

NOMBRE DEL TRABAJO

**Quevedo\_Luis\_Enrique\_Informe\_2023\_20\_12 (1).pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

**29617 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**157459 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**139 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**6.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Feb 26, 2024 8:55 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Feb 26, 2024 8:57 PM GMT-5****● 4% de similitud general**

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

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado



**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.unfels.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: Quevedo Yomona Luis Enrique
D.N.I.: 72472021
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruano
Teléfono: 979302495
e-mail: luis.e.queve.yo@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 UN ENLACE ÓPTICO DEDICADO UTILIZANDO EL ESTÁNDAR G.652D Y LA TECNOLOGÍA DE UNA RED MPLS PARA UNA EMPRESA TEXTIL EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA
Fecha de Sustentación: 17, Diciembre, 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(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	(x)

- 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	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (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:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

Quevedo Yomona, Luis Enrique

APELLIDOS Y NOMBRES

72472021

DNI



Firma y huella:

Lima, 18 de enero del 20 24

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

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



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE ÓPTICO DEDICADO  
UTILIZANDO EL ESTÁNDAR G.652D Y LA TECNOLOGÍA DE UNA  
RED MPLS PARA UNA EMPRESA TEXTIL EN EL DISTRITO DE LA  
VICTORIA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

QUEVEDO YOMONA, LUIS ENRIQUE

ORCID: 0009-0008-5548-3579

**ASESOR**

OPORTO DIAZ, EDGARD

ORCID: 0000-0003-4019-1860

**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 14:25 horas del día 17 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	:	MG. JOSÉ AMBROSIO MACHUCA MINES	CIP N° 158894
Secretario	:	MG. DANIEL LÉVANO RODRIGUEZ	CIP N° 155059
Vocal	:	DR. JULIO ENRIQUE QUISPE TUESTA	CIP N° 150139

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 inicio 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;

El Bachiller LUIS ENRIQUE QUEVEDO YOMONA

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE ÓPTICO DEDICADO UTILIZANDO EL ESTÁNDAR G.652D Y LA TECNOLOGÍA DE UNA RED MPLS PARA UNA EMPRESA TEXTIL EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA

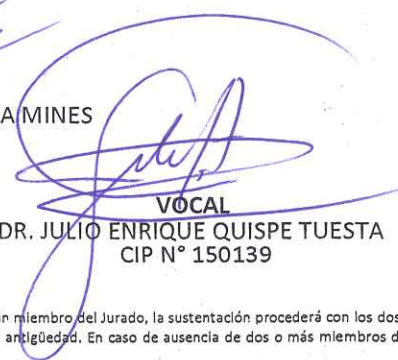
Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

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

Siendo las 14:49 horas del día 17 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. DANIEL LÉVANO RODRIGUEZ  
CIP N° 155059

  
PRESIDENTE  
MG. JOSÉ AMBROSIO MACHUCA MINES  
CIP N° 158894

  
VOCAL  
DR. JULIO ENRIQUE QUISPE TUESTA  
CIP N° 150139

Nota: Art. 14º.- 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**

Dedico este trabajo a mi querida familia, quienes me han enseñado la importancia de perseverar y no rendirme. A mi hermano Julio, a quien considero mi fuente de inspiración y modelo a seguir. A mi hermana Marcia, agradezco su constante apoyo y su presencia en este logro significativo. A mi padre Cesar, por siempre brindarme su ayuda incondicional y buscar maneras de sacar adelante a la familia; eres un padre excepcional. A mi madre Paquita, le agradezco por darme la vida, inculcarme valores y principios, y por motivarme a nunca rendirme en la búsqueda de mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi gratitud hacia todas las personas que tuve el privilegio de conocer y de quienes aprendí valiosas lecciones. Quiero agradecer a la UNTELS, institución que no solo me brindó mi educación profesional, sino que también me permitió formar amistades duraderas y contar con excelentes docentes. Un especial reconocimiento a mi asesor, Edgar Oporto, cuya disposición constante para ayudarme y su enfoque objetivo fueron fundamentales para alcanzar este logro.

Además, quiero extender mi agradecimiento a Nathaly por su inquebrantable apoyo y por estar a mi lado en este paso tan importante de mi vida profesional. También agradezco a Win Empresas por brindarme la oportunidad laboral y permitirme interactuar con destacados profesionales de los cuales continúo aprendiendo. Para concluir, quisiera agregar unas palabras que considero esenciales para todo profesional: "La empatía con los demás; cuanto más aprendes, más logras, y ser una mejor persona para con los demás es clave".



## INDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
LISTADO DE FIGURAS .....	vii
LISTADO DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES .....	1
1.1. Contexto.....	1
1.1.1. Misión.....	1
1.1.2. Visión .....	1
1.1.3. Servicios.....	1
1.1.4. Información general sobre la empresa .....	3
1.1.5. Cobertura de servicios .....	4
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo .....	5
1.2.1. Delimitación temporal del trabajo .....	5
1.2.2. Delimitación espacial del trabajo .....	5
1.3. Objetivos .....	6
1.3.1. Objetivo General .....	6
1.3.2. Objetivos Específicos .....	6

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Antecedentes .....	7
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	7
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	9
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. Comunicaciones Ópticas .....	11
2.2.2. Composición de Fibra Óptica .....	11
2.2.3 Normativas y regulaciones sobre la composición de la fibra óptica .....	12
2.2.4 Formas de transmisión .....	14
2.2.6 Índice de refracción (IoR) .....	16
2.2.7 Dispersión cromática (CD).....	17
2.2.8 Aspectos normativos sobre dispersión cromática (CD) .....	19
2.2.9 Dispersión del modo de polarización (PMD).....	19
2.2.10 Pérdida de retorno Óptico (ORL).....	22
2.2.11 Tipos de Fibra Óptica .....	22
2.2.12 Conectores de Fibra Óptica.....	24
2.2.13 Medición con Power Meter .....	27
2.2.14 Estándares y normativas de medición con Power Meter.....	27
2.2.15 Medición con OTDR .....	29
2.2.16 Uso de la bobina en OTDR.....	30

2.2.17 Normativas para la medición con ODTR .....	31
2.2.18 Transceiver .....	32
2.2.19 Pruebas de operatividad: Modelo OSI .....	34
2.2.20 Pruebas de operatividad: Protocolo TCP/IP .....	35
2.2.21 Pruebas de operatividad: DNS .....	36
2.2.22 Pruebas de operatividad: NAT .....	37
2.2.23 Pruebas de operatividad: ICMP .....	38
2.2.24 Pruebas de operatividad: Ping.....	39
2.2.25 Pruebas de velocidad .....	40
2.3. Definición de términos básicos.....	41
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....</b>	<b>45</b>
3.1. Determinación y Análisis del Problema.....	45
3.1.1. Problema general .....	45
3.1.2. Problemas específicos .....	45
3.1.3. Consecuencias en la operatividad.....	46
3.2. Modelo de solución propuesto .....	46
3.2.1 Diseño de la red de fibra óptica .....	48
3.2.2 Elaboración del diseño .....	50
3.2.3. Procedimiento de implementación para el tendido óptico .....	73
3.3. Resultados .....	105
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>113</b>

RECOMENDACIONES.....	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	115
ANEXOS.....	121

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> <i>Cobertura de Win Empresas</i> .....	4
<b>Figura 02</b> <i>Fibra Óptica</i> .....	12
<b>Figura 03</b> <i>Diagrama esquemático de una fibra óptica que muestra la estructura del núcleo y el revestimiento</i> .....	16
<b>Figura 04</b> <i>Esquematización del retardo de grupo diferencial (DGD) en Dispersión de modo de despolarización</i> .....	21
<b>Figura 05</b> <i>La composición de la fibra óptica monomodo</i> .....	23
<b>Figura 06</b> <i>Conector óptico de tipo ST (Straight Tip)</i> .....	25
<b>Figura 07</b> <i>Conector SC</i> .....	26
<b>Figura 08</b> <i>Conector óptico de tipo LC (Lucent Connector)</i> .....	26
<b>Figura 09</b> <i>Diagrama de bloques simplificado del módulo transceptor óptico PON típico.</i> .....	33
<b>Figura 10</b> <i>Topología de red como arquitectura.</i> .....	47
<b>Figura 11</b> <i>Esquema de diseño e implementación de la fibra óptica.</i> .....	49
<b>Figura 12</b> <i>Ruta proyectada para la implementación de la red de fibra óptica.</i> .....	51
<b>Figura 13</b> <i>Plano de ruta proyectada para realizar tendido de fibra óptica.</i>	54
<b>Figura 14</b> <i>Consideraciones de diseño para la fibra óptica.</i> .....	56
<b>Figura 15</b> <i>Inicio de tendido óptico proyectado de forma aérea que inicia desde la Manga ZTT en poste de Win Empresas.</i> .....	57
<b>Figura 16</b> <i>Tendido aéreo de fibra óptica proyectada desde P16 al P19 del operador ubicados en Av. México.</i> .....	58

<b>Figura 17</b> <i>Planificación del tendido aéreo de fibra óptica desde el poste P19 del operador al poste P23 del operador en la Av. México.....</i>	59
<b>Figura 18</b> <i>Planificación del tendido aéreo de fibra óptica entre la Av. México y Jr. Huánuco.....</i>	60
<b>Figura 19</b> <i>Tendido aéreo de fibra óptica proyectado entre los postes de Jr. Huánuco y Calle Ignacio.....</i>	61
<b>Figura 20</b> <i>Ruta proyectada para el ingreso de fibra óptica de forma aérea a Estudio Textil S.A.C. ubicada en Calle Ignacio Cossio.....</i>	62
<b>Figura 21</b> <i>Ruta proyectada para el ingreso de fibra óptica hacia gabinete de la empresa.....</i>	63
<b>Figura 22</b> <i>Plano de Acceso de Ruta Interna en Estudio Textil S.A.C. diseñado con AutoCAD.....</i>	64
<b>Figura 23</b> <i>Cuadro de empalme proyectado para la instalación de fibra óptica en la compañía Estudio Textil S.A.C. ....</i>	66
<b>Figura 24</b> <i>Conos de seguridad y Barras retractiles para enmarcar el área de trabajo.....</i>	78
<b>Figura 25</b> <i>Charla preoperacional de 5 minutos.....</i>	80
<b>Figura 26</b> <i>Tendido aéreo de fibra óptica entre intersección de la Av. Parinacochas y la Av. México, en el distrito de La Victoria.....</i>	81
<b>Figura 27</b> <i>Instalación de la cruceta metálica y reserva de fibra óptica ubicada en el poste de Win Empresas.....</i>	82
<b>Figura 28</b> <i>Instalación de manga rotulada OPDM1420485 en la Av. México 1400, La victoria.....</i>	84
<b>Figura 29</b> <i>Ingreso de fibra óptica en la compañía Estudio Textil S.A.C. ...</i>	85

<b>Figura 30</b> <i>Ingreso de Fibra Óptica hacia el cuarto de comunicaciones de la empresa e instalación de roseta óptica.....</i>	86
<b>Figura 31</b> <i>Instalación de transceptor óptico en nodo de proveedor Win Empresas.....</i>	87
<b>Figura 32</b> <i>Conexión en el puerto 23 y etiquetado según norma ANSI/TIA-606-B. ....</i>	88
<b>Figura 33</b> <i>Pérdidas por empalme de acuerdo con lo recomendado por la normativa ITU-T utilizado para diversas aplicaciones.....</i>	89
<b>Figura 34</b> <i>Ilustración visual de la medición utilizando el OTDR. ....</i>	90
<b>Figura 35</b> <i>Mediciones en la empresa Estudio Textil S.A.C a 1550nm usando bobina de lanzamiento.....</i>	91
<b>Figura 36</b> <i>Reconocimiento del transceptor óptico en el Switch de acceso del proveedor.....</i>	93
<b>Figura 37</b> <i>Mediciones realizadas en el nodo con y sin bobina en las ventanas de 1310nm y 1550nm. ....</i>	94
<b>Figura 38</b> <i>Medición de potencia en la ventana de 1625nm.....</i>	96
<b>Figura 39</b> <i>Instalación de equipos en el gabinete de la empresa. ....</i>	99
<b>Figura 40</b> <i>Etiquetado de equipos instalados en la empresa según la normativa TIA/EIA – 606.....</i>	101
<b>Figura 41</b> <i>Información de interfaces del router y parámetros de transceptor óptico. ....</i>	102
<b>Figura 42</b> <i>Asignación de direccionamiento IP.....</i>	103
<b>Figura 43</b> <i>Lista de comandos utilizados en herramienta WinBox64 mediante línea de comando. ....</i>	104



<b>Figura 44</b> <i>Prueba de conectividad hacia el DNS de Google.</i> .....	110
<b>Figura 45</b> <i>Prueba de conectividad hacia el DNS de Win Empresas.</i> .....	111
<b>Figura 46</b> <i>Prueba de velocidad y transferencia de datos utilizando las herramientas Speedtest y NetPerSec.</i> .....	112

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Información de la empresa</i> .....	3
<b>Tabla 2</b> <i>Parámetros de la fibra óptica monomodo ITU-T G.652.D</i> .....	24
<b>Tabla 3</b> <i>Descripción de la ubicación de los postes que fueron utilizados durante la implementación</i> .....	52
<b>Tabla 4</b> <i>Listado de materiales para la implementación del proyecto</i> .....	67
<b>Tabla 5</b> <i>Listado de materiales para realizar fusiones en la implementación del proyecto</i> .....	68
<b>Tabla 6</b> <i>Costo de implementación que incluyen materiales de acceso y tendido</i> .....	69
<b>Tabla 7</b> <i>Costo de implementación que incluyen materiales fusión, diseño y costo de instalación de equipo</i> .....	70
<b>Tabla 8</b> <i>Costo de implementación que incluye mano de obra</i> .....	71
<b>Tabla 9</b> <i>Costo de implementación que incluyen equipos finales y accesorios a usar</i> .....	72
<b>Tabla 10</b> <i>Costo total del proyecto que incluyen materiales de acceso, tendido y mano de obra</i> .....	73
<b>Tabla 11</b> <i>Normativa legal que sigue la compañía Win Empresas</i> .....	75
<b>Tabla 12</b> <i>Equipos de protección de uso personal del técnico proporcionados por Win Empresas</i> .....	76
<b>Tabla 13</b> <i>Materiales empleados durante la ejecución del despliegue de la red de fibra óptica.</i> .....	79
<b>Tabla 14</b> <i>Mediciones en el nodo de Win Empresas</i> .....	95

<b>Tabla 15</b> <i>Características y funcionalidades del enrutador utilizado en la implementación.....</i>	97
<b>Tabla 16</b> <i>Cantidad de equipo y accesorios que fueron utilizados en la implementación.....</i>	98
<b>Tabla 17</b> <i>Requerimiento total para el tendido óptico. ....</i>	106
<b>Tabla 18</b> <i>Fusiones realizadas durante la implementación.....</i>	106
<b>Tabla 19</b> <i>Mediciones realizadas durante la implementación. ....</i>	107

## RESUMEN

La problemática que enfrentó la empresa Estudio Textil S.A.C. reside en la carencia de un servicio simétrico de internet dedicado. Esto generó la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión de datos a través de conexiones de fibra óptica, debido a la continua falta de disponibilidad de Internet. Además, el proveedor anterior utilizaba la tecnología ADSL y no proveía el ancho de banda contratado.

La solución al problema implicó la implementación del servicio de Internet dedicado mediante la tecnología MPLS. Como medio de transmisión física, se optó por emplear la fibra óptica con una relación de overbooking de 1:1, partiendo desde el nodo de acceso más cercano a la empresa Estudio Textil S.A.C. La ejecución del proyecto incluyó una visita técnica en campo, en la cual se identificaron y validaron los equipos utilizados. Esta información se consolidó para la elaboración del presupuesto.

En el contexto de la prestación del servicio de Internet, se analizaron las herramientas necesarias para completar la instalación dentro del plazo previsto. Es importante destacar que se implementaron medidas de seguridad en la red de Estudio Textil S.A.C., garantizando así la protección y confiabilidad de la red, lo que contribuyó a un funcionamiento seguro y eficiente, incluso después de la ejecución del proyecto.

En cuanto a la instalación y verificación del servicio de Internet, se realizaron diversas acciones, incluyendo la configuración del equipo, que fue instalado en el gabinete de la compañía textil. Posteriormente, se efectuaron pruebas de ICMP hacia los servidores DNS de Google con el fin de verificar la existencia de pérdida de paquetes y ejecutar diagnósticos de la red. Finalmente, se ejecutó la prueba de saturación de ancho de banda que permitió verificar la capacidad solicitada por Estudio Textil S.A.C.

## INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de conectividad de alta velocidad en hogares, empresas e instituciones gubernamentales ha sido un impulsor fundamental para la incorporación de la tecnología de fibra óptica en el territorio peruano. Este progreso ha tenido un impacto significativo tanto en la economía como en la salud al favorecer el desarrollo de los negocios y facilitar la oferta de servicios educativos y de atención médica. Además, ha mejorado la comunicación entre las diversas regiones del país. Conforme ha aumentado la necesidad de modernizar la infraestructura de comunicaciones a nivel nacional y atender la creciente demanda de disponibilidad de una conexión de internet rápida y veloz, el despliegue estratégico de la fibra óptica ha progresado en todo el territorio peruano.

La necesidad de incrementar la capacidad con la que se transmite su información y disponer del ancho de banda contratado, generó que la empresa requiera de un servicio de internet dedicado que utilice una nueva tecnología como la fibra óptica, ya que ha evidenciado tener mayor velocidad, estabilidad y calidad comparada con otro tipo de tecnologías.

El propósito de este proyecto de competencia profesional se centra en reemplazar los problemas de pérdida de paquetes y las restricciones de ancho de banda propias de la tecnología ADSL, por un nuevo servicio de internet completamente dedicado a través de fibra óptica, garantizando así una mayor estabilidad y velocidad

## **CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Contexto**

Optical Technologies S.A.C., también conocida como "Win Empresas", es una empresa de telecomunicaciones peruana con más de 20 años de experiencia, especializada en atender al sector empresarial. Provee servicios de alto valor que mejoran su cartera de ofertas y ayudan a las empresas a conectarse a la red dentro de su área de cobertura, incluyendo la seguridad gestionada, centro de datos y servicios en la nube, transmisión de datos, Internet de banda ancha dedicado y telefonía fija.

#### **1.1.1. Misión**

Según la misión publicada en la página web de Win Empresas (2023), su objetivo primordial consiste en "Brindar servicios de telecomunicaciones de la mejor calidad, con una amplia cobertura y una innovación constante, con el fin de anticiparse a las necesidades de comunicación de su cartera de clientes; procurar el mayor bienestar y crecimiento personal y profesional de sus empleados, así como crear mejores condiciones de vida y fomentar el progreso en beneficio de la comunidad".

#### **1.1.2. Visión**

Según la visión publicada en la página web de Win Empresas (2023), "Ser un líder destacado en el campo de las telecomunicaciones, ofreciendo una experiencia única, un espacio en el que las personas logren su pleno potencial, una compañía que se enfrenta a los desafíos del mercado y logra un crecimiento sustentable".

#### **1.1.3. Servicios**

La compañía Win Empresas se dedica a la innovación tecnológica a través de diferentes tipos de soluciones para la productividad y competitividad de las compañías. Los servicios comprenden las siguientes áreas:

- a) Internet dedicado a través de fibra óptica: Este servicio de internet emplea una conexión única, con overbooking 1:1, que se proporciona mediante un enlace de fibra óptica desde el nodo de acceso más cercano hasta las instalaciones del cliente. Garantiza una navegación consistente y facilita el acceso a diversas aplicaciones en la nube pública.
- b) Interconexión de sedes por redes privadas: El servicio se ofrece mediante enlaces exclusivos de fibra óptica que conectan el nodo de acceso de la red principal de WIN Empresas con las instalaciones del cliente. Facilita la transmisión de información entre las sedes independientemente del tipo de aplicaciones, lo cual resulta beneficioso para acceder rápidamente a servicios situados en las sedes centrales, concentrar la conexión a Internet y compartir otros recursos de red perimetral.
- c) Fibra Oscura: Se trata de una conexión especializada diseñada únicamente para transferir cantidades masivas de información a través de uno o varios hilos de cable de fibra óptica. Este enlace permite a empresas de sectores específicos, como bancos o entidades gubernamentales, enviar y recibir grandes volúmenes de datos a altas velocidades, sin correr riesgo de pérdida de paquetes.
- d) Internet Seguro Avanzado: Es un servicio de internet que es brindado a través de fibra óptica. Establecen comunicación con la nube privada de seguridad que tiene Win Empresas a nivel del POP de acceso, permitiendo aplicar funcionalidades de protección avanzada, incluye aplicar reglas de firewall, control de aplicaciones, IPS, VPN Site-to-Site y filtro web. Con este servicio logran reducir brechas de seguridad frente a amenazas existentes de internet.
- e) Backup As a Service (BaaS): Es un Servicio en la nube (Cloud) usado para el respaldo y recuperación de información a alta velocidad (200Mbps) desde el centro de datos del cliente a Win Empresas de uso exclusivo para el servicio BaaS, además, la descarga y transferencia de información de los servidores al cliente es ilimitada. La descarga de Backup es ilimitada.



- f) Infrastructure As a Service (IaaS): Es un servicio en la nube (Cloud) que permite alojar servidores virtuales de los clientes desde el entorno de nube privada de Win Empresas en entorno seguro, aislado, independiente y flexible para cada cliente. Este servicio IaaS permite tener un conjunto de recursos de vCPU, Disco y RAM para la creación de los servidores virtuales de los clientes gestionados por medio de un orquestador de Nube vCloud director.

#### **1.1.4. Información general sobre la empresa**

Win Empresas es una compañía de telecomunicaciones que se encuentra ubicada en San Isidro, brinda servicios mediante internet utilizando como medio físico la fibra óptica. En la tabla 1, se proporciona información global de la compañía.

**Tabla 1**

*Información de la empresa*

Razón Social de la Empresa	WIN EMPRESAS S.A.C.
Nombre comercial	WIN EMPRESAS
Razón Social Anterior	Optical Technologies S.A.C.
RUC	20552504641
Domicilio	Av. José Gálvez Barrenechea Nro. 645
Actividad económica	Telecomunicaciones
Representante	Manuel German Castillo Zegarra

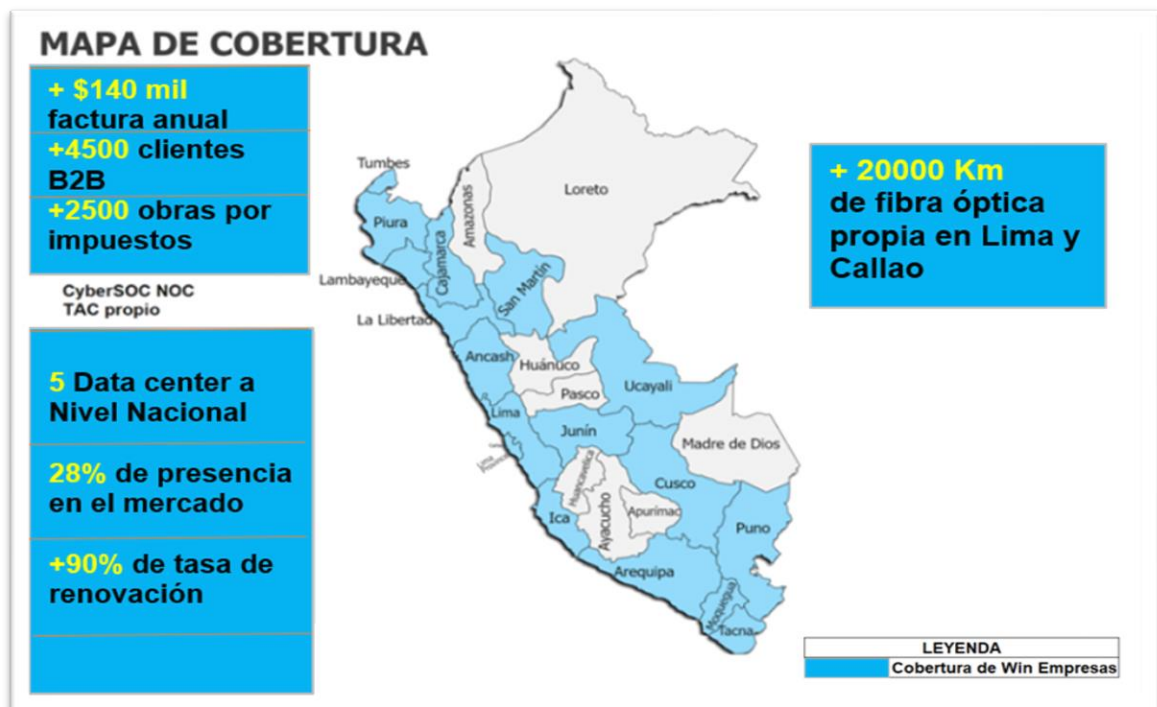
*Nota.* Adaptado con la información de la compañía Win Empresas.

### 1.1.5. Cobertura de servicios

La compañía Win Empresas posee una topología en anillo compuesta en su totalidad por fibra óptica, utilizando la tecnología MPLS. Esta infraestructura tiene cobertura a nivel nacional, abarcando las principales capitales provinciales del país, tal y como se ilustra en la figura 01.

**Figura 01**

*Cobertura de Win Empresas.*



*Nota.* Adaptado de Win Empresas. Fuente: Win Empresas S.A.C., (2023)

La comunicación en la red se produce a través de diversos puntos de conexión empleando una capa central de la red MPLS. Para esta red se utilizó la tecnología de transmisión 10 Gigabit Ethernet (10GbE) también conocida como IEEE 802.3ae, lo cual permite la transferencia de paquetes de datos mediante Ethernet a una velocidad de 10 Gbps y alcanzar distancias de hasta 40 kilómetros utilizando cables de fibra óptica monomodo.

En la red se emplea una topología redundante que previene la interrupción de la comunicación en caso de que una de las interfaces de conexión del anillo principal deje de operar. Además, mediante el uso de la Red MPLS se logra

consolidar la transmisión de distintos tipos de datos a través de una sola red, superando así las restricciones de velocidad y mejorando el proceso de trabajo de Internet.

