
+ Divisor 1:8		0.0011	---		-71.4		---
Sección		0.2083	0.042			---	10.151
Divisor 1:8	2	0.2094	10.054		---		20.205
Sección		0.5907	0.118			0.200	20.323
Empalme	3	0.8000	0.269		---		20.592
Sección		2.8372	0.357			0.126	20.949
Conector	B	3.6373	---		---		---

• Para medir la pérdida de punta a punta y ORL, incluyendo el último elemento, se necesita una fibra de recepción.

Anexo 3. Datasheet de la fibra Riser 16 FO

 FiberHome Telecommunication Technologies Co.,Ltd														
Measuring record for optical cable														
Type of Cable:		RISER-16FO							Task No. : 25153104					
Drum No. :		0060							Fiber Length:		505	M		
									Cable Length:		504	M		
Fiber Color		Blue	Ora.	Gre.	Bro.	Grey	Whi.	Red	Bla.	Yel.	Vio.	Pink	Aqua	
Cable Color		Attenuation (dB/km)												
Yel.	1310	0.326	0.332	0.329	0.339	0.341	0.334	0.334	0.323	0.346	0.332	0.338	0.321	
	1550	0.186	0.189	0.189	0.186	0.190	0.192	0.191	0.193	0.193	0.184	0.194	0.196	
	wave(nm)	Blue Ring	Ora. Ring	Gre. Ring	Bro. Ring									
	1310	0.326	0.320	0.333	0.323									
	1550	0.188	0.191	0.184	0.186									

Anexo 4. Datasheet de Divisor óptico 1x8

1×8 Single Mode PLC Splitter Data Sheet						
Operating Wavelength(nm)	1260-1650		Inspected Date		2023/2/13	
P/N:	P-1008-M-F-N/SA-Φ0.9-25-075		S/N:		2302001277	
Fiber Length(m)	2.5-0.75					
Connector Tybe	N-SC/APC		Operation Bandwidth (nm)		±40	
Item	IL(dB)		PDL(dB)		RL(dB)	
	1310	1550	1310	1550	1310	1550
Port1	10.04	10.27	0.12	0.03	56.60	55.04
Port2	10.16	9.84	0.11	0.04	56.17	55.82
Port3	10.41	10.33	0.08	0.05	56.80	56.55
Port4	9.81	9.93	0.08	0.08	57.34	57.06
Port5	10.36	10.08	0.08	0.02	56.93	55.15
Port6	10.19	9.96	0.03	0.07	58.24	55.27
Port7	10.29	10.42	0.11	0.07	55.18	55.02
Port8	9.98	10.24	0.10	0.07	56.93	58.52
Splitting Ratio: Equipartition						
Uniformity(dB)	0.60	0.58	0.09	0.06	Directivity(dB)	≥55