## **1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo**

En este trabajo, se delimitó el periodo de tiempo en el cual se realizó la implementación y el lugar donde se ejecutó el proyecto.

### ***1.2.1. Delimitación temporal del trabajo***

El presente proyecto fue desarrollado durante los periodos del mes de junio a julio del 2023, según lo detallado en el cronograma de Gantt proporcionado en el Anexo 4.

### ***1.2.2. Delimitación espacial del trabajo***

Este trabajo se realizó en las instalaciones de la empresa Estudio Textil S.A.C. ubicada en el distrito de La Victoria, en su centro de comunicaciones, que corresponde al Área de Tecnología de la Información (TI) de la compañía. Durante esta implementación, el rol que se desempeñó fue de coordinador de proyectos. Esto implicó la coordinación de actividades con las diversas áreas internas de Win Empresas y la compañía Estudio Textil S.A.C. Para la implementación, se emplearon los procedimientos de la gestión de proyectos que incluyen la inicialización, la planificación, la ejecución, el monitoreo y control, culminando con la entrega final del proyecto.

El personal técnico de Win Empresas instaló la fibra óptica de forma aérea desde el nodo de acceso más próximo hasta el gabinete de Estudio Textil S.A.C. Además, se realizaron fusiones de fibra óptica, seguidas por la configuración de equipos y pruebas de servicio. Estas acciones se ejecutaron con éxito, culminando con la aprobación y satisfacción de la compañía.

### **1.3. Objetivos**

En este trabajo, se elaboraron los objetivos generales y específicos que se ejecutaron en la implementación del proyecto.

#### **1.3.1. Objetivo General**

OG. Implementar un enlace óptico dedicado utilizando el estándar G.652D y la tecnología de una Red MPLS para una Empresa Textil en el distrito de La Victoria.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

OE1. Realizar un diseño y elaborar el requerimiento de materiales para el tendido óptico aéreo hasta la empresa Estudio Textil S.A.C.

OE2. Describir el procedimiento de implementación para el tendido óptico hasta las instalaciones de la empresa Estudio Textil S.A.C.

OE3. Realizar la caracterización del enlace óptico mediante mediciones con Power Meter y OTDR en la empresa Estudio Textil S.A.C.

OE4. Instalar y configurar el CPE (Customer Premises Equipment) en las instalaciones de Estudio Textil S.A.C.

OE5. Realizar las pruebas de operatividad utilizando el protocolo ICMP y validar la calidad del servicio mediante pruebas de velocidad y saturación de red en la empresa Estudio Textil S.A.C.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

En la presente sección, se describen estudios previos relacionados con el trabajo de tesis propuesto.

#### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

García (2017), en su tesis titulada: Las comunicaciones ópticas en México: actualidad y tendencias, el propósito fue comprender el contexto de un área importante en las telecomunicaciones como son las comunicaciones ópticas. Al ejecutar este estudio, se evidenció una notable insuficiencia de datos, originada por la problemática asociada al avance tecnológico en México. En el país, prevalecía la utilización de las comunicaciones convencionales que se apoyaban en cables de cobre o coaxiales. Los objetivos planteados en la tesis se cumplieron al proponer recomendaciones y mejoras, basándose en un análisis comparativo que pone de manifiesto las carencias de México en el campo de las comunicaciones ópticas en comparación con otros países. Para destacar en el campo de las comunicaciones, el país debe centrarse en la investigación y en la maximización de su capacidad tecnológica. La relación con mi trabajo radica en la transición de la tecnología tradicional basada en cobre o coaxiales que, debido a sus características técnicas, no pueden asegurar una prestación de servicios más sólida y avanzada. Por tanto, como solución a esta problemática, se propone la implementación de mejoras en los servicios mediante el uso de la fibra óptica.

Razo (2019), en su tesis titulada: Análisis de una red metropolitana de comunicaciones de alta velocidad en la ciudad de México, para localización y resolución de fallas con respecto a la capa física. Este estudio se enfoca en los desafíos asociados a la conectividad a Internet en México y subraya la imperiosa necesidad de migrar hacia la tecnología de fibra óptica para satisfacer las exigencias de altas velocidades, ya que el cable coaxial o el cobre no pueden ofrecerlas de manera eficiente. Además, se destaca que la gran parte de los profesionales encargados de la instalación de la fibra óptica carecen de

capacitación técnica necesaria, dado que esta tecnología es relativamente nueva. Para abordar este problema, el autor propone el análisis de los enlaces de fibra óptica que conforman una red Metropolitana. Este proceso se ejecuta mediante el uso de un equipo OTDR para la verificación en dos longitudes de onda, 1310 nm y 1550 nm, con el fin de validar la existencia de pérdidas en las conexiones y empalmes de la fibra, así como realizar las correcciones necesarias para asegurar un enlace óptimo. La principal conclusión es que los enlaces pueden experimentar pérdida de potencia como resultado. Asimismo, se resalta que la falta de aplicación de buenas prácticas puede dar como resultado una instalación deficiente. Por lo tanto, es esencial poseer conocimientos técnicos sólidos sobre los principios de funcionamiento de la fibra óptica utilizada en las comunicaciones ópticas. La relación con mi propio trabajo reside en la relevancia de utilizar un equipo de medición de potencia, ya que mejora la calidad del enlace al verificar su rango de funcionamiento. Esta validación facilita la identificación y resolución de posibles atenuaciones que, de no abordarse, podrían traducirse en una pérdida de servicio. También se subraya la necesidad de contar con una base técnica sólida en el ámbito de la fibra óptica para ejecutar implementaciones efectivas de enlaces y optimizar la calidad de la conexión a Internet.

Valle (2015), en su tesis denominada: Estudio y Diseño de una red de fibra óptica utilizando la tecnología GPON para brindar servicio de voz, video y datos (triple play) a la ciudad de Macas del Cantón Morona de la provincia de Morona Santiago, se ha realizado un estudio de diseño de una red de fibra óptica que pudiese ser aplicada en la localidad de Macas, como una manera de abordar las limitaciones en las comunicaciones originadas por las distancias y los fenómenos climáticos característicos de estas áreas de Ecuador. Se llegó a la conclusión de que al implementar una red del tipo GPON, se mejora el funcionamiento de los servicios de triple play al reducir los niveles de ruido e interferencias, y lograr mantener una eficiente capacidad de transmisión en distancias de hasta 20 km sin necesidad de utilizar repetidores. Un análisis de inversión a corto plazo y de período de recuperación demostró que este proyecto es completamente rentable. En realidad, se calcula que la inversión inicial se amortizaría después del segundo año de implementación, especialmente si se toman en cuenta los cálculos de

recuperación que incorporan los ingresos generados por el suministro de servicios de comunicación de voz y datos.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Núñez (2018), en su tesis titulada: Diseño de una red de transporte sobre fibra óptica para incrementar la banda ancha de las regiones: Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna, pone en énfasis el análisis demográfico de las áreas implicadas, así como en la evaluación de la necesidad y el impacto del ancho de banda en el progreso socioeconómico. La propuesta consiste en establecer una infraestructura de transporte de gran capacidad con el fin de expandir la capacidad de transferencia información en las áreas de Arequipa, Moquegua, Tacna y Puno. Esto contribuiría a fomentar el progreso económico y el crecimiento socioeconómico de estas regiones al proporcionar mayores oportunidades de conectividad. Se ha concluido que contar con una infraestructura nacional de telecomunicaciones de este tipo ofrece ventajas significativas, ya que permite la implementación de nuevos proyectos de telecomunicaciones con costos de inversión (CAPEX) reducidos en comparación con proyectos previos ejecutados por empresas privadas de telecomunicaciones en el Perú. Este proyecto tiene similitudes técnicas con la investigación en curso, dado que hace uso de la tecnología MPLS y una topología en forma de anillo. Esto asegura la conectividad incluso en situaciones de fallo en los nodos, y además incluye un análisis de rentabilidad que facilitará la evaluación de la viabilidad del proyecto a lo largo del tiempo.

Janampa (2019), en su tesis titulada: Diseño de una red de fibra óptica para implementar el servicio de banda ancha para Andina Perú cable E.I.R.L. en la ciudad de Cerro de Pasco. La investigación se enfocó en la planificación de una red de fibra óptica para la localidad de Cerro de Pasco. Se realizó un análisis de la demanda de servicios de telecomunicaciones con el propósito de ofrecer una calidad de servicio mejorada a la población, con un aumento en la velocidad. Al evaluar la situación de la comunidad, se detectó una carencia en la prestación de servicios que incluyen internet, televisión digital, telefonía y servicios multimedia. Como resultado, se concluyó que la implementación de la red de fibra óptica para la transmisión de servicios de telecomunicaciones, como internet, televisión digital



y diversos servicios multimedia, brindará una calidad de servicio superior, facilitando a los usuarios el acceso a velocidades y capacidades de transmisión más altas. El foco principal de esta investigación se centró en asegurar la satisfacción de los usuarios al utilizar los servicios de telecomunicaciones. Este proyecto comparte una naturaleza técnica similar a la investigación en curso, ya que se orienta hacia la migración desde la tecnología ADSL hacia la instalación de fibra óptica. Este cambio persigue la mejora de la conectividad a Internet, lo que se traduce en un incremento significativo de la velocidad y la transmisión de información.

Hernández y Yovera (2019), en su tesis titulada: Propuesta de diseño de una red de transporte de fibra óptica para la mejora de la calidad y cobertura de telecomunicaciones en el distrito de Lalaquiz – Piura. Esta investigación resalta la importancia de la disponibilidad de conectividad de alta velocidad a través de Internet, lo cual ha dado como resultado un conjunto de mejoras y ventajas en áreas fundamentales como la salud, la educación y la seguridad. En el ámbito de los servicios de telecomunicaciones y en la planificación de la infraestructura de transporte, se consideró la incorporación de la tecnología de fibra óptica y la implementación de infraestructura eléctrica de media tensión. Asimismo, se decidió aprovechar postes de menor tensión en ciertas partes de las redes viales existentes. Este proyecto comparte similitudes técnicas con la investigación actual, ya que establece la conectividad mediante el uso de la fibra óptica y la infraestructura eléctrica de postes de menor tensión. El objetivo principal es proporcionar conectividad y promover el bienestar ciudadano, la formación académica y la protección en el distrito de Lalaquiz, facilitando su conexión con todo el país.

## **2.2. Bases teóricas**

Las bases teóricas son un conjunto de definiciones y conceptos con base científica para cada variable considerada durante el proceso de implementación.

### **2.2.1. Comunicaciones Ópticas**

Para Laferrière et al. (2018), un sistema de comunicación óptica transmite una señal a un receptor distante a través de una fibra óptica. El transmisor recibe la señal eléctrica en su dominio óptico y luego se convierte nuevamente en la señal eléctrica original en el receptor. La comunicación por fibra óptica tiene numerosos beneficios en comparación con otras formas de transmisión, como el cobre y los sistemas de radiocomunicación. Un solo cable de fibra puede contener 144 hilos de fibra, además las temperaturas de operación de la fibra óptica varían, pero suelen estar entre -40 y +80 °C, de acuerdo con la norma IEC 60794-4-20.

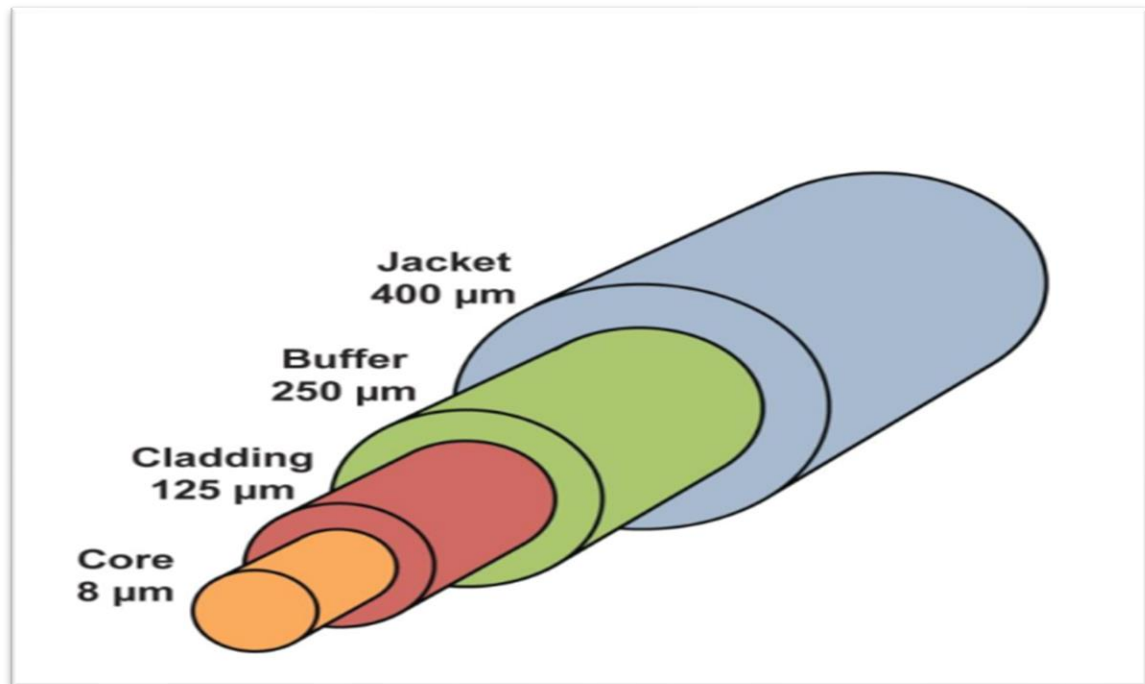
### **2.2.2. Composición de Fibra Óptica**

Para FTTH Council Europe (2018) destacan que el núcleo, el revestimiento y el recubrimiento exterior componen la fibra. Los pulsos de luz se envían a la región central. La luz se mantiene en el núcleo por el revestimiento circundante que evita que la luz se escape, y durante el proceso de estirado se aplica un revestimiento exterior, que generalmente es de polímero. La fibra óptica está hecha de sílice de alta pureza. Inicialmente formados en varillas similares al vidrio, se estiran en finas hebras similares al cabello y están cubiertos con una fina capa protectora con recubrimiento hecho de plástico.

En la figura 2, se visualiza la estructura típica de una fibra óptica, que incluye el núcleo (Core), el revestimiento (cladding), el recubrimiento (buffer) y la cubierta (jacket).

**Figura 02**

*Fibra Óptica*



*Nota.* Se ilustra la estructura de un cable de fibra óptica. Fuente: (Rigby, 2018)

### **2.2.3 Normativas y regulaciones sobre la composición de la fibra óptica**

Existen diversas organizaciones que han elaborado normativas y regulaciones en relación con la composición y calidad de la fibra óptica. La Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) colaboran en la creación de normativas ISO/IEC, como el estándar ISO/IEC 11801, que establece requisitos y especificaciones para sistemas de cableado en diversos tipos de edificios, incluyendo elementos de fibra óptica. Este estándar clasifica las fibras ópticas según su modo de propagación, ancho de banda, longitud de onda de operación y parámetros como atenuación y dispersión (Nakayama et al., 2023).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) emite recomendaciones técnicas para sistemas de transmisión y conmutación de redes de telecomunicaciones, incluyendo especificaciones para fibras ópticas, como las normativas G.652, G.651, G.657, G.655, G.656, G.653 y G.654, que abarcan diferentes tipos y características de fibras ópticas (Cho et al., 2022):

- G.652 se refiere a fibras ópticas monomodo estándar y establece los parámetros para su diseño y especificaciones. Estas fibras son utilizadas en aplicaciones de largo alcance y tienen características específicas de atenuación y dispersión.
- G.651 define las fibras ópticas multimodo, que se utilizan en aplicaciones de corto alcance en redes de área local (LAN) y centros de datos. Estas fibras tienen un núcleo más grande que las monomodo y son adecuadas para distancias cortas.
- G.657 se refiere a fibras ópticas monomodo con radio de curvatura reducido. Estas fibras están diseñadas para ser más flexibles y permiten curvarse en radios más pequeños sin afectar significativamente el rendimiento de la transmisión.
- G.655 se aplica a fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada, diseñadas para minimizar la dispersión cromática en aplicaciones de largo alcance, como las redes de fibra óptica submarina.
- G.656 define fibras ópticas monomodo con dispersión no nula, que se utilizan para lograr una mayor eficiencia en la transmisión de señales de alta velocidad en redes de fibra óptica.
- G.653 se refiere a fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada y desplazamiento de corte, diseñadas para mejorar el rendimiento en sistemas de transmisión de alta capacidad y largo alcance.
- G.654 establece especificaciones para fibras ópticas monomodo con corte desplazado, utilizadas en aplicaciones de larga distancia y alta capacidad, como las redes troncales de comunicaciones.

Por otro lado, la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (TIA) establece estándares americanos, como ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1, que se enfoca en componentes de fibra óptica en sistemas de cableado de telecomunicaciones. Este estándar define los requisitos de rendimiento, diseño, fabricación y parámetros de fibras ópticas, considerando su modo de propagación, capacidad para transportar datos, longitud de onda de operación y otros factores (Zubair et al., 2020).

#### **2.2.4 Formas de transmisión**

Para Alatwi et al. (2021), existen varios parámetros que determinan la eficacia con la que se propagan los pulsos de luz a través de la fibra. Los principales parámetros son la atenuación y la dispersión.

a) Atenuación: La disminución de la potencia óptica a lo largo de la distancia se conoce como atenuación. La energía se pierde a lo largo de la distancia por dispersión y absorción dentro de la fibra, incluso con materiales extremadamente puros utilizados para fabricar el núcleo de fibra y el revestimiento. Para Liu (2019) el término atenuación en unidades dB/km en el contexto de la fibra óptica es una medida crucial que se utiliza para cuantificar la atenuación o pérdida de señal que ocurre cuando la luz se propaga a través de una fibra óptica.

Kanamori (2021) también describe que, matemáticamente, la atenuación en dB se puede calcular utilizando la fórmula:

$$A = 10 \text{Log}10 \frac{P_{entrada}}{P_{salida}}$$

Donde  $P_{entrada}$  es la potencia de la señal de luz al entrar en la fibra y  $P_{salida}$  es la potencia de la señal después de viajar una cierta distancia a través de la fibra. Para expresar esta atenuación en términos de dB/km, se divide la atenuación total por la longitud de la fibra en kilómetros. Para Liu (2019), en el ámbito normativo, los estándares internacionales como los determinados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) establecen límites y guías para la atenuación en las fibras ópticas. Estos estándares son cruciales para garantizar la compatibilidad y la eficiencia en las redes de telecomunicaciones globales. Por ejemplo, para las fibras monomodo utilizadas en telecomunicaciones de larga distancia, la atenuación típica se encuentra en el rango de 0.2 a 0.4 dB/km, dependiendo de la longitud de onda de la luz utilizada.

b) Dispersión: Alatwi et al (2021), señala que la dispersión es la cantidad de distorsión de señales luminosas o dispersión de un pulso durante la transmisión. Si

los pulsos se extienden demasiado, el detector en el otro extremo de la fibra perderá información porque no podrá distinguir un pulso del siguiente. La dispersión cromática ocurre en todas las fibras porque los diferentes colores de la luz (partes de un pulso de luz) viajan a lo largo de la fibra a velocidades ligeramente diferentes. El ancho de banda, que es la capacidad de carga de datos, está inversamente relacionado con la dispersión. En la fibra óptica, existen tres tipos principales de dispersión:

- La dispersión modal se produce debido a que los modos de propagación de la luz viajan a diferentes velocidades en el núcleo de la fibra, y su ecuación se expresa como:

$$\Delta t_m = \frac{L}{V_m} \times \Delta V_m$$

- $\Delta t_m$  es la diferencia de tiempo de llegada entre diferentes modos, L es la longitud de la fibra,  $V_m$  es la velocidad de un modo específico y  $\Delta V_m$  es la diferencia en velocidad entre los modos
- La dispersión cromática se debe a que la luz se descompone en sus diferentes colores componentes y viaja a velocidades distintas en función de la longitud de onda, y su ecuación es:

$$\Delta t_c = \frac{D \times L}{c} \times \Delta t_c$$

- $\Delta t_c$  es la diferencia de tiempo debida a la dispersión cromática, D es la dispersión cromática del material de la fibra, L es la longitud de la fibra y c es la velocidad de la luz
- La dispersión material es causada por las variaciones en la velocidad de fase de diferentes longitudes de onda de luz y se expresa como:

$$\Delta t_m = \frac{L \times \lambda^2}{2\pi \times c} \times \frac{dV_m}{d\lambda}$$

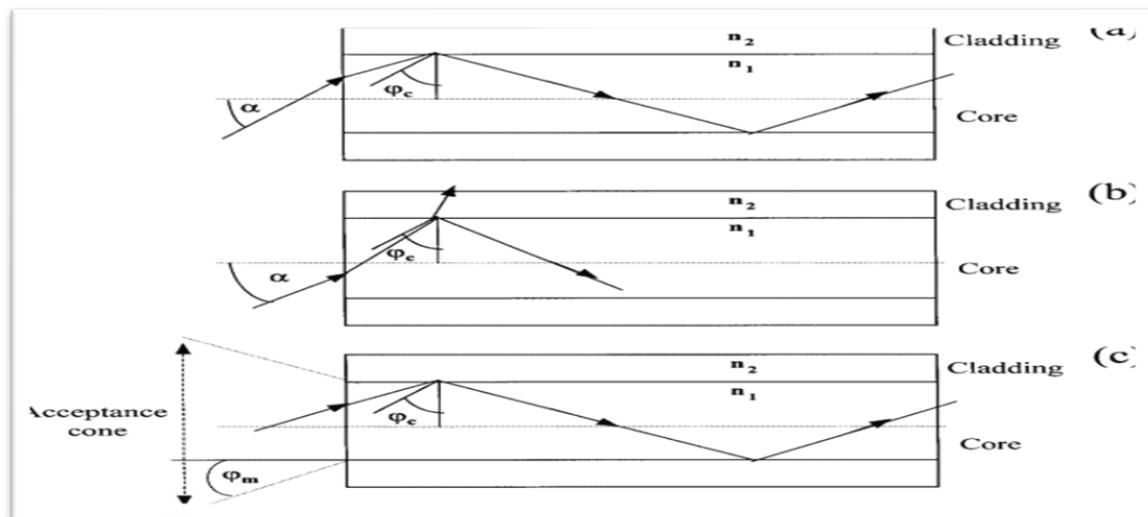
- $\Delta t_m$  es la diferencia de tiempo debida a la dispersión material, L es la longitud de la fibra,  $\lambda$  es la longitud de onda de la luz, c es la velocidad de la luz y  $dV_m / d\lambda$  es la tasa de cambio de la velocidad con respecto a la longitud de onda

## 2.2.6 Índice de refracción (IoR)

Patil et al. (2020) describen que, el índice de refracción (IoR) es una propiedad física que mide la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un medio material. El IoR indica cómo se desvía la luz al pasar de un medio a otro, y depende de la longitud de onda de la luz y de la temperatura del medio. El IoR se representa con la letra  $n$  y es adimensional. En la figura 3 se ilustra un diagrama esquemático de la propagación de la luz en la fibra óptica.

**Figura 03**

Diagrama esquemático de una fibra óptica que muestra la estructura del núcleo y el revestimiento



*Nota.* La propagación de la luz a través de la fibra óptica se produce cuando existe la condición de reflexión interna total en la interfaz entre el núcleo (índice de refracción  $n_1$ ) y el revestimiento ( $n_2$ ) de modo que  $n_1 > n_2$ . (a) La luz que entra en la fibra se refleja totalmente internamente (TIR) si el ángulo de la luz es mayor que el ángulo crítico  $\phi_c$ . (b) La luz será parcialmente reflejada y refractada si el ángulo de la luz es menor que el ángulo crítico  $\phi_c$ . (c) La luz se propagará en TIR sólo cuando el ángulo de la luz entrante esté dentro del ángulo de aceptación. Adaptado de *Optical fibers are transporting media of high-speed optical signals*. Fuente: Bassani et al. (2005)

Pathak y Singh (2020), mencionan que, en el caso de la fibra óptica, el IoR es un factor clave para el funcionamiento de este medio de transmisión de información, que utiliza la luz como portadora de los datos. Urrutia et al. (2019)



afirman que, el loR se puede definir como la proporción entre la velocidad de la luz en el vacío y su velocidad en un medio dado. Desde el punto de vista matemático, puede ser expresado como:

$$n = \frac{c}{v}$$

- Donde n es el índice de refracción, c es la velocidad de la luz en el vacío (aproximadamente 299,792 km/s), y v es la velocidad de la luz en el medio.

En las fibras ópticas, los valores típicos del loR varían entre 1.4 y 1.6. Este parámetro no solo afecta la velocidad y eficiencia de la transmisión de la luz, sino también determina aspectos críticos como la dispersión y la atenuación de la señal.

### **2.2.7 Dispersión cromática (CD)**

Wu et al. (2019) consideran que, la dispersión cromática en fibras ópticas es un fenómeno crítico que afecta significativamente la transmisión de señales en redes de telecomunicaciones. Este parámetro técnico describe cómo diferentes componentes de frecuencia de una señal de luz se propagan a velocidades ligeramente distintas dentro de la fibra, lo que puede llevar a un ensanchamiento del pulso de luz y, por ende, a una degradación de la señal.

Además, desde una perspectiva técnica, la dispersión cromática ocurre debido a la dependencia del índice de refracción del material de la fibra óptica con la longitud de onda de la luz. Esta dependencia provoca que diversas longitudes de onda (colores) de un pulso de luz se propaguen a distintas velocidades, lo que resulta en la dispersión de la señal a lo largo de la fibra. La dispersión cromática se clasifica principalmente en dos tipos: dispersión de material y dispersión de guía de onda (Wu et al, 2019).

La dispersión de material se debe a la variación del índice refractivo del vidrio con la longitud de la onda, mientras que la dispersión de guía de onda está relacionada con las propiedades geométricas y de diseño de la fibra. Matemáticamente, la dispersión cromática se mide en unidades de ps/(nm·km)

(picosegundos por nanómetro por kilómetro) y se calcula como la segunda derivada de la fase del pulso de luz respecto a la longitud de onda. La fórmula general para calcular la dispersión cromática es:

$$D = -\frac{\lambda^2}{2\pi c} \frac{d^2 n}{d\lambda^2}$$

Donde D es la dispersión cromática, c es la velocidad de la luz en el vacío,  $\lambda$  es la longitud de onda de la luz, lo que se multiplica por la segunda derivada del índice de refracción respecto a la longitud de onda. (Wu et al, 2019) En esa línea, el coeficiente de dispersión cromática es una medida que cuantifica la cantidad de dispersión cromática en una fibra óptica. (Wu et al, 2019)

El coeficiente de dispersión cromática (D) en una fibra óptica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$D = (\lambda_2 - \lambda_1) / (n_2 - n_1) \times (dn / d\lambda)$$

Donde:

- $\lambda_2$  y  $\lambda_1$  son las longitudes de onda en las que se mide la dispersión cromática.
- $n_2$  y  $n_1$  son los índices de refracción correspondientes a las longitudes de onda  $\lambda_2$  y  $\lambda_1$ , respectivamente.
- $dn / d\lambda$  es la tasa de cambio del índice de refracción con respecto a la longitud de onda.

Para obtener el valor del coeficiente de dispersión cromática, es necesario medir la dispersión cromática en dos longitudes de onda diferentes ( $\lambda_2$  y  $\lambda_1$ ) y conocer los valores de los índices de refracción ( $n_2$  y  $n_1$ ) en esas longitudes de onda, así como la tasa de cambio del índice de refracción con respecto a la longitud de onda ( $dn / d\lambda$ ). Estos valores se utilizan en la fórmula para determinar el coeficiente de dispersión cromática de la fibra óptica en el rango de longitudes de onda de interés.

### **2.2.8 Aspectos normativos sobre dispersión cromática (CD)**

Las normativas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) son esenciales en la estandarización de fibras ópticas (Wu et al., 2019). Un ejemplo destacado de estas normativas es la serie de recomendaciones ITU-T G.65x. ITU-T G.652 es común para fibras ópticas monomodo, con una longitud de onda de dispersión cero cerca de 1310 nm. Sin embargo, a longitudes de onda más extensas, como 1550 nm, estas fibras presentan una dispersión cromática más significativa, lo que puede ser una restricción limitante en sistemas de alta velocidad o de largos trayectos.

ITU-T G.653 se refiere a las fibras con dispersión desplazada que desplazan su longitud de onda de dispersión cero hacia alrededor de 1550 nm. Esto reduce la dispersión cromática en la región de 1550 nm, lo que es ventajoso para sistemas de transmisión de larga distancia debido a la disminución inherente de la atenuación de la fibra en esta longitud de onda (Rahmadiansy et al., 2022).

ITU-T G.655, conocida como fibras de dispersión no nula desplazada (NZDSF), tiene un perfil de dispersión cromática diseñado para optimizar el rendimiento en sistemas de multiplexación por división de longitud de onda (WDM). Estas fibras presentan una pequeña cantidad de dispersión cromática en la región de 1550 nm, lo que ayuda a manejar los efectos no lineales, especialmente en sistemas WDM de alta capacidad (Elliot, 2021).

ITU-T G.656 está diseñada para aplicaciones de banda ancha y tiene características de dispersión cromática que permiten un rendimiento optimizado para abarcar un espectro mayor de longitudes de onda. Son especialmente útiles en sistemas que utilizan una amplia gama de longitudes de onda, extendiéndose más allá de las bandas C y L tradicionales utilizadas en las telecomunicaciones por fibra óptica (Amiri et al., 2020).

### **2.2.9 Dispersión del modo de polarización (PMD)**

Ferrari et al. (2020) define dispersión del modo de polarización (PMD, por sus siglas en inglés) como un fenómeno en el que la velocidad de propagación de

los modos de polarización de la luz en una fibra óptica varía debido a las diferencias en la polarización. Esta variación en la velocidad puede causar distorsiones en las señales ópticas y limitar la transmisión de datos a través de la fibra. Además, se presentan de manera precisa y sintética algunos aspectos clave relacionados con la PMD:

La dispersión del modo de polarización se puede describir mediante ecuaciones que relacionan la diferencia de tiempo entre las dos polarizaciones principales (DGD, por sus siglas en inglés) con la frecuencia angular ( $\omega$ ) y el coeficiente de PMD (PMD):

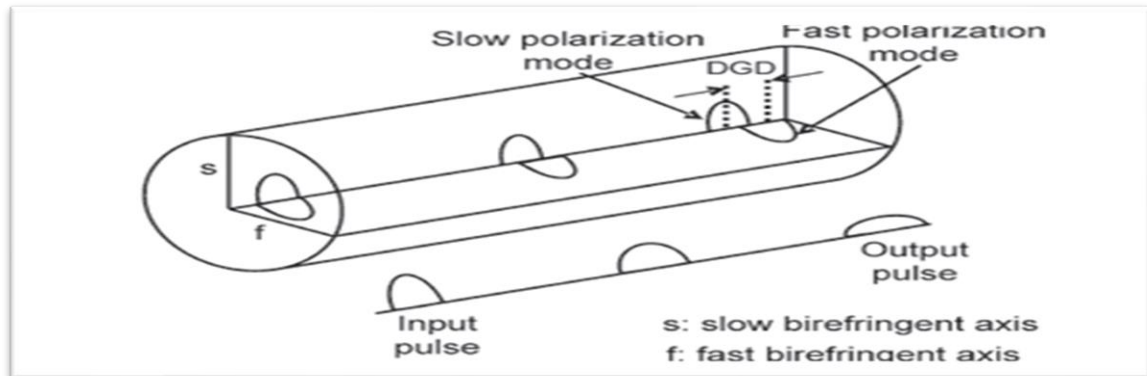
$$DGD = PMD \times \sqrt{L \times \omega}$$

El coeficiente de PMD se expresa generalmente en picosegundos por kilómetro ( $\text{ps}/\text{km}^{0.5}$ ) y es un valor que caracteriza la PMD en una fibra óptica específica. Los valores típicos de PMD pueden variar según el tipo de fibra y las condiciones de operación. Por ejemplo, en fibras de dispersión cero (DSF), el PMD puede ser bajo, del orden de  $0.01 \text{ ps}/\text{km}^{0.5}$  o menos (Ferrari et al. 2020).

Las normativas y estándares relevantes para la PMD incluyen recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) como G.650.1, que aborda las características de PMD en fibras ópticas. El coeficiente de PMD se mide en picosegundos por kilómetro elevado a la mitad ( $\text{ps}/\text{km}^{0.5}$ ). Los umbrales de PMD varían según la aplicación y la velocidad de transmisión. En sistemas de alta velocidad y larga distancia, los umbrales suelen ser bajos, y valores de PMD por debajo de  $0.1 \text{ ps}/\text{km}^{0.5}$  pueden ser aceptables (Ferrari et al. 2020). En la figura 4 se esquematiza el DGD en el PMD de las fibras ópticas.

#### Figura 04

*Esquematación del retardo de grupo diferencial (DGD) en Dispersión de modo de despolarización*



*Nota.* Adaptado de Gibbon, T.B., Wu, L., Waswa, D.W., Conibear, A.B., & Leitch, A.W.R. (2008). Polarization mode dispersion compensation for the South African optical-fiber telecommunication network. Fuente: Gibbon et al. (2023)

Elliot (2021), menciona que, en el ámbito normativo, la PMD es un parámetro clave en las especificaciones de las fibras ópticas y los sistemas de comunicación. Organismos como la ITU y el IEEE han establecido estándares y recomendaciones para la medición y la especificación de la PMD en fibras ópticas. Por ejemplo, la normativa ITU-T G.652 establece los límites de PMD para diferentes tipos de fibras ópticas monomodo. Estos estándares son esenciales para garantizar la calidad y la fiabilidad de las redes de fibra óptica, especialmente en aplicaciones de alta velocidad donde la PMD puede ser un factor limitante significativo.

Elliot (2021), también menciona que, la gestión de la PMD es crucial en el diseño de sistemas de fibra óptica. Los ingenieros deben considerar la PMD al seleccionar el tipo de fibra, al diseñar sistemas de transmisión y al implementar estrategias de compensación de PMD. En sistemas de alta velocidad, donde la PMD puede causar una degradación significativa de la señal, se utilizan técnicas de compensación activa y pasiva. La compensación activa implica el uso de dispositivos que ajustan dinámicamente las propiedades de la señal para mitigar los efectos de la PMD, mientras que la compensación pasiva utiliza configuraciones específicas de la fibra y dispositivos ópticos para minimizar la PMD.

### **2.2.10 Pérdida de retorno Óptico (ORL)**

Para Laferrière et al. (2018), la pérdida de retorno óptico está representada por la potencia luminosa total acumulada reflejada hacia la fuente del tramo óptico. La relación logarítmica de la potencia incidente a la potencia reflejada en el origen de la fibra se expresa en decibeles (dB).

Para Grazzini (2020), si la potencia incidente en la unión es  $P_i$  y la potencia reflejada es  $P_r$ , las pérdidas por retorno (PR) se definen como:

$$PR = 10 \times \text{Log} \frac{P_i}{P_r}$$

Un conector es mejor a medida que mayor es el valor de pérdidas por retorno.

### **2.2.11 Tipos de Fibra Óptica**

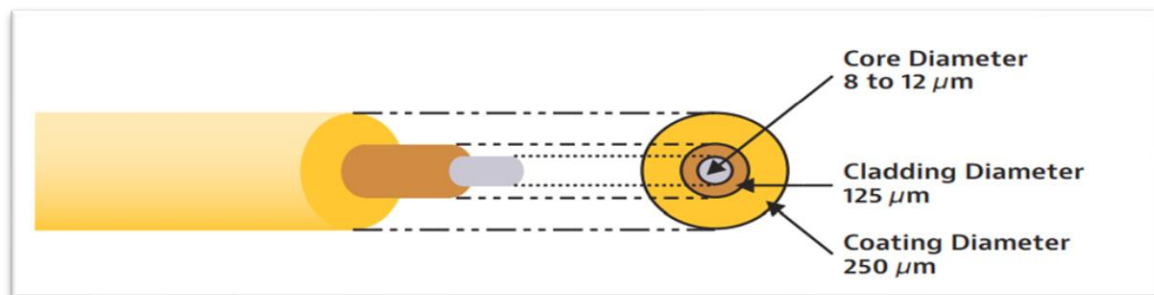
Para Laferrière et al. (2018), de acuerdo con la forma que la luz se desplaza a través de la fibra óptica, se clasifica en varios tipos (multimodo o monomodo). El diámetro del núcleo y el revestimiento están estrechamente relacionados con el tipo de fibra. Según ITU (2019), existen un conjunto de características que definen una fibra óptica. El diámetro de campo modal en fibra óptica se refiere al tamaño máximo de un haz de luz que puede viajar a través del núcleo de la fibra sin experimentar reflexiones internas totales. El coeficiente de dispersión cromática indica la capacidad de la fibra para dispersar diferentes longitudes de onda de luz, lo que puede afectar la calidad de la transmisión. La longitud de onda de corte del cable es la longitud de onda mínima a la que la fibra deja de transmitir señales de manera eficiente. El coeficiente de atenuación mide la pérdida de señal a medida que la luz viaja a lo largo de la fibra, y un coeficiente bajo es esencial para una transmisión de datos efectiva. Por último, el coeficiente de polarización de modo diferencial (PMD) cuantifica la variación en la velocidad de propagación de los diferentes modos de polarización de la luz en la fibra, lo que puede causar distorsiones en la señal y afectar la calidad de la transmisión en sistemas de

comunicación de alta velocidad. Los tipos de fibra óptica variarán de acuerdo a los parámetros previamente mencionados.

- a) Fibra monomodo. Una fibra monomodo puede transportar señales de 10Gbit/s, 40Gbit/s y más a largos períodos de tiempo con componentes adecuados de compensación de dispersión. Se puede aumentar la capacidad de transmisión introduciendo múltiples señales de longitudes de onda ligeramente diferentes en una fibra (multiplexación de longitudes de onda dividida). La fibra monomodo tiene un núcleo que oscila entre 8 y 12  $\mu\text{m}$  y un revestimiento de 125  $\mu\text{m}$ . El ángulo entre el núcleo y el revestimiento es generalmente de 8,5°. La fibra monomodo generalmente tiene un índice de refracción de 1,465. La composición de este tipo de fibra óptica se ilustra en la figura 5.

### Figura 05

*La composición de la fibra óptica monomodo*



*Nota.* Tomado de *Reference Guide to fiber optic testing*. Fuente: Normann Engineering. (2002)

- b) Características de fibra óptica monomodo G.652.D. La mayor atenuación especificada ocurre en el rango de longitud de onda entre 1310 y 1625 nm. Se indicó la mayor atenuación a 1383 nm, que es igual o inferior que la registrada a 1310 nm. En la tabla 2, se presentan los atributos de acuerdo con la norma UIT - T G.652 que detalla las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra óptica monomodo. Este cable tiene una longitud de onda de dispersión cero alrededor de 1310 nm, pero también es usado a 1550 nm.

**Tabla 2***Parámetros de la fibra óptica monomodo ITU-T G.652.D*

CARACTERISTICA	CUALIDAD	VALOR
	Longitud de onda	1310 nm
Diámetro de campo modal	Rango de valores nominales	8.6 $\mu\text{m}$ - 9.2 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0.4 \mu\text{m}$
Diámetro de revestimiento	Nominal	125.0 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0.7 \mu\text{m}$
Error de concentricidad de Núcleo	Máximo	0.6 $\mu\text{m}$
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{minimo}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{maximo}}$	1324 nm
	$S_{0\text{minimo}}$	0.092 ps/(nm <sup>2</sup> × km)
	$S_{0\text{máximo}}$	0.073 ps/(nm <sup>2</sup> × km)
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Coeficiente de atenuación	1310 nm - 1625 nm	0.40 dB/Km
	1530-1565 nm	0.30 dB
Coeficiente PMD	M	20 cables
	Q	0.01%
	Máximo PMDQ	0.2 Ps/( $\sqrt{\text{Km}}$ )

*Nota.* Adaptado de *ITU-T Recommendations*. Fuente: ITU (2019)

### **2.2.12 Conectores de Fibra Óptica**

Los conectores de fibra óptica se crean con el objetivo de permitir una conexión y desconexión rápida en cualquier momento, minimizando las pérdidas. Los conectores y adaptadores se identifican mediante el uso de diferentes colores. En el caso de los conectores y adaptadores Multimodo, se emplea el color marfil para su representación. Por otro lado, los conectores y adaptadores Monomodo se identifican por el color azul.



El Conector ST (Straight tip) para FTTH Council Europe. (2018) se conoce también como BFOC, IEC 61754-2. Fueron los primeros conectores para PC, utilizados en 1996 y junto con este diseño, todavía se encuentran en redes LAN (principalmente industriales), presentan una pérdida de inserción de 0.25 dB y son empleados en aplicaciones de trayecto reducido y extendido. En la figura 6 se exhibe un conector óptico de tipo ST.

### **Figura 06**

*Conector óptico de tipo ST (Straight Tip)*

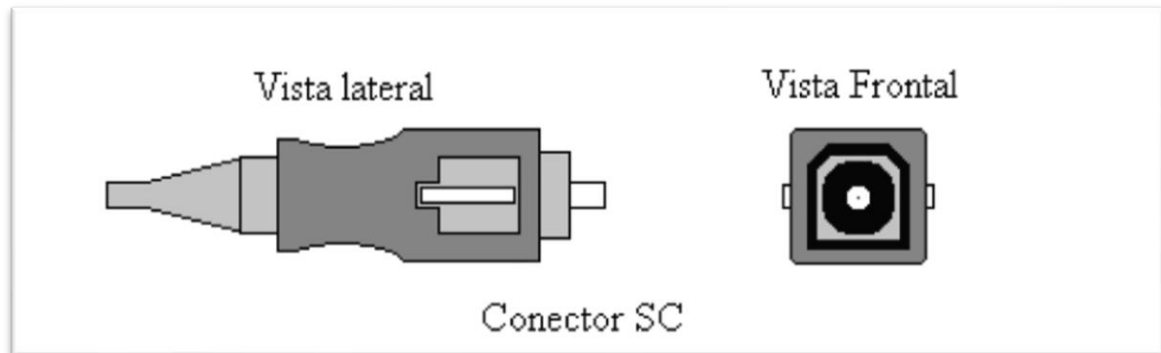


*Nota.* Tomado de *Tipos de conectores de fibra óptica: Guía sencilla*. Fuente: Promax (2019)

El Conector SC (Standard Connector) para Grazzini, H. (2020) es un conector modular fabricado con plástico de gran densidad que cuenta con un sistema de acople. Gracias a esto, es posible unir dos conectores de manera exclusiva en una única dirección. Esta característica resulta sumamente útil en el caso de los conectores dúplex, es decir, aquellos que conectan un par de fibras. Puede incluir un obturador que se cierra cuando se abre el conector para bloquear la entrada y salida de luz. La pérdida es baja, menos de 0.5 dB. En la figura 7 se exhibe un conector óptico de tipo SC.

### Figura 07

#### Conector SC



*Nota.* Tomado de *Libro académico UNTELS*. Fuente: González, J. A., & González, M. A. (2018)

El Conector LC (Lucent Connector - IEC 61754-20) para FTTH Council Europe (2018), es una nueva generación de conectores compactos, fabricado por la empresa Lucent en 1997. La estructura tiene un diámetro de 1.25 mm, además, para fibras monomodo y multimodo tiene pérdida de 0.10 dB. El acoplador dúplex tiene la misma medida que un acoplador SC, lo que permite una densidad de empaque muy alta, haciéndolo atractivo para su uso en centros de información y oficinas centrales. En la figura 8 se exhibe un conector óptico de tipo LC.

### Figura 08

#### Conector óptico de tipo LC (Lucent Connector)



*Nota.* Tomado de *Tipos de conectores de fibra óptica: Guía sencilla*. Fuente: Promax (2019)

### **2.2.13 Medición con Power Meter**

Para Allen et al. (2019), el medidor de potencia, conocido como power meter, representa una herramienta esencial dentro del campo de las telecomunicaciones y se basan en el uso de fibras ópticas, utilizado para medir la potencia de la luz transmitida mediante una fibra óptica. Este dispositivo juega un papel esencial en la evaluación y el cuidado de las redes de fibra óptica, proporcionando información vital sobre la eficiencia y la calidad de las conexiones ópticas. Los power meters están diseñados para medir un amplio rango de niveles de potencias ópticas, lo cual resulta fundamental para evaluar diferentes tipos de redes. La precisión y la sensibilidad del medidor son cruciales para obtener lecturas fiables, y su capacidad para detectar niveles bajos de potencia óptica es especialmente importante. Estos dispositivos deben ser calibrados para diferentes longitudes de onda, dada la variedad de longitudes de onda utilizadas en la fibra óptica, especialmente en las bandas de 850 nm, 1310 nm y 1550 nm.

Los power meters son herramientas indispensables para diagnosticar y resolver los problemas presentes en las redes de fibra óptica, permitiendo identificar puntos de falla como conexiones defectuosas o cables dañados. También son fundamentales para la evaluación del rendimiento de la red, asegurando que la potencia de la señal esté dentro de los parámetros esperados para una transmisión de datos eficiente, y son clave en el mantenimiento preventivo, realizando comprobaciones periódicas para asegurar el funcionamiento óptimo de la red.

### **2.2.14 Estándares y normativas de medición con Power Meter**

Hui y O'Sullivan (2022) describen que, en el ámbito de las telecomunicaciones mediante fibra óptica, los medidores de potencia óptica, también conocidos como power meters, desempeñan un papel fundamental. La precisión y confiabilidad de estos instrumentos están regidas por una serie de estándares y normativas internacionales, entre las que destacan las definidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) y otras entidades. Estos estándares garantizan que los power meters proporcionen mediciones consistentes

y precisas, esenciales para el diseño, la implementación y el mantenimiento de redes de fibra óptica. La UIT-T, como organismo líder en la estandarización de las telecomunicaciones, ha desarrollado varias recomendaciones que impactan indirectamente en los estándares de medición de potencia óptica. Por ejemplo, las directrices UIT-T G.651.1 y G.652 definen las propiedades que describen las fibras ópticas monomodo y multimodo, respectivamente, lo que a su vez influye en los parámetros de medición que deben cumplir los power meters. Además, la UIT-T L.41 ofrece directrices específicas para los equipos de prueba y medición en sistemas de fibra óptica, incluyendo aspectos como la precisión de medición, la calibración y la operatividad en diferentes condiciones ambientales.

El autor afirma que, más allá de la UIT-T, otras normativas y estándares también juegan un papel crucial. Por ejemplo, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) y la Sociedad de Telecomunicaciones (Telecommunications Industry Association, TIA) en Estados Unidos, proporcionan directrices adicionales sobre los requisitos de rendimiento y calibración de los equipos de medición óptica. Estos estándares son importantes para asegurar la interoperabilidad y la calidad en una variedad de aplicaciones y entornos operativos. Además, organismos como la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) también contribuyen con normativas relevantes, como la IEC 61746, que establece los métodos de calibración para los medidores de potencia óptica. Esta norma es particularmente importante porque detalla los procedimientos para garantizar la precisión de las mediciones, incluyendo la calibración de los instrumentos en relación con los estándares nacionales e internacionales.

En el contexto de la medición de potencia óptica, es crucial que los power meters no solo cumplan con estas normativas en términos de precisión y fiabilidad, sino que también sean capaces de adaptarse a las diversas condiciones y requerimientos específicos de las redes de fibra óptica modernas. Esto incluye la capacidad de medir con precisión en diferentes longitudes de onda, como las bandas de 850 nm, 1310 nm y 1550 nm, que son comunes en las aplicaciones de telecomunicaciones. Además, a medida que las tecnologías de fibra óptica avanzan y las redes se vuelven más complejas, los power meters deben ser capaces de

realizar mediciones precisas en sistemas que utilizan técnicas avanzadas como la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) y las comunicaciones de alta velocidad.

Para Allen et al. (2019), la conformidad con estas normativas no solo asegura la calidad y la precisión en las mediciones realizadas por los power meters, sino que también facilita la estandarización y la comparabilidad de los datos a nivel internacional, lo que es esencial para el diseño, la evaluación y el mantenimiento eficaz de las infraestructuras de telecomunicaciones globales. Por lo tanto, la elección de un power meter adecuado para una aplicación concreta requiere no solo considerar sus especificaciones técnicas, sino también su cumplimiento con los estándares y normativas relevantes, asegurando así que las mediciones realizadas sean confiables, precisas y consistentes con las prácticas y expectativas internacionales en el ámbito de las telecomunicaciones por fibra óptica.

#### **2.2.15 Medición con OTDR**

Hui y O'Sullivan (2022) describe el Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR, por sus siglas en inglés) como un instrumento sofisticado y esencial en el ámbito de las telecomunicaciones por fibra óptica, utilizado principalmente para caracterizar y localizar eventos a lo largo de una fibra óptica. Para Wang et al. (2020), los parámetros de medición en un Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR) incluyen la pérdida de inserción, que puede ser, por ejemplo, de -0.2 dB en un conector, y la reflectancia, que podría ser de -40 dB en un empalme. Además, se determina la distancia al evento, que podría ser de 5.2 kilómetros hasta un conector, y la atenuación de fibra, que puede ser de 0.25 dB/km para una fibra específica.

O'Sullivan (2022) señala que, el rango dinámico típico de un OTDR oscila entre 30 dB y 50 dB, lo que significa que puede detectar eventos de pérdida o reflectancia con niveles de señal que varían en ese rango por encima del nivel de ruido de fondo. Las trazas en un OTDR proporcionan una representación gráfica de estos valores a lo largo de la distancia. Por ejemplo, una traza puede mostrar una pérdida de -0.5 dB a 2.0 kilómetros de distancia debido a un conector, seguida

de una atenuación de 0.2 dB/km a medida que la señal se propaga a través de la fibra, y finalmente, una reflectancia de -45 dB a 3.5 kilómetros debido a un empalme.

### **2.2.16 Uso de la bobina en OTDR**

Yu et al. (2020) en las conexiones de fibra óptica, la bobina desempeña un papel crucial, especialmente cuando se trata de las pruebas y mediciones utilizando un Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR). La bobina de lanzamiento, también conocida como bobina de prueba o bobina de líder, es un largo de fibra óptica enrollada que se utiliza para conectar el OTDR a la fibra que se va a probar. Esta bobina tiene varias funciones importantes y su uso está estrechamente relacionado con la longitud de la bobina y el ancho de pulso del OTDR. Este autor menciona que, la principal función de la bobina de lanzamiento es crear una "zona muerta" al inicio de la fibra óptica que se está probando. Las zonas muertas son áreas donde el OTDR no puede realizar mediciones debido a la saturación del detector inmediatamente después de emitir un pulso. Al usar una bobina de lanzamiento, la zona muerta ocurre en el interior de la bobina, permitiendo así que el OTDR realice la medición efectivamente desde el principio de la fibra que se está probando.

Yu et al. (2020) también menciona que, la longitud de la bobina de lanzamiento es un factor crítico. Debe ser lo suficientemente larga para asegurar que la zona muerta del OTDR se contenga completamente dentro de ella. La longitud típica de una bobina de lanzamiento puede variar desde distancias cortas hasta cientos de metros, dependiendo de las características del OTDR, como el ancho de pulso y la sensibilidad. Para anchos de pulso más largos, que se utilizan para medir distancias más largas, se requiere una bobina de lanzamiento más larga para acomodar la zona muerta correspondientemente más extensa. El ancho de pulso del OTDR también influye en la resolución de la medición. Un pulso más corto proporciona una mejor resolución, lo que permite detectar eventos más cercanos entre sí en la fibra. Sin embargo, los pulsos más cortos tienen menos energía y, por lo tanto, menos alcance. Por otro lado, un pulso más largo tiene más alcance, pero proporciona una resolución más baja. La elección del ancho de pulso depende

del tipo de medición que se realice y de la longitud de la fibra óptica que se esté probando.

Yu et al. (2020) afirma que, las "zonas muertas" se refieren a las áreas en la fibra óptica donde el dispositivo no puede medir con precisión debido a la limitación temporal de su capacidad de resolución. Estas zonas muertas pueden ocurrir en el extremo inicial y final de una fibra o en áreas cercanas a eventos de alta reflectancia, como empalmes o conectores. La zona muerta inicial se debe a la incapacidad del OTDR para medir las características de la fibra inmediatamente después de que se emite el pulso de luz. La zona muerta final, por otro lado, se refiere a la porción de la fibra óptica en la que el OTDR no puede detectar eventos debido al tiempo que le toma al dispositivo cambiar de la etapa de emisión a la de recepción. Estas zonas muertas pueden variar en longitud según las especificaciones del OTDR, y su importancia radica en la limitación para identificar eventos o características en la fibra dentro de estas regiones. En la interpretación de las mediciones del OTDR, es esencial tener en cuenta estas zonas muertas y considerar que los eventos ubicados en ellas pueden no ser visibles o medibles con precisión.

### ***2.2.17 Normativas para la medición con ODTR***

Hui y O'Sullivan (2022) refiere que, la normativa para la medición con un Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR) es establecida por varios organismos internacionales que definen estándares en el área de las telecomunicaciones y la tecnología de fibra óptica, asegurando mediciones precisas, consistentes y confiables. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) en su recomendación G.650.2 proporciona definiciones y términos relacionados con las técnicas de medición en fibras ópticas, incluyendo aspectos fundamentales para las mediciones del OTDR como la reflexión de la luz y la dispersión. La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) ha desarrollado la norma IEC 61746, que establece los métodos de calibración para los OTDR, esencial para garantizar que estos dispositivos estén calibrados adecuadamente para mediciones precisas y fiables. En Estados Unidos, la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA) y la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) han

desarrollado el estándar TIA/EIA-455-61, especificando los procedimientos de prueba para OTDRs, un estándar ampliamente reconocido y utilizado globalmente. Además, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y la IEC, en su norma conjunta ISO/IEC 14763-3, establecen métodos y procedimientos para la prueba y medición de instalaciones de fibra óptica, incluyendo el uso de OTDRs, lo que es particularmente relevante para la implementación y el cuidado de redes de fibra óptica.

Hui y O'Sullivan (2022) también menciona que las normativas son cruciales para los profesionales en el campo de la fibra óptica, ya que proporcionan directrices claras sobre cómo realizar mediciones precisas y cómo interpretar los datos recogidos por un OTDR. Aseguran que los equipos utilizados estén alineados con los estándares internacionales, lo que es esencial para la interoperabilidad y la comparabilidad de los datos en diferentes sistemas y regiones. El cumplimiento de estas normativas garantiza la calidad y la fiabilidad de las mediciones realizadas durante la instalación, el diagnóstico y el cuidado de las redes de fibra óptica, aspectos fundamentales para el funcionamiento eficiente y la longevidad de estas infraestructuras críticas.

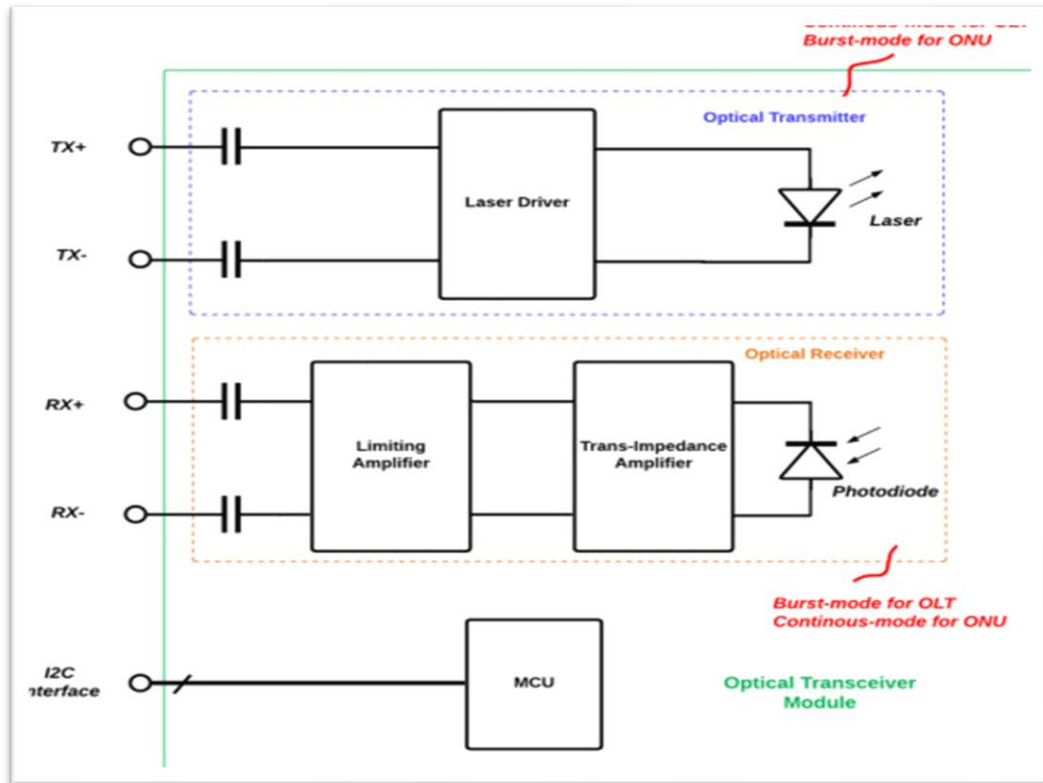
### **2.2.18 Transceiver**

Hui y O'Sullivan (2022) menciona que, en conexiones de fibra óptica el transceiver, también conocido como transceptor óptico, es un dispositivo esencial en las redes de comunicaciones ópticas que combina las funciones de transmisión y recepción de datos en una única unidad. Estos dispositivos integran un láser o un diodo emisor de luz (LED) para transmitir datos y un fotodiodo para recibir datos, facilitando así la comunicación bidireccional a través de la fibra óptica. Los transceivers son fundamentales en sistemas de telecomunicaciones, redes de datos y enlaces de comunicación de alta velocidad, y suelen tener interfaces estandarizadas como SFP, SFP+, XFP, QSFP, entre otros, para asegurar la compatibilidad con una variedad de equipos. En la figura 9 se ilustra un diagrama simplificado del transceptor óptico.



**Figura 09**

*Diagrama de bloques simplificado del módulo transceptor óptico PON típico.*



*Nota. Adaptado de Optical transmitters and receivers are usually supplied with a pigtail that couples power from the laser diode or to the receiver diode. Fuente: Bassani et al. (2005)*

Hui y O'Sullivan (2022) también mencionan que, las velocidades de transmisión de los transceivers varían ampliamente, desde 1 Gbps hasta 100 Gbps o más, dependiendo del tipo y la aplicación. Además, pueden cubrir distancias que van desde unos pocos metros hasta cientos de kilómetros, basándose en el tipo de transceiver y la calidad de la fibra utilizada. La potencia máxima de estos dispositivos está limitada por normativas de seguridad y eficiencia, generalmente no exceden los +5 dBm, mientras que la potencia mínima está determinada por la necesidad de mantener una señal detectable por encima del ruido de fondo, pudiendo ser tan baja como -30 dBm en receptores de alta sensibilidad.

Este autor asevera que, los transceivers operan en diferentes "lambdas" o longitudes de onda, que varían según su diseño y aplicación. Las más comunes

son 850 nm para aplicaciones de corta distancia, y 1310 nm y 1550 nm para aplicaciones de larga distancia y redes metropolitanas. En sistemas WDM, se utilizan múltiples longitudes de onda en el rango de 1550 nm para aumentar la capacidad de transmisión. La sensibilidad del transceiver es un aspecto crucial, refiriéndose a la mínima potencia de luz que el receptor puede detectar y convertir en una señal eléctrica utilizable. Esta sensibilidad determina la distancia máxima de transmisión y la calidad de la señal, siendo en transceivers de alta calidad tan baja como -40 dBm, lo que permite detectar señales muy débiles. En resumen, los transceivers en conexiones de fibra óptica son componentes críticos que permiten una comunicación eficiente y efectiva en redes ópticas, y sus características técnicas como la potencia, las longitudes de onda de trabajo y la sensibilidad son clave para su adecuación en diferentes aplicaciones y entornos de red.

### ***2.2.19 Pruebas de operatividad: Modelo OSI***

Para Obaid y Abeed (2020), el Modelo OSI (Open Systems Interconnection) es un marco conceptual que divide las funciones de una red de telecomunicaciones en siete capas, cada una con roles específicos. En las pruebas de operatividad, este modelo se utiliza para evaluar y diagnosticar problemas en diferentes niveles de la red, asegurando un enfoque sistemático y detallado. Al utilizar el Modelo OSI en pruebas de operatividad, los especialistas en redes examinan cada capa para asegurarse de que esté funcionando correctamente. Comienzan con la Capa 1, la capa física, donde se verifican las conexiones físicas, como cables y dispositivos de red, para detectar problemas como cortes o deterioros. Luego, en la Capa 2 que corresponde a la capa de enlace de datos, se analiza cómo los dispositivos manejan la transmisión de datos, incluyendo la detección y corrección de errores, y el control de acceso al medio.

En la Capa 3, la capa de red, el enfoque está en el enrutamiento y la entrega de paquetes a través de diferentes redes. Se comprueba la eficiencia del enrutamiento y la correcta segmentación y reensamblaje de paquetes. La Capa 4, que corresponde a la capa de transporte es crucial ya que garantiza la transmisión confiable y eficiente de datos entre sistemas finales. Aquí se verifica la integridad de los datos y el control de flujo. La Capa 5, conocida como la capa de sesión,

gestiona las sesiones de comunicación entre dispositivos. En las pruebas, se asegura que las sesiones puedan establecerse, mantenerse y finalizarse correctamente. La Capa 6, conocida como la capa de presentación, se ocupa de la traducción de datos entre formatos que los dispositivos de red pueden interpretar. Se verifica que la codificación y decodificación de datos se realice sin errores.

Finalmente, la Capa 7, también conocida como la capa de aplicación, es la más cercana al usuario final. Aquí se verifica la correcta entrega y funcionalidad de los servicios de aplicación, como el correo electrónico, navegadores web y otros programas que dependen de la red. Al examinar la red a través del prisma del Modelo OSI, los técnicos pueden identificar y localizar problemas en la red de manera más efectiva, asegurando que cada capa funcione correctamente y en armonía con las demás. Esta aproximación metódica es fundamental para el diagnóstico y mantenimiento eficiente de redes complejas.

#### **2.2.20 Pruebas de operatividad: Protocolo TCP/IP**

Si et al. (2021), menciona que el protocolo TCP/IP, es fundamental para el funcionamiento de la mayoría de las redes modernas, incluido Internet, juega un papel crucial en las pruebas de operatividad de redes. Como conjunto de protocolos de comunicación, TCP/IP facilita el intercambio de datos entre dispositivos en una red y se utiliza para verificar y garantizar la correcta transmisión y recepción de datos. TCP (Transmission Control Protocol) es el componente que proporciona conexiones confiables y orientadas a la conexión en la red. Durante las pruebas de operatividad, se verifica que TCP pueda establecer una conexión segura y mantener la integridad de los datos durante la transmisión. Esto implica asegurarse de que los datos se envíen en orden, sin errores, y con confirmaciones adecuadas de recepción. Además, TCP se encarga de controlar el flujo de datos para evitar la saturación de la red, un aspecto crítico en entornos de red congestionados o con recursos limitados.

Por otro lado, IP (Internet Protocol) es responsable del enrutamiento de paquetes de datos de un punto a otro. Las pruebas de operatividad con IP implican asegurarse de que los paquetes de datos puedan ser dirigidos correctamente

desde su origen hasta su destino, lo cual incluye atravesar múltiples redes y enrutadores si es necesario. Esto se hace a través de la asignación y el uso adecuado de direcciones IP, y la verificación de que las rutas de enrutamiento son eficientes y libres de errores. Durante las pruebas, también se presta atención a cómo TCP/IP maneja la fragmentación y reensamblaje de paquetes, especialmente cuando los paquetes atraviesan redes con diferentes limitaciones de tamaño de paquete. Además, se monitorea la capacidad del protocolo para manejar situaciones donde la red está congestionada o cuando hay problemas de calidad de la conexión, como la pérdida de paquetes o la variabilidad en la latencia (jitter).

### **2.2.21 Pruebas de operatividad: DNS**

Mukti y Kusrahardjo (2020), mencionan que, el DNS (Domain Name System) es un componente vital en la infraestructura de Internet y redes, actuando como el sistema que traduce los nombres de dominio, fáciles de recordar, en direcciones IP numéricas que las computadoras utilizan para identificarse en la red. En las pruebas de operatividad de red, el DNS es fundamental para asegurar que los usuarios y sistemas puedan localizar y acceder a los recursos en línea de manera eficiente. Durante una prueba de operatividad, se evalúa la capacidad del DNS para resolver correctamente los nombres de dominio. Esto implica enviar consultas a los servidores DNS y verificar que devuelvan la dirección IP correcta asociada con cada nombre de dominio. Un funcionamiento adecuado del DNS es crucial para garantizar que cuando los usuarios intentan acceder a un sitio web o utilizar un servicio en línea, sean dirigidos al servidor correcto sin demoras innecesarias.

La prueba también incluye la verificación de la velocidad y la fiabilidad de las respuestas del DNS. Un DNS lento o inestable puede resultar en tiempos de carga prolongados de las páginas web o incluso en la incapacidad de acceder a servicios en línea, lo cual es crítico para la experiencia del usuario y para la eficiencia operativa de las empresas. Además, se examina la correcta configuración de los registros DNS, como A (direcciones), CNAME (nombres canónicos), y MX (correo electrónico), que son esenciales para el enrutamiento correcto y la entrega de servicios en línea. Otro aspecto importante en la prueba de DNS es la resistencia y seguridad del sistema. Esto incluye asegurarse de que el DNS pueda manejar

altos volúmenes de tráfico sin degradar el rendimiento y que esté protegido contra ataques comunes, como el envenenamiento de caché DNS, donde los atacantes intentan redirigir a los usuarios a sitios maliciosos.

### **2.2.22 Pruebas de operatividad: NAT**

Para Kruger y Hancke (2020), el NAT (Network Address Translation) es una técnica crucial en la gestión de redes que permite que múltiples dispositivos en una red local compartan una única dirección IP pública para acceder a Internet. En el contexto de las pruebas de operatividad de red, el NAT desempeña un papel significativo en asegurar que la traducción y el mapeo de direcciones se realicen de manera eficiente y precisa. Durante una prueba de operatividad, se examina cómo NAT maneja la conversión de direcciones IP privadas, asignadas a dispositivos individuales dentro de una red local, a una dirección IP pública utilizada para comunicarse en Internet. Esta prueba es crucial para verificar que los dispositivos dentro de una red privada puedan acceder a recursos externos sin problemas, mientras mantienen una gestión eficiente del limitado espacio de direcciones IP públicas.

Un aspecto clave que se evalúa es la capacidad de NAT para manejar correctamente las sesiones de comunicación entrantes y salientes. Esto incluye asegurarse de que las solicitudes de los dispositivos internos se redirigen adecuadamente a través de la dirección IP pública y que las respuestas de los servidores externos se mapean de vuelta a los dispositivos internos correctos. Este proceso es fundamental para que las aplicaciones que dependen de la conectividad a Internet, como la navegación web y los servicios de correo electrónico, funcionen correctamente. También se verifica la configuración de NAT para identificar posibles problemas de seguridad o conflictos de direcciones. Por ejemplo, una configuración incorrecta puede exponer la red a riesgos de seguridad o causar problemas en la conectividad, como la imposibilidad de establecer ciertas conexiones entrantes. Además, se evalúa cómo NAT gestiona diferentes tipos de tráfico y protocolos, asegurando que servicios como VoIP y juegos en línea, que pueden ser sensibles a la manipulación de direcciones, operen sin interrupciones.

### **2.2.23 Pruebas de operatividad: ICMP**

Para Kruger y Hancke (2020), el ICMP (Internet Control Message Protocol) es un protocolo fundamental en la suite de protocolos de Internet, utilizado principalmente para transmitir mensajes de error y operativos sobre el estado de la red. En las pruebas de operatividad de red, ICMP desempeña un papel crucial en el diagnóstico y la gestión de problemas de red. Durante una prueba de operatividad, se utiliza ICMP para verificar la salud y la accesibilidad de varios componentes de la red. Por ejemplo, herramientas como Ping y Traceroute, que se basan en ICMP, se emplean para probar la conectividad entre dispositivos en la red. Estas herramientas envían mensajes ICMP y esperan respuestas para determinar si un host está activo y cuánto tiempo tardan los paquetes en llegar a su destino y volver, proporcionando información vital sobre la latencia y la pérdida de paquetes en la red.

ICMP también es útil para identificar problemas de enrutamiento. Los mensajes como "destination unreachable" pueden indicar que un host no es accesible, mientras que los mensajes "time exceeded" pueden sugerir problemas con los bucles de enrutamiento o tiempos de espera excesivamente largos. Esta información es importante para los administradores de red al diagnosticar y resolver problemas de conectividad y enrutamiento. Además, ICMP puede ser utilizado para probar la capacidad de la red para manejar ciertos tipos de condiciones de error. Al generar mensajes de error deliberadamente, se puede evaluar cómo reaccionan los dispositivos de la red ante situaciones anómalas. Esto es importante para asegurarse de que la red sea robusta y pueda manejar situaciones inesperadas sin degradar significativamente el rendimiento.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que algunos dispositivos de red o sistemas pueden estar configurados para limitar o ignorar el tráfico ICMP por razones de seguridad, ya que puede ser utilizado para mapear una red o para ataques de denegación de servicio. Esto significa que mientras que ICMP es una herramienta valiosa para las pruebas de operatividad, los resultados deben interpretarse dentro del contexto de la configuración y las políticas de seguridad de la red.

### **2.2.24 Pruebas de operatividad: Ping**

Para Kruger y Hancke (2020), las pruebas de operatividad en una red son fundamentales para asegurarse de que todos los componentes funcionen correctamente y para diagnosticar problemas. Aquí hay una descripción de cómo se pueden utilizar algunas herramientas y conceptos clave en este proceso. La herramienta Ping, utilizada en pruebas de operatividad de redes, es esencial para evaluar la conectividad y el rendimiento de la red. Su función principal es verificar si un host en la red es accesible desde otro punto. Para ello, envía paquetes ICMP "echo request" al host objetivo y espera por paquetes "echo reply" como confirmación de que el host está activo y comunicándose.

Para este autor, además de verificar la accesibilidad, Ping mide el tiempo que tardan los paquetes en ir del origen al destino y volver, conocido como tiempo de ida y vuelta (RTT). Este tiempo es un indicador clave de la latencia en la red y es crucial para evaluar la velocidad y eficiencia de la red, especialmente en aplicaciones sensibles al tiempo como juegos en línea o VoIP. Ping también es muy útil en el diagnóstico de problemas de red. Al indicar si un host es inaccesible, puede ayudar a identificar puntos de falla en la red, como enrutadores defectuosos, problemas en enlaces de red, o configuraciones erróneas. Al ejecutar Ping hacia diferentes puntos de la red, se pueden identificar segmentos específicos donde pueden estar ocurriendo problemas.

Otro aspecto importante que Ping ayuda a detectar es la pérdida de paquetes. Esta situación, donde algunos paquetes de datos no llegan a su destino, puede indicar problemas de calidad de la red y afectar el rendimiento de aplicaciones sensibles al tiempo. La pérdida de paquetes es un indicador importante de la calidad general de la red. Sin embargo, Ping tiene sus limitaciones y consideraciones. Algunos hosts pueden estar configurados para no responder a solicitudes ICMP por razones de seguridad, lo que puede llevar a resultados engañosos. Además, Ping no mide el ancho de banda ni la capacidad total de la red, centrándose únicamente en la latencia y la accesibilidad. Por lo tanto, los resultados deben interpretarse con cautela y, para un diagnóstico completo de la

red, generalmente se complementa con otras herramientas y métodos de diagnóstico.

### **2.2.25 Pruebas de velocidad**

Para Kruger y Hancke (2020), NetPerSec y Speedtest son herramientas populares utilizadas para medir la velocidad de la red, cada una proporcionando una manera de evaluar el rendimiento de la conexión a Internet y de la red local. NetPerSec es una aplicación que mide la velocidad a la que su computadora puede enviar y recibir datos a través de su conexión a la red. Es particularmente útil para monitorear la velocidad en tiempo real, lo que permite a los usuarios ver cómo fluctúa la velocidad de su red mientras realizan diferentes actividades en línea, como descargar archivos, transmitir videos o jugar juegos en línea. NetPerSec ofrece una visión instantánea del rendimiento actual de la red, lo cual es valioso para diagnosticar problemas de rendimiento en tiempo real o para verificar la estabilidad de la conexión a lo largo del tiempo.

Speedtest, por otro lado, es una herramienta ampliamente utilizada para medir la velocidad de la conexión a Internet. Operado por Ookla, Speedtest realiza pruebas de velocidad enviando y recibiendo datos desde y hacia un servidor remoto, midiendo así la velocidad de descarga y carga de la conexión a Internet. Además de medir la velocidad de la conexión, también proporciona información sobre la latencia o el ping, que es crucial para aplicaciones que requieren una respuesta en tiempo real, como los juegos en línea y las videollamadas. Speedtest es útil para verificar si la velocidad de Internet que proporciona el ISP (Proveedor de Servicios de Internet) coincide con la velocidad prometida en el plan contratado y para identificar posibles problemas de conectividad o rendimiento en la red.

Ambas herramientas, NetPerSec y Speedtest, son valiosas para realizar pruebas de velocidad de red. Mientras NetPerSec es ideal para monitorear el rendimiento de la red en tiempo real y en un entorno local, Speedtest es más adecuado para evaluar la velocidad de la conexión a Internet y la calidad general del servicio proporcionado por el ISP. Utilizadas juntas, estas herramientas pueden proporcionar una comprensión completa del rendimiento de la red, tanto en el



ámbito local como en la conexión a Internet más amplia, permitiendo a los usuarios y administradores de red tomar decisiones informadas y resolver problemas de manera efectiva.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Cable de fibra óptica**

Es un medio de transmisión que emplea hilos de vidrio o plástico muy finos para transferir información mediante el envío de pulsos de luz. Ofrece alta capacidad de transmisión y velocidad, lo que lo hace adecuado para redes de alta velocidad y largas distancias (Holloway y Holloway, 2020).

#### **Cuarto de telecomunicaciones**

Espacio físico dedicado en un edificio o instalación donde se encuentran equipos y dispositivos de telecomunicaciones, como servidores, conmutadores, routers y cables. Estos cuartos permiten la interconexión de dispositivos y facilitan la gestión de la infraestructura de comunicaciones (Holloway y Holloway, 2020).

#### **Mufa**

Es también conocida en el ámbito de las telecomunicaciones como "manga", se refiere a una caja utilizado para alojar conexiones y empalmes de cables, como cables de fibra óptica. Se utiliza para proteger y gestionar las conexiones, lo que facilita el acceso y el mantenimiento de los cables (Holloway y Holloway, 2020).

#### **Empalme**

En el contexto de las telecomunicaciones se refiere a la unión o conexión de dos cables para permitir la transmisión continua de señales. En relación con la fibra óptica, los empalmes se realizan para unir dos segmentos de cable de fibra óptica y asegurar la continuidad de la señal de luz (Holloway y Holloway, 2020).

## **Tendido**

El término "tendido" se refiere al proceso de instalación y colocación de cables de telecomunicaciones, como cables de fibra óptica, en una red o una ubicación específica. El tendido implica el despliegue físico de los cables a lo largo de una ruta determinada (Holloway y Holloway, 2020).

## **Planta externa (PEXT)**

Es una sigla que se refiere a planta externa de telecomunicaciones (Dávalos, 2021).

## **Planta interna (PINT)**

Es una sigla que se refiere a planta interna de telecomunicaciones (Dávalos, 2021).

## **Service Level Agreement (SLA)**

Significa "Service Level Agreement" (Acuerdo de Nivel de Servicio) y es un contrato que establece los niveles de servicio esperados entre un proveedor de servicios y un cliente. Define los parámetros de calidad y rendimiento que deben cumplirse (Bracken y Sterling, 2021).

## **Capital Expenditure (CAPEX)**

Es la abreviatura de "Capital Expenditure" (Gasto de Capital) y se refiere a los gastos relacionados con la adquisición de activos de capital, como equipos y hardware de telecomunicaciones (Bracken y Sterling, 2021).

## **Operational Expenditure (OPEX)**

Es la abreviatura de "Operational Expenditure" (Gasto Operativo) y se refiere a los gastos recurrentes asociados con la operación y el mantenimiento de una red de telecomunicaciones, como costos de energía, mantenimiento y personal (Bracken y Sterling, 2021).

## **NODO**

En el contexto de las telecomunicaciones, un nodo es un punto de conexión en una red de comunicación. Puede ser un dispositivo como un router o un conmutador, o un punto de acceso en la red (Bracken y Sterling, 2021).

## **LAN (Local Area Network)**

Es una red de área local que conecta dispositivos dentro de un área geográfica limitada, como una oficina o un edificio. Facilita la comunicación y el intercambio de datos entre dispositivos locales (Bracken y Sterling, 2021).

## **Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)**

Significa "Optical Time Domain Reflectometer" (Reflectómetro Óptico en el Dominio Temporal) y es una herramienta de prueba que se emplea para analizar la calidad y las características de los cables de fibra óptica, identificando problemas como pérdida de señal o empalmes defectuosos (Bracken y Sterling, 2021).

## **Router**

Es un dispositivo de red que se emplea para enrutar el tráfico de datos entre redes diferentes. Controla el flujo de datos en una red y toma decisiones sobre la mejor ruta para enviar los paquetes de datos (Bracken y Sterling, 2021).

## **MPLS**

Significa "Multiprotocol Label Switching" (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo) y es una tecnología de red que se utiliza para optimizar y enrutar el tráfico de datos de manera eficiente en redes IP, especialmente en redes de gran escala (Bracken y Sterling, 2021).

## **WINBOX**

Es una interfaz gráfica de usuario utilizada para administrar y configurar dispositivos de enrutamiento y conmutación de la marca MikroTik (Bracken y Sterling, 2021).

## **Customer Premises Equipment (CPE)**

Significa "Customer Premises Equipment" (Equipo en las Instalaciones del Cliente) y se refiere a los dispositivos y equipos ubicados en las instalaciones del cliente que se utilizan para conectarse a la red de un proveedor de servicios de telecomunicaciones, como módems, routers y teléfonos (Bracken y Sterling, 2021).

### **Latencia**

El retardo, también conocido como latencia, es el tiempo que tarda un paquete de datos en viajar desde su origen hasta su destino a través de la red. Incluye el tiempo de procesamiento en cada nodo de la red, el tiempo de transmisión en cada segmento de la red, y el tiempo de propagación de la señal. La latencia puede ser afectada por la distancia física entre los dispositivos, la calidad y tipo de medio de transmisión, y la eficiencia de los dispositivos de red. Un retardo alto puede ser perceptible en aplicaciones en tiempo real como juegos en línea o llamadas de voz/video (Holloway y Holloway, 2020).

### **Variación de retardo**

La variación de retardo, a menudo relacionada con el jitter, se refiere a las fluctuaciones en el tiempo de retardo de los paquetes de datos en la red. A diferencia del jitter, que se enfoca en la variabilidad en el tiempo de llegada de los paquetes, la variación de retardo se centra más en la inconsistencia del tiempo que toma para los paquetes viajar a través de la red. Esta variación puede ser causada por cambios en las rutas de red, la congestión de tráfico, o la priorización de paquetes. Es especialmente crítica en redes que manejan tipos de tráfico mixto, donde los paquetes de datos sensibles al tiempo compiten con otros tipos de tráfico (Holloway y Holloway, 2020).

## **CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL**

### **3.1. Determinación y Análisis del Problema**

La compañía Estudio Textil S.A.C. se especializa en la producción y venta de textiles de primer nivel. En los últimos años, la empresa ha experimentado un crecimiento constante y ha incorporado tecnología en sus procesos de producción y gestión. No obstante, la organización se enfrentó a un problema crítico en su infraestructura tecnológica, específicamente en la conectividad a Internet.

#### **3.1.1. Problema general**

La principal dificultad que tuvo la empresa fue la obsolescencia tecnológica de su anterior proveedor de Internet. La empresa utilizaba la tecnología de conexión ADSL a Internet, considerada antigua, lo que limitaba significativamente su capacidad para operar de manera eficiente y competitiva en el entorno empresarial actual. En tal sentido se plantea el problema: ¿Cómo se implementó un enlace óptico dedicado utilizando el estándar G.652D y la tecnología de una Red MPLS para una Empresa Textil en el distrito de La Victoria?

#### **3.1.2. Problemas específicos**

PE1. ¿Cómo se realizó el diseño y la elaboración del requerimiento de materiales para el tendido óptico aéreo hasta la empresa Estudio Textil S.A.C?

PE2. ¿Cómo fue el procedimiento de implementación para el tendido óptico hasta las instalaciones de la empresa Estudio Textil S.A.C?

PE3. ¿Cómo fue realizada la caracterización del enlace óptico mediante mediciones con Power Meter y OTDR en la empresa Estudio Textil S.A.C?

PE4. ¿Cómo fue instalada y configurada el CPE (Customer Premises Equipment) en las instalaciones de Estudio Textil S.A.C?

PE5. ¿Cómo se realizaron las pruebas de operatividad utilizando el protocolo ICMP y validar la calidad del servicio mediante pruebas de velocidad y saturación de red en la empresa Estudio Textil S.A.C?

### **3.1.3. Consecuencias en la operatividad**

Para Dávalos (2021), las consecuencias en la operatividad se refieren a los resultados o efectos que pueden surgir como producto de las acciones, decisiones o eventos que afectan la capacidad de una organización, empresa o sistema para realizar sus operaciones de manera efectiva y eficiente.

#### **Velocidad de internet inadecuada**

La tecnología de conexión utilizada en ese momento se limitaba a 30Mbps asimétricos, lo que no proporcionaba la velocidad de internet necesaria para respaldar las operaciones de la empresa de manera eficaz. Esto ralentizó los procesos de carga de datos, descarga de archivos y comunicación en línea.

#### **Interrupciones Frecuentes**

La conexión a internet experimentaba interrupciones con regularidad, lo que afectaba negativamente la continuidad operativa de la empresa. Las caídas de conexión a internet causaron problemas de comunicación y pérdida de datos.

#### **Limitaciones en la comunicación**

La empresa no pudo aprovechar completamente las herramientas de comunicación en línea y colaboración debido a la baja calidad de la conexión a Internet.

### **3.2. Modelo de solución propuesto**

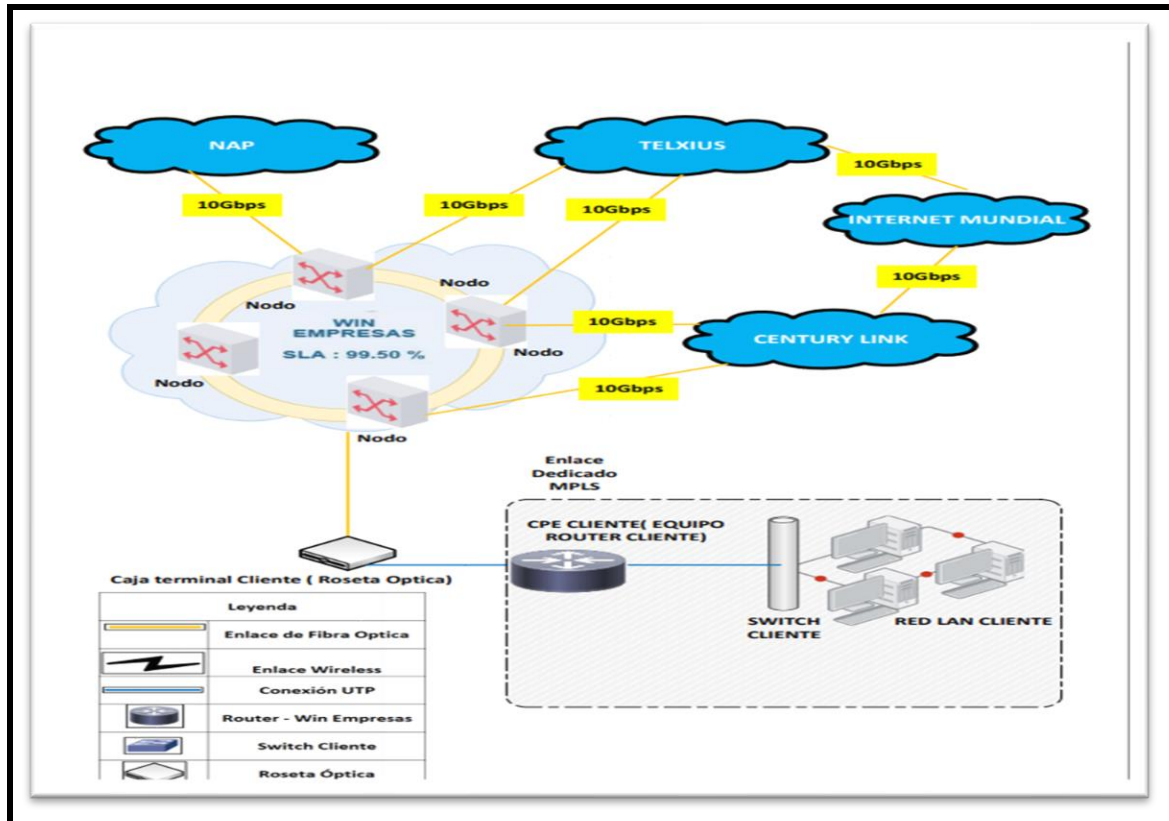
La implementación fue realizada considerando la conexión a internet por fibra óptica como medio físico de transmisión de datos y la tecnología MPLS (Multiprotocol Label Switching). Este enfoque ha demostrado ofrecer un enlace confiable y de alto rendimiento hacia Internet, respaldado por una red de proveedores de servicios de calidad.

En la figura 10, se ilustra la topología de red como arquitectura de esta solución la cual implica la conexión desde un nodo de la red MPLS de la compañía

proveedora Win Empresas hacia una roseta óptica, desde donde se establece una conexión hacia el router Mikrotik. Finalmente, el acceso a Internet se proporciona desde el router hacia el switch de la empresa textil.

**Figura 10**

*Topología de red como arquitectura.*



*Nota.* La figura ilustra la topología de red que fue implementada. Elaboración propia.

La implementación se realizó mediante la red MPLS de Win Empresas. Se desplegó fibra óptica desde el nodo de acceso más cercano a la compañía textil hasta sus instalaciones, conectando la fibra óptica a una roseta óptica y estableciendo la conexión desde allí hacia el enrutador Mikrotik. Se utilizó un patch cord de fibra óptica monomodo LC/UPC - SC/UPC de 3 mm x 3 metros, conforme a la norma G.652.D. Posteriormente, se efectuó una conexión adicional mediante un patch cord de cobre RJ45 CAT6 de 2 metros. El acceso a Internet se proporciona desde el router hacia el switch de la empresa textil.

Win Empresas como empresa proveedora de internet está asociada con otros proveedores como Telxius y Century Link para garantizar una salida redundante hacia el internet mundial. Este enfoque brinda mayor disponibilidad de servicio, asegurando una calidad de internet óptima para diversas compañías. Además, el NAP PERU proporciona a sus asociados el servicio de Peering, facilitando el intercambio local de datos para mejorar la eficiencia de enlaces y comunicación. Se presenta una breve descripción de las empresas con las que se trabajó en conjunto para implementar la solución:

### **NAP PERU**

El Punto de Intercambio de Internet de Perú (NAP PERU) es una infraestructura fundamental que facilita la interconexión de múltiples proveedores de servicios de Internet y contenido. La asociación con NAP PERU ha garantizado una conectividad más eficiente y una menor latencia al acceder a servicios en línea.

### **TELXIUS**

Es un proveedor líder en infraestructura de telecomunicaciones, con una amplia experiencia en servicios de conectividad de alta calidad. Su participación en esta solución ha contribuido a la estabilidad y velocidad de la conexión a Internet.

### **CENTURY LINK**

Es reconocido por su red de fibra óptica de gran alcance y sus servicios de conectividad empresarial confiables. Su presencia en este modelo de solución ha aportado redundancia y diversidad de rutas, lo que es esencial para garantizar la disponibilidad de Internet.

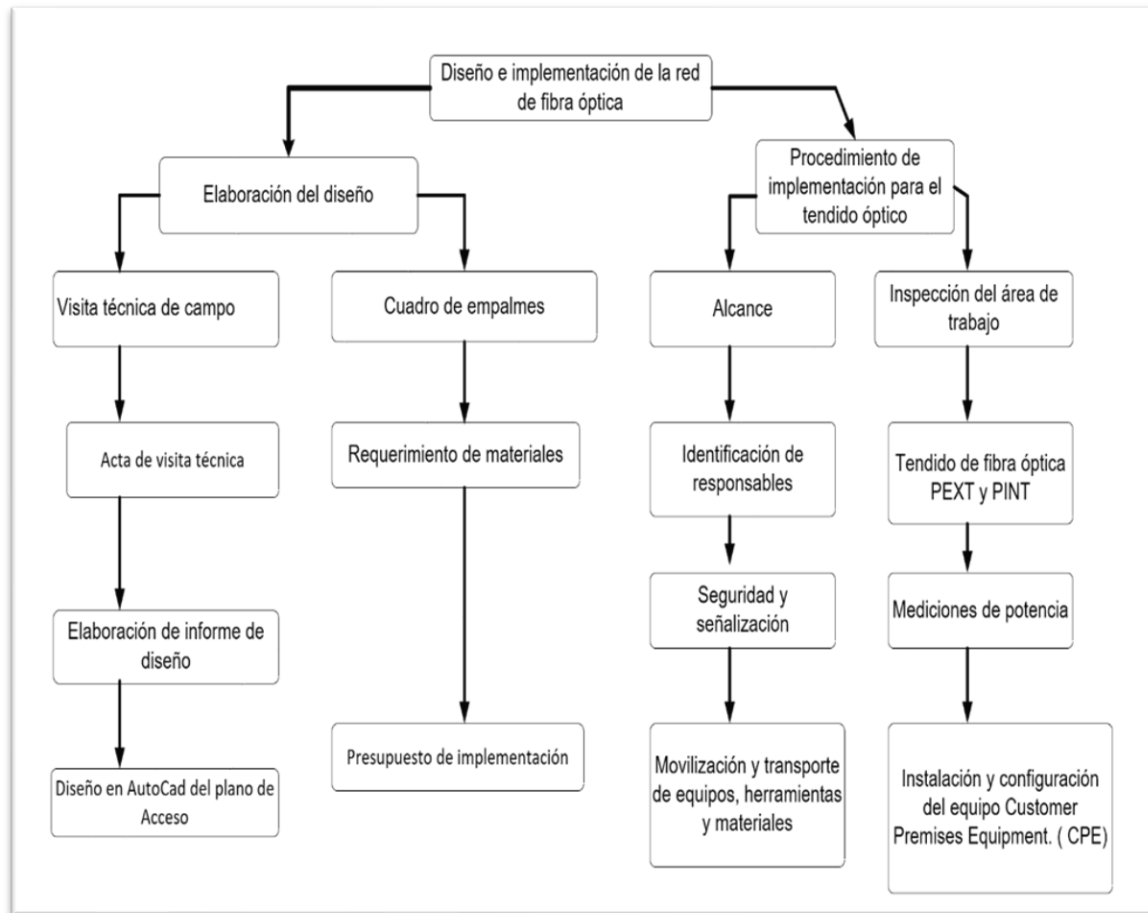
#### ***3.2.1 Diseño de la red de fibra óptica***

El diseño óptimo de la red de fibra óptica depende en gran medida de una gestión de proyectos efectiva. Este enfoque estratégico garantiza que cada fase, desde la planificación hasta la puesta en marcha, se realice de manera eficiente y exitosa. Inicialmente se realizó el diseño y la elaboración del requerimiento de materiales para la posterior implementación. El esquema de diseño e implementación de la fibra óptica se ilustra en la figura 11.



**Figura 11**

*Esquema de diseño e implementación de la fibra óptica.*



*Nota.* La figura ilustra el proceso de diseño e implementación para la ejecución de trabajos. Elaboración propia.

En la fase inicial de diseño, se proyectó el tendido óptico, comenzando con la corroboración de los datos proporcionados por el equipo de factibilidad de Win Empresas, quienes suministraron datos relevantes sobre los costos de CAPEX y OPEX. El propósito de esta fase fue determinar, mediante un análisis detallado, la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Posteriormente, se planificó una visita técnica de campo con el propósito de examinar las condiciones físicas, identificar obstáculos y confirmar si la ruta era adecuada tanto para la implementación del tendido externo como interno de la fibra óptica. Durante esta visita técnica, se generó un acta que documenta información esencial para la instalación de la fibra óptica. Al finalizar la visita técnica, se preparó

un informe que expone de manera precisa los propósitos del proyecto y los criterios considerados en el diseño.

Continuando con la etapa de diseño, se realizó la elaboración del plano de acceso en AutoCAD con el objetivo de detallar el recorrido del tendido óptico. Posteriormente, se procedió con la creación del cuadro de empalme, que especifica los hilos de fibra que fueron fusionados. Finalmente, en la etapa de diseño se elaboró un listado de todos los materiales necesarios para implementación, detallando la cantidad de fibra óptica requerida. Simultáneamente, se estableció un presupuesto detallado que comprende los costos de los materiales, la mano de obra y los gastos asociados al proyecto.

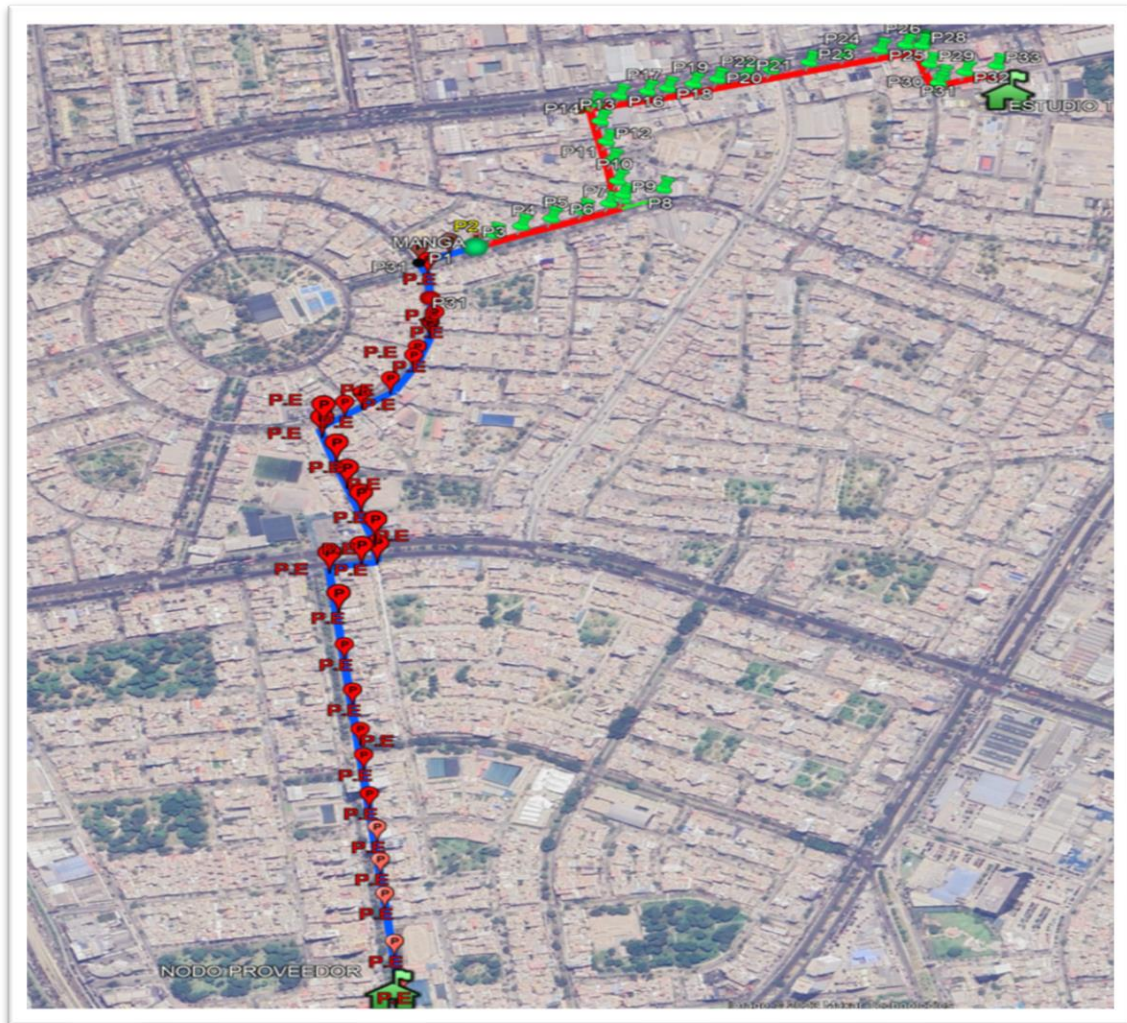
### **3.2.2 Elaboración del diseño**

El diseño de este nuevo enlace consistió en considerar la mejor ruta para realizar el tendido de la fibra óptica desde el nodo de acceso de Win Empresas hasta la empresa Estudio Textil S.A.C. El cronograma correspondiente a la fase de diseño formó parte integral de la etapa de planificación, la cual abarcó un período de 10 días, según lo detallado en el cronograma de Gantt proporcionado en el Anexo 4.

Dentro del contexto de este diseño, se realizó un estudio utilizando la herramienta Google Earth, la cual permitió la visualización de las ubicaciones geográficas y la superposición de postes proyectados durante la fase de diseño. Este enfoque facilitó la proyección de la ruta de despliegue de la fibra óptica. Además, se implementó un análisis de estimación de inversión de capital (CAPEX) y costos operativos concurrentes (OPEX). En la figura 12 se exhibe la ruta proyectada.

**Figura 12**

*Ruta proyectada para la implementación de la red de fibra óptica.*



*Nota.* En la figura se ilustra la proyección del tendido óptico utilizando como herramienta el software Google Earth. Elaboración propia.

Después de la visita técnica, se elaboró el diseño del tendido óptico en el software de AutoCAD, siguiendo rigurosamente las directrices de infraestructura externa y las reglamentaciones establecidas por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), e incluyendo las directrices de la normativa ANSI/TIA/EIA-758. Esta normativa, también conocida como 'Reglamento de infraestructura de telecomunicaciones fuera de las instalaciones pertenecientes al cliente', brinda pautas esenciales para el diseño e implementación de infraestructuras de telecomunicaciones propiedad del cliente en entornos exteriores. Las evaluaciones

y propuestas de diseño se realizaron bajo el marco de esta norma, asegurando así que el enlace cumpla con estándares de calidad, eficiencia y confiabilidad.

En la tabla 3 se exhiben las coordenadas de la totalidad de la infraestructura.

**Tabla 3**

*Descripción de la ubicación de los postes que fueron utilizados durante la implementación*

<b>Coordenadas de la infraestructura a usar</b>				
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Distancia</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Sur (m)</b>
1	Poste existente	-	280143	8664190
2	Poste existente	17.03	280159	8664196
3	Poste existente	37.04	280193	8664211
4	Poste existente	37.95	280230	8664225
5	Poste existente	41.89	280269	8664240
6	Poste existente	34.68	280301	8664253
7	Poste existente	18.57	280318	8664260
8	Poste existente	53.77	280368	8664280
9	Poste existente	58.15	280318	8664269
10	Poste existente	26.56	280311	8664294
11	Poste existente	38.73	280304	8664332
12	Poste existente	35.07	280296	8664366
13	Poste Luz del Sur (LDS)	37.93	280288	8664403
14	Poste Luz del Sur (LDS)	33.85	280281	8664436
15	Poste de Win Empresas	18.56	280269	8664441
16	Poste de Win Empresas	43.02	280311	8664450
17	Poste de Win Empresas	36	280346	8664458
18	Poste de Win Empresas	25.88	280371	8664464
19	Poste de Win Empresas	32.99	280403	8664472
20	Poste de Win Empresas	31.49	280433	8664481
21	Poste de Win Empresas	38.72	280470	8664492
22	Poste de Win Empresas	31.18	280500	8664499
23	Poste de Win Empresas	49.16	280547	8664513

<b>24</b>	Poste de Win Empresas	46.96	280592	8664526
<b>25</b>	Poste de Win Empresas	44.83	280635	8664537
<b>26</b>	Poste de Win Empresas	33.26	280667	8664546
<b>27</b>	Poste de Win Empresas	23.05	280689	8664552
<b>28</b>	Poste Luz del Sur (LDS)	17.05	280687	8664545
<b>29</b>	Poste Luz del Sur (LDS)	36.03	280697	8664511
<b>30</b>	Poste Luz del Sur (LDS)	36.39	280708	8664476
<b>31</b>	Poste Luz del Sur (LDS)	17.08	280712	8664488
<b>32</b>	Poste Luz del Sur (LDS)	31.27	280741	8664497
<b>33</b>	Poste de Win Empresas	40.68	280780	8664509

*Nota.* Adaptado con la información de la compañía Win Empresas.

### **3.2.2.1 Visita técnica de campo**

La visita técnica se realizó con el fin de evaluar los gastos asociados a la implementación del tendido de fibra óptica y verificar que la ruta planificada era idónea para utilizar tanto la infraestructura externa como interna. En la planta externa (PEXT), se evaluó el número de postes de cemento a utilizar, verificando que se encontraran en óptimas condiciones y no estuvieran saturados. Es relevante resaltar que una de las responsabilidades del analista de campo consistía en identificar el estado de los postes. En caso de encontrar un poste en mal estado, tenía la capacidad de diseñar postes adicionales que serían colocados a una distancia aproximada de 60 metros.

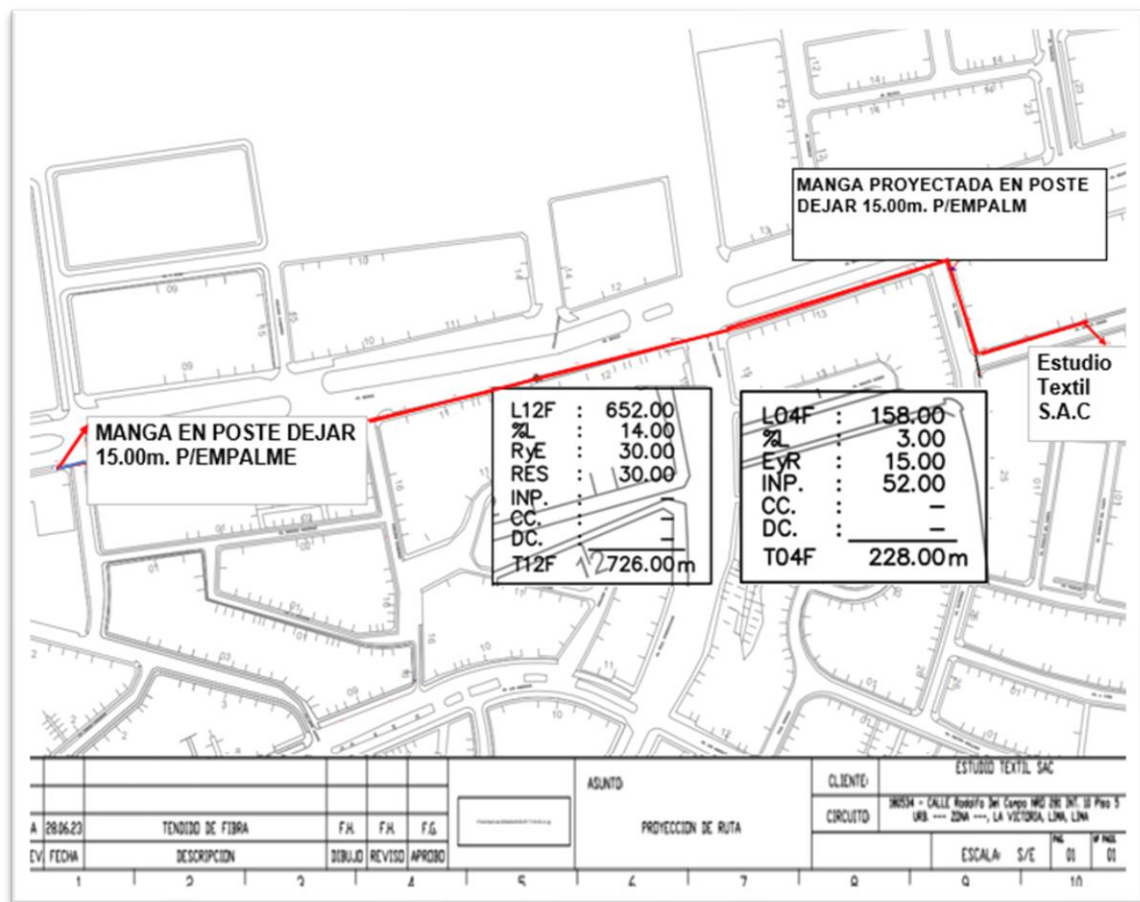
Durante la etapa de visita técnica, se realizó la elaboración de un plano de ruta para el tendido de fibra óptica, lo cual permitió planificar y visualizar de manera detallada la infraestructura requerida para la ejecución de la red de comunicaciones. La elaboración del plano de ruta proyectada para la instalación de fibra óptica se fundamenta en la necesidad de planificar y visualizar de manera detallada la infraestructura necesaria para implementar la red de comunicaciones.

En la figura 13 se exhibe el plano de la ruta proyectada para el tendido, la cual se divide en el despliegue de 12 hilos de fibra óptica externa y 4 hilos de fibra óptica para el tendido interno. Se consideró una extensión total de 652 metros para

el tendido externo y 52 metros para la parte interna. Además, se tuvo en cuenta el vano, que representa la holgura del cableado de poste a poste, con un valor equivalente al 0.02% de la distancia total de la fibra óptica. La figura también exhibe los valores de las medidas previstas para la reserva de empalme, siendo de 30 metros para instalar la manga y 15 metros para facilitar las fusiones e introducir la fibra óptica hacia la compañía.

**Figura 13**

*Plano de ruta proyectada para realizar tendido de fibra óptica.*



*Nota.* Adaptado con la información de la compañía Win Empresas.

La visita técnica de planta interna (PINT) se realizó con el objetivo de examinar cómo la fibra óptica ingresaba al interior del predio, siguiendo su recorrido a través de la ductería, buzones y/o bandejas existentes hasta alcanzar la ubicación final de los equipos. Durante este proceso, se contó con la colaboración del personal técnico de mantenimiento de la empresa textil, quienes validaron la ruta

proyectada, verificaron la disponibilidad de espacio y tomas eléctricas para la instalación de equipos en la sede. En la visita técnica, se aseguró de que el analista de diseño tuviera acceso a todas las áreas comunes y/o áreas involucradas en dicho recorrido, como sótanos, montantes, pasillos, azotea y cuartos técnicos, entre otros.

Durante la inspección, se realizaron tomas de evidencia fotográfica y se hicieron mediciones detalladas del trayecto de la fibra óptica en la sede. El personal técnico asistió con equipos de protección personal completo (EPP), documentos de identidad y fotochecks, formularios impresos del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR) vigente, desarmadores, odómetros y cintas métricas para la toma de medidas, además de equipos celulares para las fotografías.

#### **3.2.2.2 Acta de visita técnica**

Durante la visita, se generó un acta en la que el representante de la Empresa Estudio Textil S.A.C. firmó el documento. En dicha acta, se detalló el trayecto interno de la fibra óptica hacia la compañía, se especificó el tipo de inmueble de la empresa, así como el equipamiento y los materiales a utilizar en el interior. Además, se proporcionaron detalles sobre la ubicación prevista de los equipos a instalar y los requisitos necesarios para ingresar a realizar la implementación de labores dentro de la compañía, según lo detallado en el acta de visita técnica proporcionada en el Anexo 2.

#### **3.2.2.3 Elaboración de informe de diseño**

La elaboración del informe de diseño fue un paso crucial en el proyecto de implementación. Este informe tuvo el propósito de comunicar de manera efectiva los detalles del diseño a otros profesionales y partes interesadas, así como de documentar las decisiones y justificaciones detrás del diseño. En la figura 14, se detallan las consideraciones para el diseño de la instalación de fibra óptica.



## Figura 14

### Consideraciones de diseño para la fibra óptica.

1	Para reducir el número de postes y anclas, se utilizan rutas más cortas y rectas.
2	Se debe tener en cuenta que el proyecto debe contar con facilidades para instalación, operación y mantenimiento, considerando proyectar rutas con menos obstáculos (líneas eléctricas, agua, desagüe, comunicaciones), menor riesgo y con menor tránsito vehicular
3	La distancia máxima entre postes (vanos) debe ser de 100 metros.
4	En los postes de inicio y final de tramo, así como en los postes con un cambio de dirección superior a 15°, se utilizaron anclas horizontales para soportar mecánicamente el tendido de cable de fibra óptica. Se utilizaron anclas verticales en lugares donde la colocación de anclas horizontales estaba limitada por el impacto en el paso peatonal o el tránsito de vehículos.
5	En los casos que fueron usados cables (mensajeros) para anclaje estos se consideraron de un diámetro nominal de ¼ pulgada (6,4mm), con una resistencia a la rotura mínima de 2670Kg

*Nota.* La figura ilustra las consideraciones de diseño como la reducción de postes, las distancias entre vanos y el uso de anclas en cambios de direcciones. Fuente: Adecuado del manual de instalación de Win Empresas.

Luego de programar la visita técnica de campo de PEXT, se identificó la mejor ruta para realizar el tendido externo. Además, se presenta información detallada sobre el diseño realizado, que abarca desde el inicio del tendido hasta el punto de ingreso de la fibra óptica en Estudio Textil S.A.C.

El diseño de la instalación de fibra óptica inicia desde la mufa ubicada en el poste de Win Empresas en Av. México. Este diseño fue proyectado considerando realizar un tendido de forma aérea, atravesando postes de Luz del Sur (LDS) y Win Empresas, hasta llegar al poste situado frente a Estudio Textil. Desde este punto, la fibra óptica ingresa de manera aérea hasta el anclaje en la pared de la fachada, conforme se presentó en el plano de la figura 13.

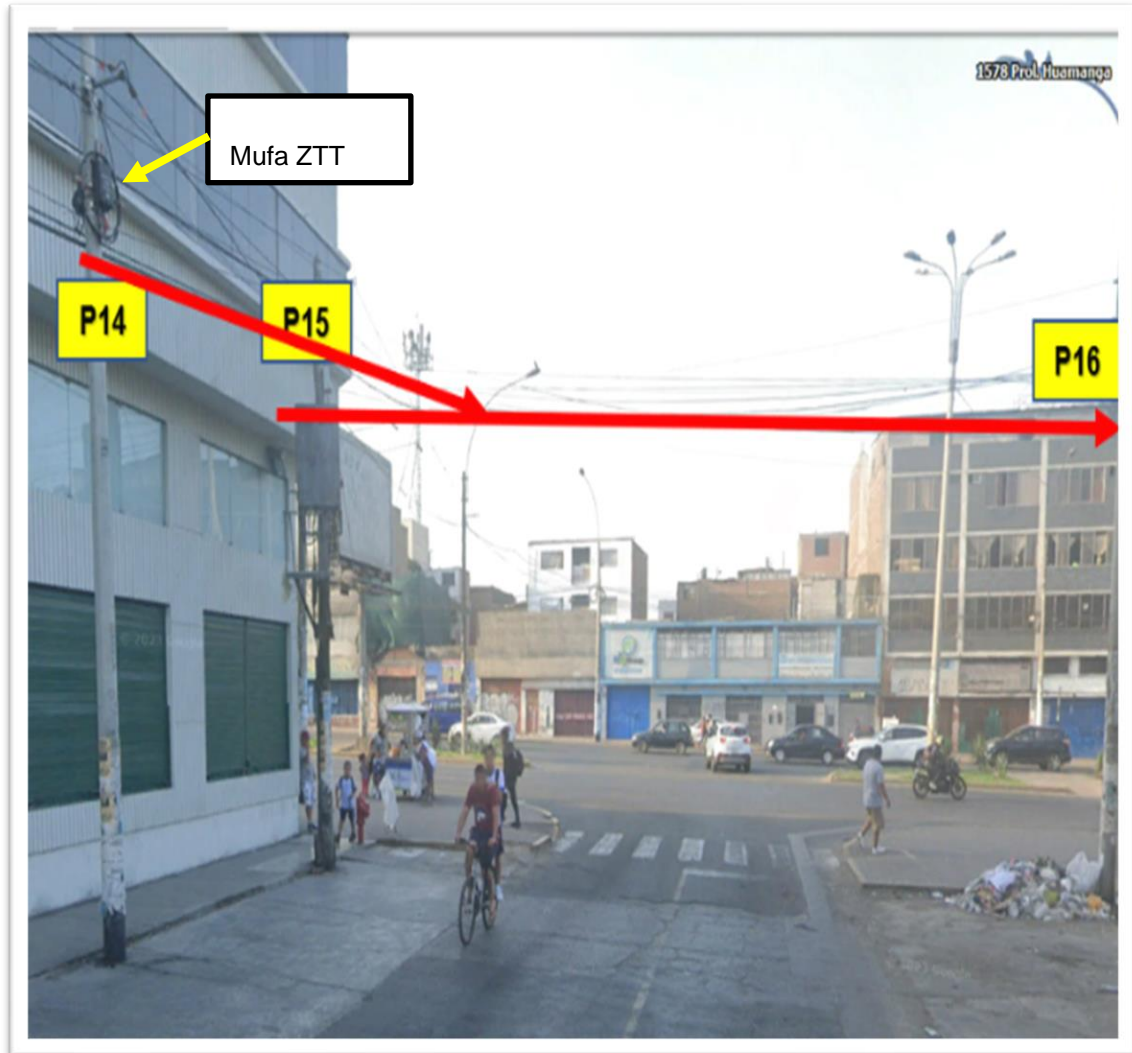
El diseño para la instalación del enlace óptico dedicado de 50 Mbps fue proyectado iniciar desde la Mufa ZTT en el poste de Win Empresas. Luego, continuó hacia la Av. México a través del tendido aéreo desde el poste P14 de luz del sur al poste P16 de Win Empresas con el apoyo del poste P15, donde se proyectó un cable mensajero, también conocido como medio tramo. Este último es



empleado para permitir la continuidad del tendido de la fibra óptica. Como se ilustra en la figura 15.

**Figura 15**

*Inicio de tendido óptico proyectado de forma aérea que inicia desde la Manga ZTT en poste de Win Empresas.*

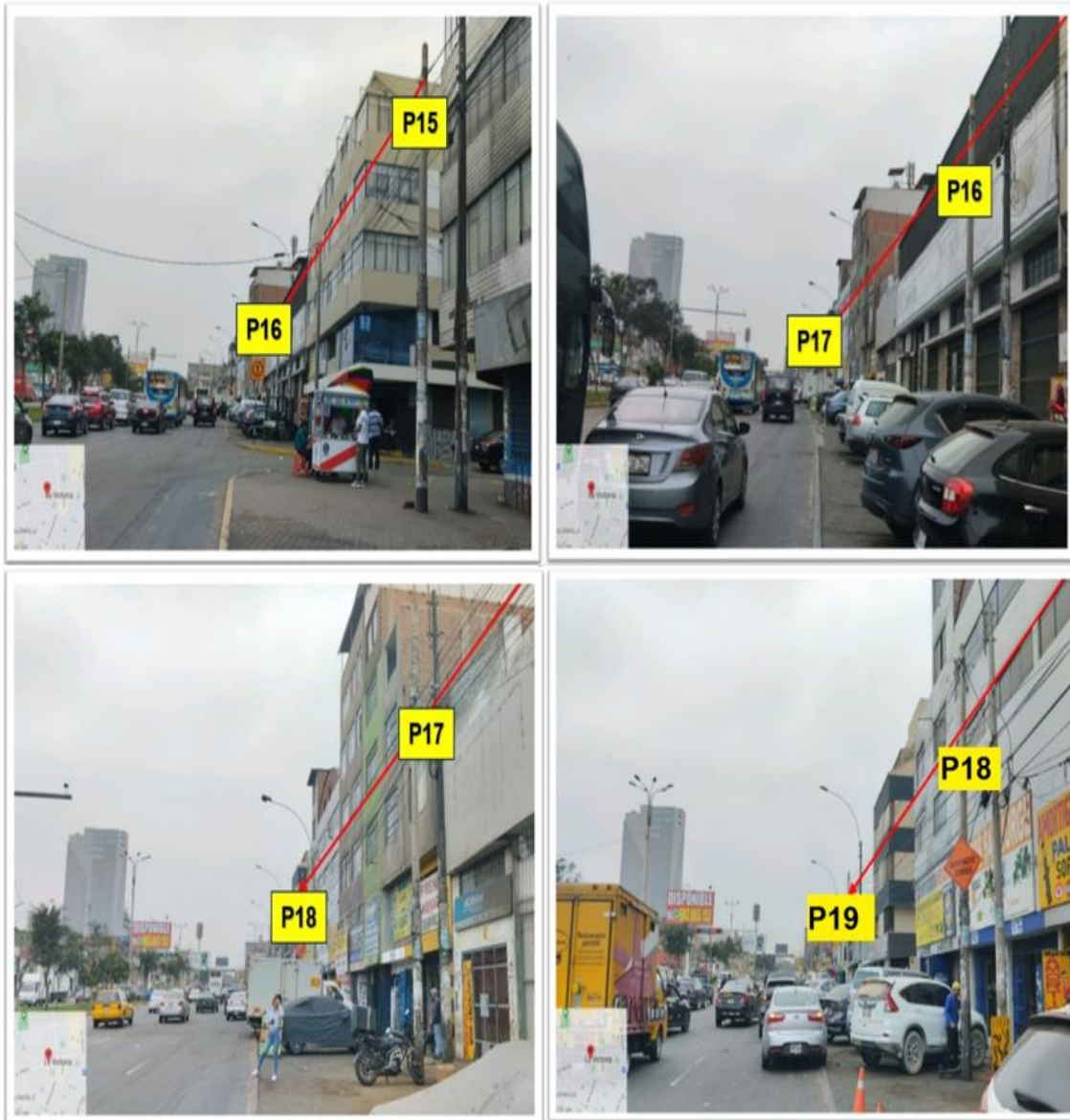


*Nota.* La figura ilustra desde donde inicia el tendido proyectado. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

En la figura 16 se ilustra la trayectoria diseñada en la implementación del tendido aéreo de fibra óptica, desde el poste P16 de Win Empresas hasta el poste P19 del operador, pasando por los postes P17 y P18 ubicados en la Av. México.

## Figura 16

*Tendido aéreo de fibra óptica proyectada desde P16 al P19 del operador ubicados en Av. México.*

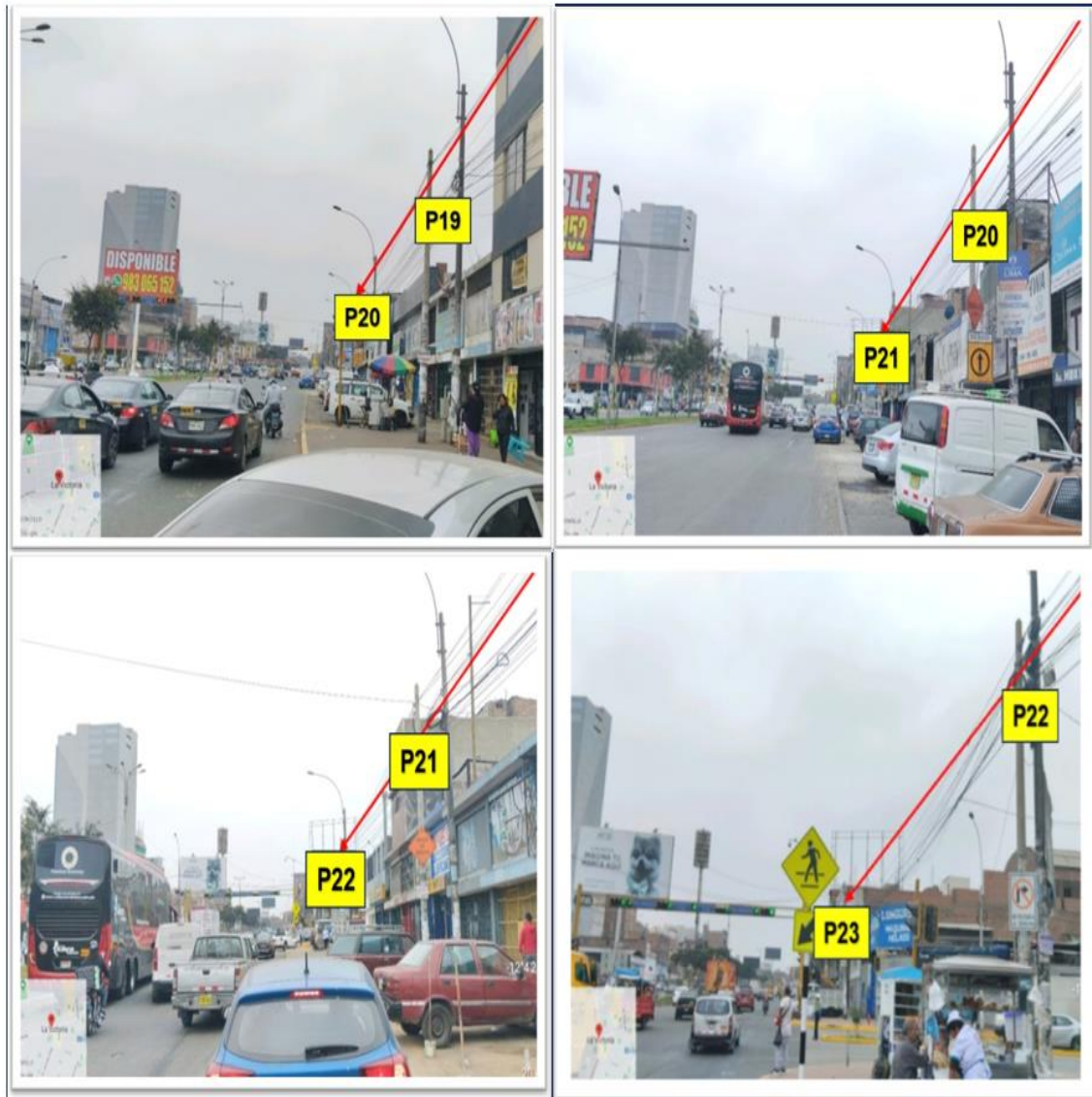


*Nota.* La figura ilustra la proyección del tendido aéreo de forma lineal entre los postes del operador. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

Siguiendo la ruta por la cual se proyectó instalar la fibra óptica, se validó en campo que el tendido continuó de forma aérea desde el poste P19 del operador a P23 del operador, ubicados en Av. México tal y como puede apreciarse en la figura 17.

**Figura 17**

*Planificación del tendido aéreo de fibra óptica desde el poste P19 del operador al poste P23 del operador en la Av. México.*



*Nota.* La figura ilustra la proyección del tendido aéreo que continua de forma lineal entre los postes del operador. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

La ruta del tendido de fibra óptica que se ilustra en la figura 18 corresponde a la proyección aérea en la Av. México, desde el poste P23 del operador hasta el poste P26. Posteriormente, se planificó la continuación por Jr. Huánuco al poste P28 del operador con la ayuda del poste P27 del operador, incorporando el uso de un cable mensajero.



**Figura 18**

*Planificación del tendido aéreo de fibra óptica entre la Av. México y Jr. Huánuco.*



*Nota.* La figura ilustra la proyección del tendido aéreo que continua de forma lineal en la Av. México e ingresa a Jr. Huánuco con el soporte de un cable mensajero entre los postes del operador. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

En la figura 19 se ilustra la trayectoria del despliegue de fibra óptica diseñado de forma aérea en Jr. Huánuco, desde el poste P28 de Luz del Sur hasta el poste P29. Posteriormente, se planificó la continuación por Calle Ignacio Cossío de manera aérea, continuando desde el poste P29 de la compañía de luz al poste P31 de la empresa eléctrica con la asistencia de un cable mensajero ubicado en el poste P30 de Luz del Sur. El tendido proyectado continuó de forma aérea desde el poste P31 hasta el poste P32 de la empresa eléctrica, ubicados en Calle Ignacio Cossío.

## Figura 19

*Tendido aéreo de fibra óptica proyectado entre los postes de Jr. Huánuco y Calle Ignacio.*



*Nota.* La figura ilustra la proyección del tendido aéreo que continua de forma lineal en Jr. Huánuco e ingresa a Calle Ignacio Cossío con la asistencia de un cable mensajero entre los postes de luz del sur. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

Posteriormente a la visita técnica externa se procedió a realizar la visita técnica de planta interna (PINT) con el propósito de proyectar la introducción de la fibra óptica dentro de la compañía textil.

En la figura 20 se exhibe el diseño del despliegue de fibra óptica aérea desde el poste P32 de Luz del Sur hasta el poste P33 de Win Empresas, ambos situados en la Calle Ignacio Cossio. En un paso posterior, se trazó la ruta por la cual ingresó la fibra óptica a las instalaciones de la compañía de manera aérea. Este acceso se realizó a través de un orificio existente en la pared del quinto piso, siendo accesible desde el interior de Estudio Textil S.A.C.

## Figura 20

*Ruta proyectada para el ingreso de fibra óptica de forma aérea a Estudio Textil S.A.C. ubicada en Calle Ignacio Cossio.*



*Nota.* La ilustración exhibe la proyección del ingreso de la fibra óptica a la empresa textil. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

En la figura 21, se aprecia que la fibra óptica proyectada internamente en las instalaciones de la empresa textil atravesó un tubo flexible adosado a una estructura metálica. Para ejecutar la instalación, se solicitó a la empresa textil habilitar espacio para el uso de una escalera; posteriormente, se planificó el ingreso de la fibra óptica a través de un orificio existente en el data center para llegar al gabinete de Estudio Textil S.A.C., donde se proyectó ubicar los equipos finales.



**Figura 21**

*Ruta proyectada para el ingreso de fibra óptica hacia gabinete de la empresa.*



*Nota.* La figura ilustra la proyección del ingreso de fibra óptica hacia el cuarto de comunicaciones donde se encuentra el gabinete de la empresa Textil. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

#### **3.2.2.4 Diseño en AutoCad del plano de Acceso**

En la figura 22 se detalla la información del plano de tendido interno, la cual fue recopilada al concluir la inspección. En este contexto, se diseñó que la fibra óptica ingresaría a la empresa de forma aérea mediante un orificio en la pared, atravesaría un tubo flexible adosado a una estructura metálica hasta llegar a un orificio en el techo del centro datos de la empresa. Desde este punto, se planificó

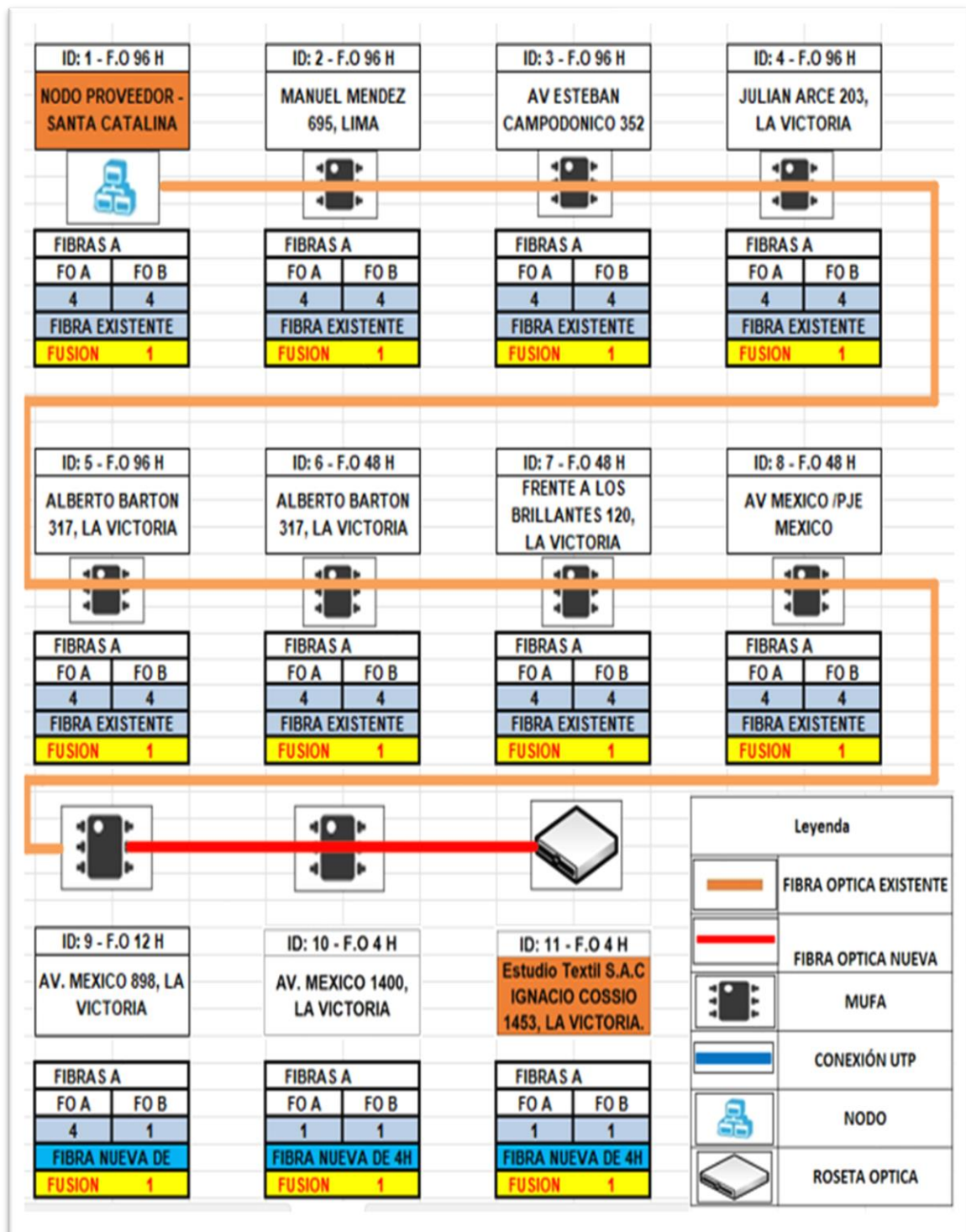




se inició desde el nodo Santa Catalina, identificado como ID 1, y se extendió a lo largo del tendido existente de fibra óptica, que comprende una fibra 96 hilos de los ID 2, 3, 4, 5, y la fibra de 48 hilos de los ID 6, 7 y 8. A partir del ID 9, se realizó la instalación de una nueva fibra óptica de 12 hilos ADSS SM-Span 100, fusionando el hilo 1 del ID 9 con el hilo 1 del ID 10. Finalmente, se procedió a ingresar a la empresa con una fibra de 4 hilos SM-Span 150, concluyendo con la habilitación de un hilo de la roseta óptica.

**Figura 23**

Cuadro de empalme proyectado para la instalación de fibra óptica en la compañía Estudio Textil S.A.C.



Nota. La figura ilustra el cuadro de empalmes utilizado para la ejecución de tareas del personal encargado de realizar el despliegue y fusión de la fibra óptica. Fuente: Adecuado con la información proporcionada por Win Empresas, 2023.

### 3.2.2.6 Requerimiento de materiales

El segundo paso de la implementación fue formular el requerimiento de materiales. En los proyectos en los cuales Win Empresas participa, se utiliza fibra óptica ADSS del tipo monomodo que cumple con el estándar ITU-T G.652.D, certificando su operatividad a longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm.

En la tabla 4 se presenta el listado de materiales utilizado para la implementación de PEXT y PINT en Estudio Textil S.A.C.

**Tabla 4**

*Listado de materiales para la implementación del proyecto*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>MATERIALES DE ACCESO</b>	Tornillo Autorroscante 1 x 1	Und 42
	Tarugos PVC verdes	Und 42
	Tubo Corrugado PVC 3/4"	Mts 42
	Bandeja Metálica Negra 1RU 45x32	Und 42
	Power Bar 8 tomas c/fusible	Und 1
<b>MATERIAL DE TENDIDO</b>	F. Optica ADSS 12 SM-Span 100	Mts 726
	F. Optica 04 SM-Span 150	Mts 228
	Hebilla Acerrada 1/2 Band-It	Und 48
	Cinta Band it (Fleje d/Acero 1/2)	Mts 38.4
	Portalineas con Aislador de Loza	Und 24
	Templador Tipo P	Und 5
	Cinta Aislante Negra	Und 1
	Cintillo Negro (30 cm)	Und 15
Etiqueta Identificadoras c/Logo	Und 17	
<b>RESUMEN</b>	Longitud total de cable	Mts 954
<b>DE TENDIDO</b>	Tendido aéreo	Mts 845
	Acceso Cliente	Mts 52
	Reserva Desarrollo	Mts 60

*Nota.* Adaptado con la información de la compañía Win Empresas, 2023.

En la tabla 5 se presenta el listado de materiales utilizados para realizar las fusiones correspondientes para la implementación de PEXT y PINT en Estudio Textil S.A.C.

**Tabla 5**

*Listado de materiales para realizar fusiones en la implementación del proyecto*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>
Pig Tail SM-LC 1.5m	Und	1
Protector Empalme 1.2x60mm	Und	4
MANGA TIPO DOMO 144 HILOS	Und	1
<b>MATERIAL DE FUSION</b> ZTT 450X230MM (GJS3030)		
Caja Term. Cliente (Roseta Optica)	Und	1
Patch Cord 3m duplex LC/SC	Und	1
Media Converter B 1H 10/100/1000	Und	1
Transceiver Óptico A 1H 1000B	Und	1

*Nota.* Adaptado con la información de la compañía Win Empresas, 2023.

### **3.2.2.7 Presupuesto de implementación**

La elaboración de un presupuesto es un componente fundamental en la gestión de proyectos y es esencial para garantizar una planificación financiera sólida, el control de costos, la asignación eficiente de recursos y la toma de decisiones informadas. Ayuda a minimizar riesgos financieros, comunicar de manera efectiva y asegurarse de que el proyecto cumpla con sus objetivos financieros y de costos.

En la tabla 6, se presenta el presupuesto de implementación como costo de instalación (CAPEX), están incluidos costos como materiales de acceso y tendido.

**Tabla 6***Costo de implementación que incluyen materiales de acceso y tendido*

	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>MATERIALES DE ACCESO</b>	TORNILLO AUTORROSCANTE 1 X 1	Und	42	0.032	S/ 1.34
	TARUGOS PVC VERDES	Und	42	0.032	S/ 1.34
	TUBO CORRUGADO PVC 3/4"	Mts	42	1.89	S/ 79.38
	BANDEJA METÁLICA NEGRA 1RU 45X32	Und	42	26.25	S/ 1102.50
	POWER BAR 8 TOMAS C/FUSIBLE	Und	1	55.2	S/ 55.20
<b>RESUMEN DE MATERIALES DE ACCESO</b>		Soles	Total		S/ 427.32
<b>MATERIAL DE TENDIDO</b>	F. OPTICA ADSS 12 SM-SPAN 100	Mts	726	1.820	S/ 1321.32
	F. OPTICA 04 SM-SPAN 150	Mts	228	0.3744	S/ 85.36
	HEBILLA ACERRADA 1/2 BAND-IT	Und	48	0.8	S/ 38.40
	CINTA BAND IT (FLEJE D/ACERO 1/2)	Mts	38.4	2.94	S/ 112.90
	PORTALINEA CON AISLADOR DE LOZA	Und	24	5.99	S/ 143.76
	TEMPLADOR TIPO P	Und	5	3.44	S/ 17.20
	CINTA AISLANTE NEGRA	Und	1	0.8	S/ .80
	CINTILLO NEGRO (30 CM)	Und	15	0.75	S/ 11.25
	ETIQUETA IDENTIFICADORAS C/LOGO	Und	17	0.8	S/ 13.60
	<b>RESUMEN DE MATERIALES DE TENDIDO</b>		Soles	Total	

*Nota. Adaptado con la información de la compañía Win Empresas, 2023.*

En la tabla 7, se presenta el CAPEX de material de fusión, diseño y costo de instalación de equipos.

**Tabla 7**

*Costo de implementación que incluyen materiales fusión, diseño y costo de instalación de equipo*

	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>MATERIAL DE FUSION</b>	PIG TAIL SM-LC 1.5M	Und	1	1	S/ 1.00
	PROTECTOR EMPALME TERMOC. 1.2X60MM	Und	4	0.1	S/ .40
	MANGA TIPO DOMO 144 HILOS ZTT 450X230MM (GJS3030)	Und	1	285	S/ 285.00
	CAJA TERM. CLIENTE (ROSETA OPTICA)	Und	1	3.86	S/ 3.86
	PATCH CORD 3M DUPLEX LC/SC	Und	1	17.80	S/ 17.80
	MEDIA CONVERTER B 1H 10/100/1000	Und	1	85.39	S/ 85.39
	TRANSCIEVER ROMATECSANS 1.25SFPSD2A TIPO A 20KM- 1000BASE	Und	1	33.47	S/ 33.47
<b>RESUMEN DE MATERIALES DE FUSION</b>		Soles	Total		S/ 1744.59
<b>DISEÑO</b>	INSPECCIÓN Y DISEÑO	Km	1	188.04	S/ 188.04
<b>EQUIPAMIENTO (INSTALACION DE EQUIPOS)</b>	INST. EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES (INCLUYE INSTAL. DE 1 A 3 EQUIPOS, CON MCOVERTER, MEDICIÓN DE POTENCIA, JUMPEO EN NODO Y CLIENTE	Und	1	161.06	S/ 161.06

*Nota.* Adaptado con la información de la compañía Win Empresas, 2023.

En la tabla 8, se presenta el CAPEX de mano de obra de S/ 2674.66

**Tabla 8**

*Costo de implementación que incluye mano de obra*

	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	INST. CABLE/ACOMETIDA DE FO EN POSTES/CANALIZACIÓN	Mts	902	2.01	S/ 1813.02
	INST. CABLE/ACOMETIDA DE FO EN FACHADA O INTERIOR EDIFICIO	Mts	52	3.11	S/ 161.72
	INST. TUBO FLEXIBLE EN COLUMNA/PARED/ZÓCAL O	Mts	42	2.94	S/ 123.48
	EMPALME DE FO EN CAJA TERMINAL (MUFA)	Und	4	29.47	S/ 117.88
	INST. JUMPER/PIGTAIL EN NODO/CLIENTE	Und	1	12.8	S/ 12.80
	INST. CAJA TERM. CLIENTE (ROSETA OPTICA)	Und	1	20.57	S/ 20.57
	MANIPULAC. CAJA EMPALME O MUFA	Und	3	35.38	S/ 106.14
	PREPARAC. CABLE FO P/FUSIÓN EN CÁMARA, POSTE 96, 48, 24, 12, 04 FIBRAS	Und	2	88.18	S/ 176.36
	TERMINACIÓN CABLE FO EN ROSETA	Und	1	51.27	S/ 51.27
	INSTALAR IDENTIFICADORES (INCLUYE ETIQUETAS Y CINTILLOS) - CLIENTE	Und	17	1.6	S/ 27.20
	INSTALAR CAJA DE EMPALME (MUFA)	Und	1	64.22	S/ 64.22
<b>RESUMEN DE MANO DE OBRA</b>		Soles		<b>TOTAL</b>	<b>S/ 2674.66</b>

*Nota.* Adaptado con la información de la compañía Win Empresas, 2023.

En la tabla 9, se presenta el CAPEX de equipos finales y accesorios utilizados en la implementación.

**Tabla 9**

*Costo de implementación que incluyen equipos finales y accesorios a usar*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
ROUTER MIKROTIK RB2011	Und	1	385	S/ 385.00
TRANSCEIVER ROMATECSANS 1.25SFPSD2B TIPO B 20KM-1000BASE	Und	1	33.47	S/ 33.47
STOVE BOLT CON TUERCA ENJAULADA M-6 X 20	Und	4	0.58	S/ 2.32
PERNOS DORADOS MILIMETRICOS	Und	4	0.1	S/ .40
PATCH CORD DE COBRE RJ45 CAT6 DE 2 MTS	Und	2	1.15	S/ 2.30
PATCH CORD F.O SM SIMPLEX LC-UPC / SC-UPC 3MM X 3MT	Und	1	1.99	S/ 1.99
ADAPTADOR DE ENCHUFE REDONDO A PLANO	Und	1	1.53	S/ 1.53
<b>RESUMEN DE EQUIPOS FINALES Y ACCESORIOS A USAR EN INSTALACION</b>	Soles		<b>TOTAL</b>	<b>S/ 427.01</b>

*Nota.* Adaptado con la información de la compañía Win Empresas, 2023.



En la tabla 10, se presenta el presupuesto total de S/. 6862.05 como costo de instalación (CAPEX), están incluidos costos como materiales de acceso, tendido, materiales de fusión, costo por mano de obra, costo por diseño, costo de equipos y el costo por accesorios.

**Tabla 10**

*Costo total del proyecto que incluyen materiales de acceso, tendido y mano de obra*

Descripción	TOTAL
MATERIALES DE ACCESO	S/ 427.32
MATERIAL DE TENDIDO	S/ 1744.59
MATERIAL DE FUSION DEL CLIENTE	S/ 426.92
MANO DE OBRA	S/ 2674.66
DISEÑO	S/ 188.04
EQUIPAMIENTO (INSTALACION DE EQUIPOS)	S/ 161.06
EQUIPOS FINALES Y ACCESORIOS A USAR EN INSTALACION	S/ 427.01
<b>MONTO TOTAL DE PROYECTO</b>	<b>S/ 6862.05</b>

*Nota.* Adaptado con la información de la compañía Win Empresas, 2023.

### **3.2.3. Procedimiento de implementación para el tendido óptico**

Respondiendo al segundo objetivo específico, este proceso de implementación garantiza que la red de fibra óptica, la cual ha sido diseñada para ejecutarse de manera efectiva, cumple con las normas establecidas de calidad y seguridad.

El cronograma de la etapa de implementación abarca 17 días, según se detalla en el diagrama de Gantt proporcionado en el Anexo 4.

El proyecto incluyó la instalación de un nuevo tendido de fibra óptica que se extiende hasta la empresa Estudio Textil S.A.C. Desde el inicio de la planificación, se estableció como prioridad ejecutar los trabajos de manera segura, evitando accidentes y enfermedades ocupacionales. Además, se aseguró la protección del medio ambiente y se tomaron precauciones para prevenir cualquier daño o perjuicio a las instalaciones de la empresa.

### **3.2.3.1 Alcance**

El alcance de la implementación en el proyecto en el que participó Win Empresas y sus contratistas se centró exclusivamente en realizar un nuevo tendido de fibra óptica, atendiendo la solicitud de la compañía Estudio Textil S.A.C.

La implementación del tendido de fibra óptica se realizó de forma aérea, ingresando a las instalaciones de la compañía Estudio Textil S.A.C. por la Calle Ignacio Cossio.

En la tabla 11, se detalla la normativa legal que siguió el personal técnico durante el procedimiento de implementación.

**Tabla 11**

*Normativa legal que sigue la compañía Win Empresas*

---

### **Normativa Legal**

---

Ley 29783 - "Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo  
Ley 30222- Ley que Modifica a la Ley 29783  
Decreto Supremo D.S. N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.  
Decreto Supremo D.S. N° 006-2014-TR, Modificatoria del Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el trabajo  
G-050 - "Normas de Seguridad en la Construcción".  
Decreto Supremo N° 011-2019-TR Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo para el Sector Construcción  
Ley 30102 Medida de Protección ante la exposición Solar.  
Norma Técnica Peruana NTP 900.058 - 2019 Gestión de Residuos.  
Código de colores para el almacenamiento de Residuos  
DS 42F Reglamento de Seguridad Industrial  
R.M. 375 2008 TR Norma Ergonomía  
Ley 30102 MINSA Exposición a radiación solar

---

*Nota.* La tabla muestra las normativas legales que sigue la empresa proveedora en el desarrollo de sus trabajos. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023

#### **3.2.3.2 Identificación de responsables**

En el equipo de proyecto, se establecieron roles y responsabilidades, además de designar a un supervisor de proyecto.

Respecto al supervisor del proyecto, su responsabilidad principal consiste en supervisar y comunicar al personal técnico sobre los peligros y riesgos asociados con la ejecución de las tareas asignadas. Además, se encarga de supervisar el progreso de las cuadrillas, asegurándose de que se cumplan las normas de salud, seguridad y las regulaciones establecidas por Win Empresas.

Respecto a la Cuadrilla de técnicos, se refiere al personal asignado de ejecutar los trabajos en función al informe de diseño, sus funciones abarcan el tendido de fibra óptica, la realización de fusiones. Asimismo, tienen a su cargo el traslado de los equipos y materiales indispensables para la ejecución del proyecto.

Respecto al prevencionista, su responsabilidad primordial radica en salvaguardar al personal de los riesgos inherentes durante la realización de labores. Asimismo, se encarga de supervisar que no se ejecuten actividades ajenas al área de trabajo con el fin de prevenir posibles alteraciones en las condiciones laborales asignadas al personal técnico. Además, se asegura de que dicho personal disponga de equipos de protección en todo momento.

### 3.2.3.3 Seguridad y señalización

Durante la implementación se destaca que, el empleo de equipos de protección fue necesario, conforme a las directrices establecidas por el empleador. Además, se necesitó la utilización de equipos de protección personal con el fin de resguardar al empleado de los riesgos inherentes a su labor, incluyendo el acceso a áreas específicas de la empresa donde desempeñó sus funciones. En la Tabla 12, se proporciona un detalle exhaustivo de los equipos de seguridad que fueron empleados por el personal técnico durante la ejecución de la obra.

**Tabla 12**

*Equipos de protección de uso personal del técnico proporcionados por Win Empresas*

<b>Equipos de protección</b>	
<b>Personal</b>	<b>Detalle</b>
<b>Botas de seguridad</b>	Zapatos de seguridad dieléctricos. Cumplir con la norma técnica NTP 2404 y NTP 241.016(material de cuero satinado con planta y firme de caucho natural antideslizante y fabricado para evitar el ingreso del agua)
<b>Chaleco de seguridad con cintas reflectivas</b>	Uniformes. Idéntico para todo el personal, que en verano será con polo incluyendo el logo de la empresa, en invierno una camisa y casaca con el logo de la empresa)
<b>Tapones auditivos</b>	De acuerdo con la norma ANSI S3.19-1974 con una tasa de reducción de ruido (NRR) de 24 dB

<b>Casco de seguridad con su respectivo barbiquejo</b>	Casco de seguridad de acuerdo con la norma ANSI Z89.1 (1997) clase E tipo II (Polietileno de alta densidad, no inflamable, vidriado, resistente al impacto y a la penetración y con una prueba de 20Kv. a 60 Hz. por 3 min. y un máx. de corriente de fuga de 9mA.)
<b>Lentes de protección</b>	Se debe cumplir con la norma Internacional ANSI Z87.1- 1989. (Anteojos de policarbonato con protección lateral y patilla fija. La montura y las lunas serán a la medida de cada trabajador).
<b>Cinturón de seguridad</b>	Cumplir con la norma internacional de seguridad OSHA 1910 y 1926 (material cuero reforzado con anillos de enganche de cromo, la montura del cinturón será de Neoprene impregnado con hilos de nylon y acolchados con esponja, con una resistencia de 1150 Kg/cm2).
<b>Guantes aislantes de jebe para baja tensión</b>	Cumplir con norma Internacional ASTM D- 120 CE 903(material caucho de goma natural de 11" y 14" de largo, y para una tensión máx. de hasta 1000v).

#### **Arnés con línea de vida tipo "Y"**

#### **Sistema de posicionamiento con 2 estrobos**

**Guantes de cuero (liviano)** El material es de fibra de cuero de vaca color natural, cocido con hilo poliéster y largo de 10" y 12").

**Mosquetón** Gancho de acero forjado, cromado resistente a la corrosión con sistema de doble seguro para una resistencia máxima de 225Kg.)

---

*Nota.* Adecuado del manual de instalación de Win Empresas.

Es importante destacar que la interferencia se limitó al trayecto de la vereda. Con el fin de ejecutar las labores de instalación de fibra óptica, se adoptaron medidas para mitigar cualquier inconveniente relacionado con la obstrucción del tránsito peatonal, tal como se describe en los siguientes puntos.

- ✓ Se Colocaron señalizaciones que aumentaron la visibilidad tanto para los peatones como para los vehículos.
- ✓ Los trabajos se efectuaron durante los momentos de menor afluencia de vehículos en circulación.

- ✓ Para la ejecución de las labores, se instalaron cercos de seguridad perimétricos y se estableció una desviación provisional para peatones y transeúntes, utilizando mallas de seguridad para facilitar la circulación.
- ✓ Se utilizaron materiales de precaución y orientación como se ilustra en la figura 24, (paletas, varas luminosas, conos, etc.) para ayudar a los conductores a desviarse de los peatones.

#### **Figura 24**

*Conos de seguridad y Barras retractiles para enmarcar el área de trabajo.*



*Nota.* La imagen fue extraída del manual de instalaciones de la compañía Win Empresas, 2023.

#### **3.2.3.4 Movilización y transporte de equipos, herramientas y materiales**

Durante la ejecución de las tareas por parte del personal técnico, es imperativo que dispongan continuamente de sus materiales y herramientas, las cuales fueron transportadas a través de los vehículos asignados por la contratista. Es crucial que dichos elementos se encuentren en óptimas condiciones operativas en todo momento.

En la Tabla 13 se listan los equipos, herramientas y materiales que estuvieron a disposición del personal técnico para ejecutar sus tareas.

**Tabla 13**

*Materiales empleados durante la ejecución del despliegue de la red de fibra óptica.*

---

Equipo, herramientas y materiales
Extensión de 10mt.
Juego de desarmadores
Escaleras armables de 8 pasos
Escalera telescópica de 28 pasos
Juego de alicates
Martillo de 12"
Wincha pasa cable
Taladro y broca pasante
Fusionadora de FO y kit completo para fusión
Mini OTDR

---

*Nota.* Durante la ejecución de las labores, se verificó que el personal técnico disponía de su SCTR vigente y portaba consigo su documento de identidad actualizado. Este último fue empleado para la presentación ante la empresa textil, facilitando así el acceso necesario para realizar las tareas internas, tal como se detalla en el informe de diseño. Fuente: Adaptado con la información de la compañía Win Empresas, 2023.

**3.2.3.5 Inspección del área de trabajo**

En la etapa de inspección previa al inicio de los trabajos, se efectuó una revisión del área de trabajo conforme al informe de diseño. Además, se realizó una breve reunión previa preoperacional con una duración de 5 minutos, tal y como se ilustra en la figura 25, la cual incluyó la inspección de equipos y herramientas. Tanto el supervisor de proyecto como el equipo responsable de ejecutar los trabajos

procedieron a firmar el reporte de la charla realizada, tal como se describe en el registro de la visita técnica proporcionada en el Anexo 3.

### Figura 25

*Charla preoperacional de 5 minutos.*



*Nota.* La figura ilustra que se está brindando una charla preoperacional la cual es importante que sea firmada y llenada por los participantes en la ejecución de trabajos. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

#### 3.2.3.6 Tendido de fibra óptica PEXT y PINT

Durante la instalación de la fibra óptica en la planta externa (PEXT), la contratista realizó buenas prácticas para asegurar un despliegue óptimo del tendido aéreo de fibra óptica, tal y como se ilustra en la figura 26. En esta representación visual se ilustra la ejecución de las actividades relacionadas al despliegue de la fibra óptica aérea en dos ubicaciones específicas: La intersección entre la Av. Parinacochas y la Av. México, en el distrito de La Victoria.



## Figura 26

*Tendido aéreo de fibra óptica entre intersección de la Av. Parinacochas y la Av. México, en el distrito de La Victoria.*



*Nota.* La figura ilustra la ejecución del tendido óptico, además se visualiza que el personal técnico ha cercado el área donde se desarrollaron sus trabajos. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

La reserva de fibra óptica y la utilización de crucetas metálicas son prácticas fundamentales en la instalación de fibra óptica, ya que contribuyen a la eficiencia, capacidad de expansión, a la protección de la infraestructura y aseguran que la red sea sostenible y capaz de adaptarse a las necesidades cambiantes a medida que pasa el tiempo.

En la etapa de implementación de la fibra óptica en el exterior, se han asignado 30 metros adicionales de fibra óptica como reserva a lo largo de la ruta, según lo indicado en el plano de diseño. En la figura 27, se puede observar la adecuada instalación de la cruceta metálica en el poste de Win Empresas, la cual permitió la conexión de la fibra óptica de manera adecuada.

## Figura 27

*Instalación de la cruceta metálica y reserva de fibra óptica ubicada en el poste de Win Empresas.*



*Nota.* La figura ilustra la instalación de la cruceta metálica y reserva de fibra óptica en los postes de Win Empresas, se identifica la propiedad de la empresa por el color naranja en la parte superior del poste. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

Para la instalación de mangas en la planta externa, según la regla 170-1014 del Código Nacional de Electricidad, es posible realizar las conexiones de los cables expuestos en la parte superior de los postes a través de derivaciones o uniones, siempre y cuando se asegure que el aislamiento sea equivalente al del conductor original del cual se deriva. (Mejía, 2006).

La instalación de mangas o mufas en un tendido de fibra óptica es parte de un procedimiento fundamental que asegura la protección y la continuidad de las fibras ópticas.

Seguidamente, se proporciona información concerniente a la instalación de mangas que ha sido ejecutada.

- ✓ El personal técnico se aseguró de que las fibras ópticas estuvieran limpias, sin daños y con las longitudes adecuadas.
- ✓ Se organizaron las herramientas y materiales a utilizar.
- ✓ Sobre el pelado de fibra, se realizó con cuidado utilizando una herramienta llamada “alicate pela cable”.
- ✓ La limpieza de las fibras ópticas se realizó con paños y alcohol isopropílico para garantizar que estuvieran libres de suciedad.
- ✓ Los empalmes de fibra óptica se alinearon y se utilizó una empalmadora o máquina fusionadora para realizar la unión de las fibras.
- ✓ Las mangas o mufas están diseñadas para alinear y proteger la conexión de fibra óptica.
- ✓ Se aplicó calor en las mangas utilizando una fuente de calor controlada, como una pistola de calor, para asegurar que se contrajeran y quedaran ajustadas alrededor de las conexiones.
- ✓ Se utilizó un tubo termo contraíble adicional para proteger aún más las conexiones y aislarlas de la humedad y otros factores ambientales.
- ✓ Finalmente, se realizaron pruebas de continuidad y pérdida de señal para garantizar que las conexiones funcionaran correctamente.

Este proceso fue fundamental para asegurar una conexión óptica adecuada y confiable en el tendido de fibra óptica. Con el fin de garantizar una ejecución exitosa de este proceso, los trabajos fueron realizados por un experto especializado en la instalación de fibra óptica, ya que ejecutar estas tareas demanda habilidades técnicas y experiencia. Además, se siguieron las normativas y estándares aplicables a las redes de fibra óptica en el área de trabajo.

En la figura 28, se presenta la instalación de una nueva manga, junto con la ejecución de fusiones según lo indicado en el cuadro de empalmes del proyecto. Como medida final, se etiquetó tanto la manga como la fibra óptica, facilitando así su identificación en el poste para intervenciones futuras.

**Figura 28**

*Instalación de manga rotulada OPDM1420485 en la Av. México 1400, La victoria.*



*Nota.* La figura ilustra la instalación de una manga ubicada en el poste de Win Empresas, se identifica la propiedad de la empresa por el color naranja en la parte superior del poste y además por la etiqueta que fue insertada. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

Para la introducción de la fibra óptica, se realizó el ingreso de forma aérea al local, atravesando una tubería flexible adherida a una estructura metálica. Posteriormente, atravesó un orificio en el techo del centro de datos de la empresa, desde donde se dirigió a través de los ductos existentes de la compañía. Finalmente, la fibra óptica ingresó al gabinete de Estudio Textil S.A.C, donde se instalaron los equipos de Win Empresas.

En la figura 29, se ilustra cómo se realizaron los empalmes de los hilos 4 con 1, de acuerdo con el cuadro de empalme del proyecto, y se conectaron con la manga ubicada en la Av. México, donde se unieron los hilos 1 con 1. Además, la fibra óptica se introdujo en las instalaciones de Estudio Textil S.A.C a través de un orificio en la pared del quinto piso, y luego continuó a lo largo de un tubo flexible que se encontraba unido a la estructura metálica.



**Figura 29**

*Ingreso de fibra óptica en la compañía Estudio Textil S.A.C.*

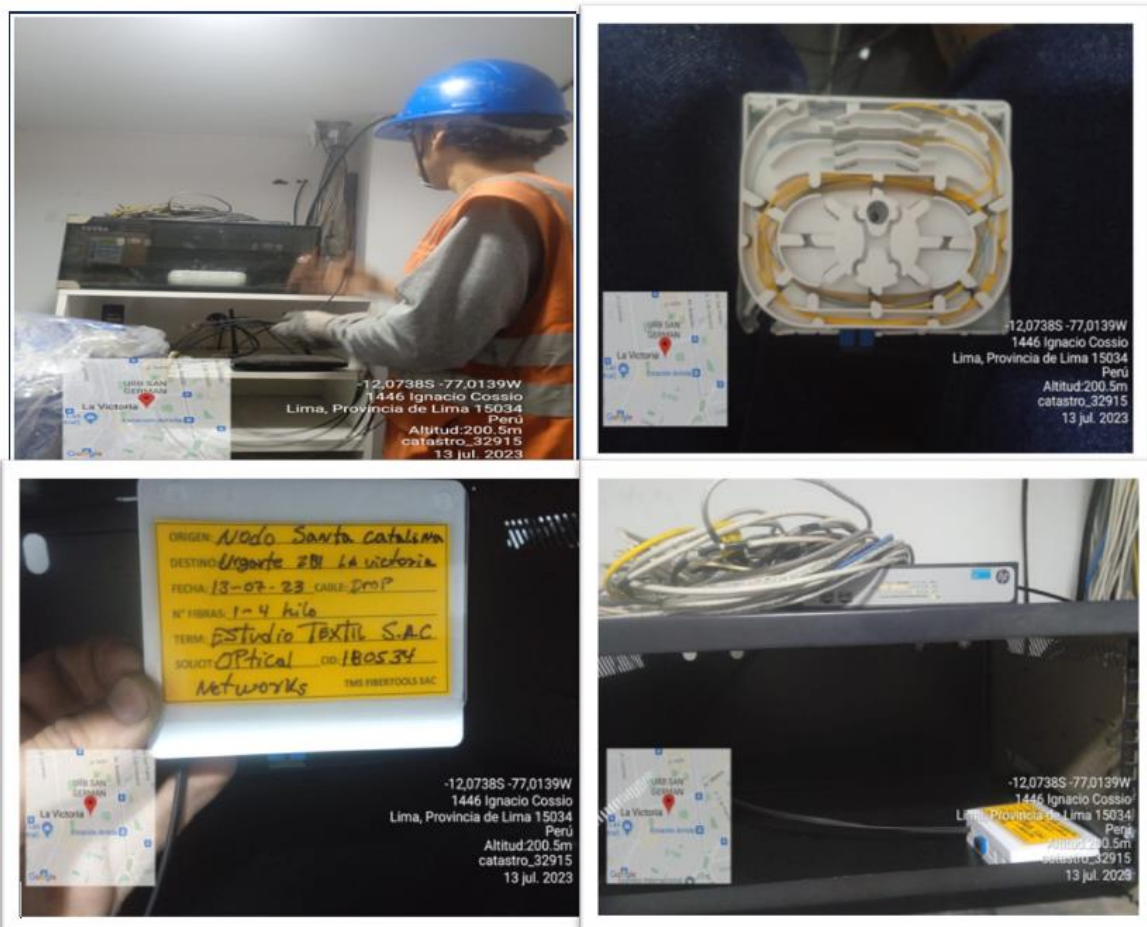


*Nota.* La figura ilustra el ingreso de fibra óptica por un orificio existente de la empresa textil. Después que la fibra óptica ingresó por la ruta designada, el técnico empalmador realizó las fusiones correspondientes en la roseta óptica, la cual fue colocada en una bandeja del gabinete de la compañía. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

Según lo ilustrado en la figura 30, se exhibe que la fibra óptica fue introducida a través de un orificio preexistente hacia el centro de datos de la compañía textil, culminando en una roseta óptica. Esta roseta fue empalmada con el hilo 1 de la manga externa y etiquetada de manera apropiada para su identificación en el proceso de instalación de equipos.

**Figura 30**

*Ingreso de Fibra Óptica hacia el cuarto de comunicaciones de la empresa e instalación de roseta óptica.*



*Nota.* La figura ilustra la introducción de fibra óptica en el cuarto de comunicaciones a través de un orificio preexistente en las instalaciones de la empresa textil. Además, se ha completado la instalación de la roseta óptica en dicho lugar. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

En la fase final del tendido interno, se ejecutó la instalación de la roseta óptica en la compañía Estudio Textil S.A.C. Posteriormente, el personal técnico se trasladó al nodo del proveedor para insertar el transceptor óptico de la marca Romatecsans en el puerto 23 del Switch de Acceso 01, ubicado en el nodo Santa Catalina de Win Empresas. Para concluir, se estableció la conexión del transceptor mediante un patch cord de fibra del tipo LC/UPC - LC/UPC Simplex, conforme a la norma G.652D, tal y como se ilustra en la figura 31.

**Figura 31**

*Instalación de transceptor óptico en nodo de proveedor Win Empresas.*



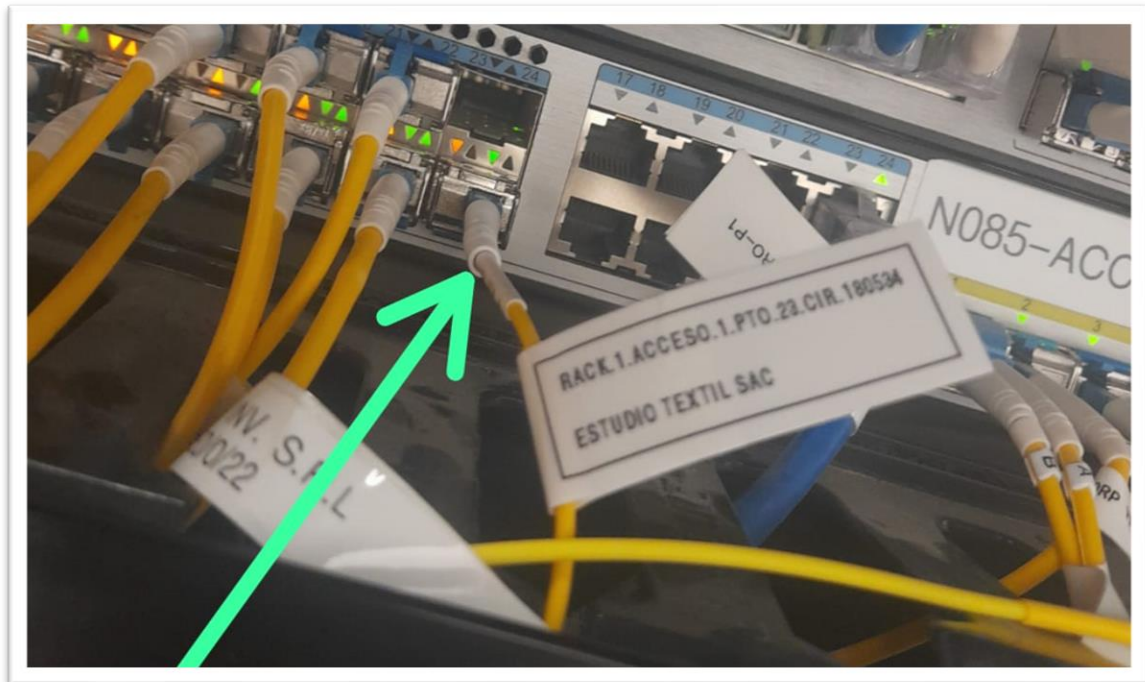
*Nota.* El puerto se mantuvo conectado, aunque se desactivó a nivel lógico para facilitar las mediciones posteriores de potencia. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

En la figura 32 se presenta la forma de conexión del cable al puerto 23 del Switch Huawei de Acceso 01 de Win Empresas. Además, se realizó un etiquetado adecuado siguiendo las directrices establecidas por la norma ANSI/TIA-606-B. Esta normativa subraya la importancia del etiquetado preciso de equipos y conexiones para facilitar su identificación, de acuerdo con las prácticas estandarizadas.



**Figura 32**

*Conexión en el puerto 23 y etiquetado según norma ANSI/TIA-606-B.*



*Nota.* La imagen ilustra la introducción del transceiver óptico y el etiquetado correcto en el Switch de acceso 1, según la normativa ANSI/TIA-606-B. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

### **3.2.3.7 Mediciones de potencia**

Finalizada la instalación de la fibra óptica, tanto en el interior como en el exterior, se procedió a ubicar la roseta óptica en el gabinete de la empresa Estudio Textil S.A.C. Durante la implementación, se realizaron mediciones mediante un Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR) y power meter, que fue previamente calibrado, teniendo en cuenta el diámetro del hilo y la estructura del cable empleado. El propósito de estas mediciones fue la inyección de un haz de luz, empleado para evaluar el estado de la red, midiendo parámetros tales como la longitud de onda, la atenuación y las pérdidas por empalme. En este caso, el OTDR inyectó un haz de luz en la fibra óptica y analizó las propiedades de la señal reflejada con el propósito de adquirir información detallada referente a la calidad y las condiciones de la fibra óptica.



En relación con la fibra óptica monomodo, se realizaron mediciones reflectométricas en longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm con el fin de identificar macrocurvaturas. El procedimiento de medición involucró la conexión de la bobina de lanzamiento al extremo más distante de la fibra óptica con respecto al mini OTDR. Esto permitió que el pulso láser emitido por el OTDR se propagara a través de la bobina de lanzamiento antes de alcanzar la fibra óptica que se deseaba analizar. Posteriormente, se inició la medición en el mini OTDR, el cual emitió un pulso láser a través de la bobina de lanzamiento y a lo largo de la fibra óptica que se deseaba analizar.

Con el fin de aprobar y validar los enlaces empleados por el operador, se tomó en consideración la normativa TIA/EIA-568-B. Esta norma establece que la pérdida por empalme de fusión por arco eléctrico, según lo indicado por la UIT-T estándar G.650.3, debe ser inferior o igual a 0.2 dB.

En la figura 33 se exhibe la pérdida media de empalmes de acuerdo con la norma UIT-T Rec. L.12.

### Figura 33

*Pérdidas por empalme de acuerdo con lo recomendado por la normativa ITU-T utilizado para diversas aplicaciones.*

Descripción de empalme	Pérdida media	Valor máximo para 95%	Aplicación típica
Empalmes por fusiones simples	≤0,1 dB	≤0,5 dB	Ruta de concentración de enlaces
	≤0,2 dB		Red de acceso
Empalmes por fusiones múltiples	≤0,2 dB	≤0,8 dB	-
Empalmes mecánicos simples	≤0,2 dB	≤0,5 dB	Red de acceso
Empalmes mecánicos múltiples	≤0,2 dB	≤0,8 dB	Red de acceso

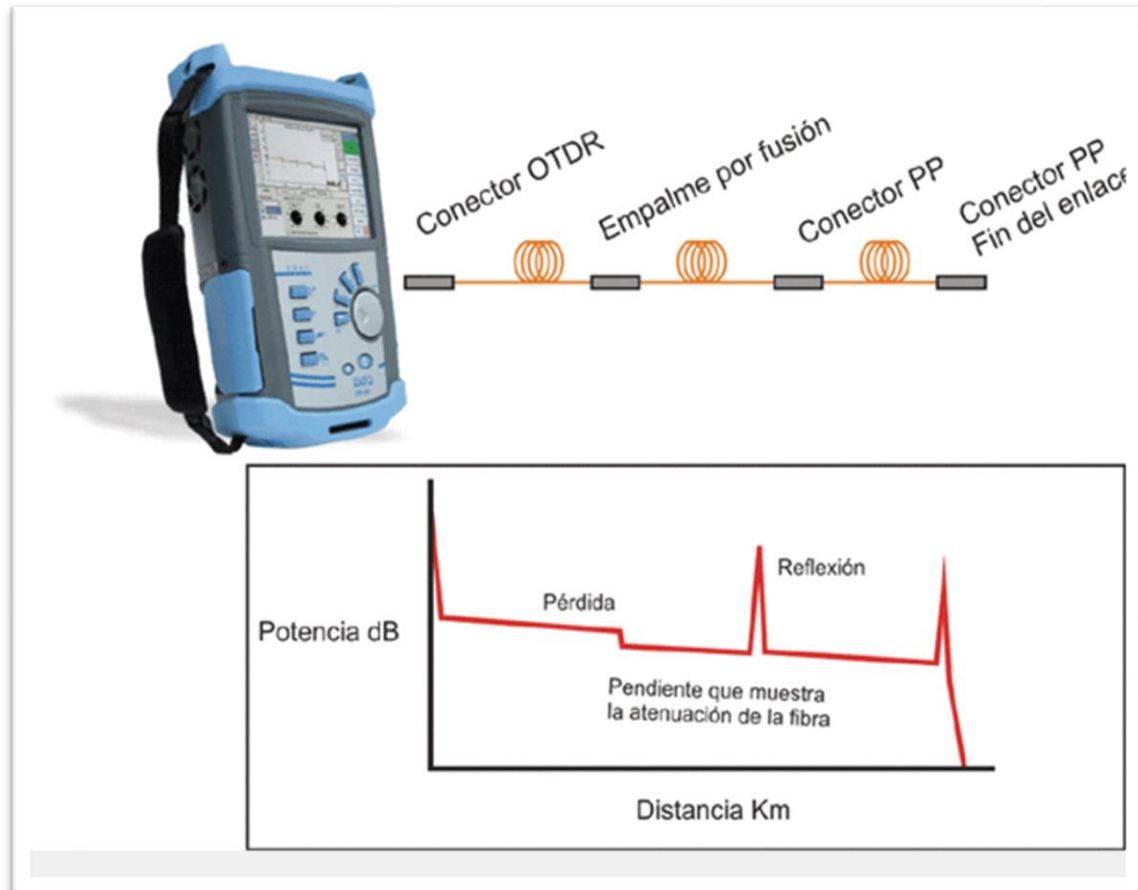
*Nota.* Adaptado de ITU-T Recommendations. Fuente: ITU (2019).

En la empresa se realizaron mediciones con ODTR, este equipo presentó un gráfico que ilustra la reflectancia y la atenuación a lo largo de la fibra en relación con la distancia. Estos datos se emplean para localizar empalmes, conectores o

roturas en la fibra óptica. En la figura 34 se representa cómo la reflectancia se visualiza como picos, mientras que la atenuación se presenta como una curva descendente. Este procedimiento ha posibilitado evaluar y asegurar la calidad y el desempeño de la red de fibra óptica.

**Figura 34**

*Ilustración visual de la medición utilizando el OTDR.*



*Nota.* Tomado de *reflectómetros ópticos (OTDRs): Guía sencilla*. Fuente: Conectónica (2009)

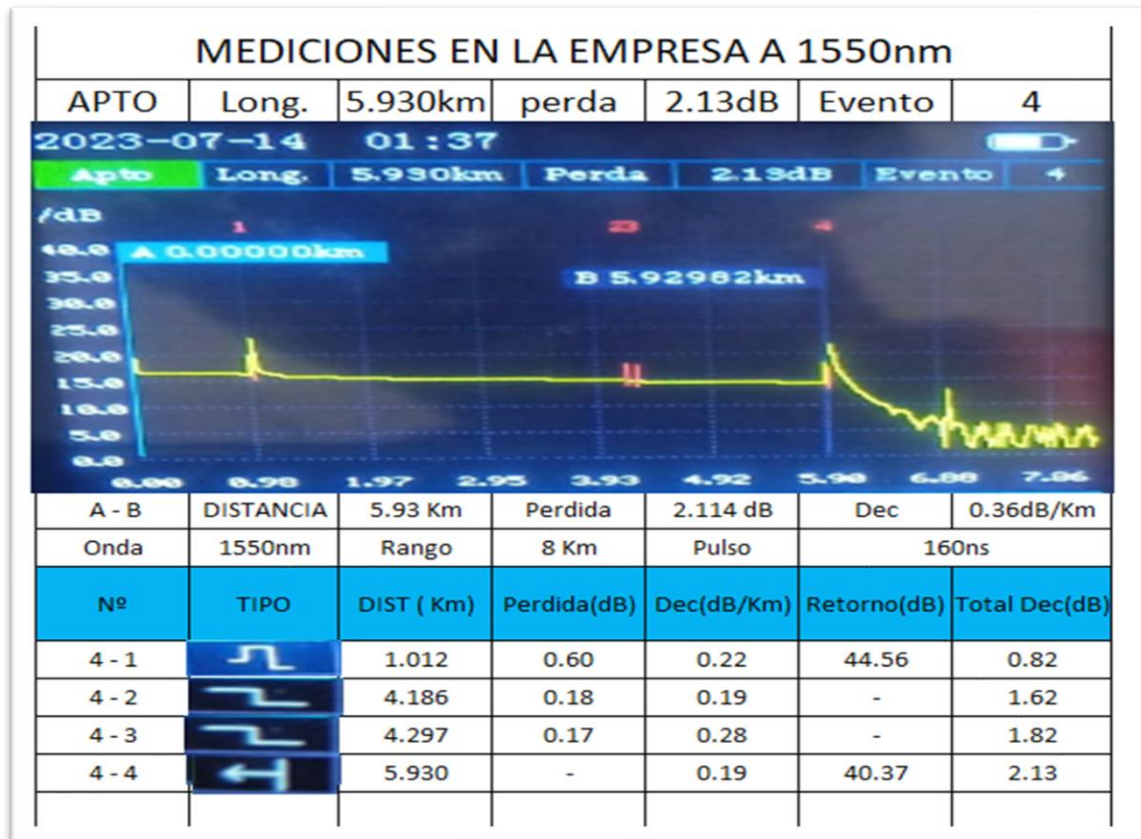
Después de finalizar las mediciones con el OTDR, el instrumento mostró los resultados de manera tanto numérica como gráfica. El gráfico, que también se denomina traza, exhibe la ubicación precisa de cada conector, conexión, empalme, curvatura o rotura, acompañado de las características de pérdida de señal (expresadas en dB) y reflexión de cada componente.

La longitud total de la fibra óptica y la pérdida global de los enlaces se detallan al concluir las pruebas. En caso de haber definido umbrales de pérdida inicialmente, se indicará si cada elemento del enlace de la fibra óptica ha superado o no dichos umbrales.

En la figura 35, se observa que en la parte superior se indica "APTO", junto con una longitud de 5.930 km, que representa la distancia desde la empresa textil hasta el nodo. Asimismo, se observa el uso de una bobina de lanzamiento y la presencia de 4 eventos.

**Figura 35**

*Mediciones en la empresa Estudio Textil S.A.C a 1550nm usando bobina de lanzamiento.*



*Nota.* La imagen ilustra las mediciones realizadas en la empresa Estudio Textil S.A.C. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

Los eventos 4 - 1 y 4 - 4 resultan relevantes, ya que permitieron la identificación de la terminación de la fibra, determinando si esta finaliza en punta o

está conectada a un conector. En el caso específico del evento 4-1, la representación visual exhibe una configuración cuadrática, indicando su conexión a una bobina de lanzamiento. La bobina cumple una función esencial para garantizar mediciones precisas y confiables. En ocasiones donde la atenuación es alta a lo largo de una traza, esta bobina se encarga de distribuir la atenuación a lo largo de un kilómetro, lo cual conlleva a una disminución considerable de las atenuaciones.

El evento 4 - 2 implicaba un empalme desde el OTDR hasta una distancia de 4.186 km, y el siguiente también es un empalme. Finalmente, el evento 4 - 4 representa el nodo.

En el evento 4 - 4, se encuentra la salida del OTDR conectado al patch cord de fibra, seguido de las distancias que corresponden a cada evento: 1.012, 4.186, 4.297, 5.930 km.

La reflectancia es un aspecto relevante, dado que cada empalme posee su propio valor de reflectancia. Para evitar una reflectancia elevada, es fundamental que el extremo del empalme esté debidamente quemado, garantizando así que la luz que atraviesa el empalme no se disperse. En mediciones con un OTDR y una bobina de lanzamiento, la reflectancia debe ser lo más baja posible, preferiblemente menor a -0.40 dB.

Respecto a las mediciones en el nodo del proveedor, después de que el personal técnico identificara errores durante las mediciones, se realizaron correcciones en la infraestructura, tanto interna como externa, siguiendo las indicaciones proporcionadas por los instrumentos de medición. Posteriormente, se realizaron mediciones adicionales hasta que el enlace estuvo en condiciones óptimas.

Es relevante destacar que el puerto del switch del proveedor se encendió y apagó durante las mediciones. En la figura 36 se presenta información sobre el transceptor óptico que permaneció conectado al puerto 23 del switch situado en el nodo del proveedor.

**Figura 36**

*Reconocimiento del transceptor óptico en el Switch de acceso del proveedor.*

```
GigabitEthernet0/0/23 transceiver information:
-----
Common information:
  Transceiver Type           :1000_BASE_LX_SFP
  Connector Type             :LC
  Wavelength(nm)            :1310
  Transfer Distance(m)       :20000(9um)
  Digital Diagnostic Monitoring :YES
  Vendor Name                 :RomateSANS
  Vendor Part Number         :1.25SFPSD2A
  Ordering Name              :
-----
Manufacture information:
  Manu. Serial Number        :RS202304180998
  Manufacturing Date          :2023-04-18
  Vendor Name                 :RomateSANS
-----
[SANTA-CATALINA-ACCESO-N001]
```

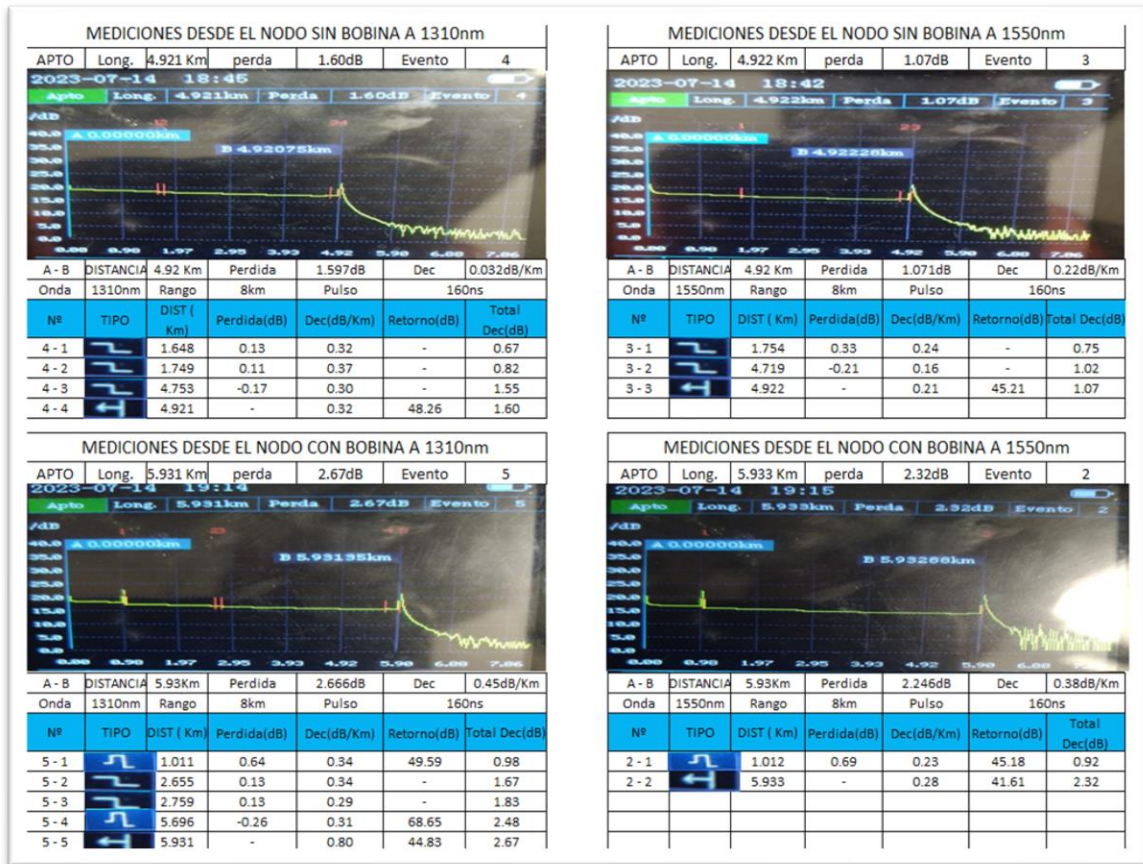
*Nota.* La imagen ilustra el reconocimiento del transceiver que fue insertado al puerto del switch proveedor. En la visualización se aprecia que está operando en la ventana de 1310 nm y tiene una capacidad de longitud de 20 km, equivalente a 9 µm. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

En la figura 37, se presentan las mediciones efectuadas en las ventanas de 1310 nm y 1510 nm. La primera medición se realizó sin el uso de una bobina de lanzamiento, mientras que la segunda se realizó con dicha bobina. Una de las diferencias notables en sus gráficos es que al emplear una bobina se observa un pico elevado al principio, mientras que sin bobina la lectura es directa y se aprecia solo una curva descendente.



**Figura 37**

Mediciones realizadas en el nodo con y sin bobina en las ventanas de 1310nm y 1550nm.



Nota. La imagen ilustra las mediciones realizadas en el nodo del proveedor de servicios. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

Las mediciones con la bobina expresan un aumento en la atenuación y el coeficiente de atenuación, lo que indica una menor calidad de la señal en comparación con las mediciones sin bobina. Sin embargo, el retorno en un evento específico es mayor en el caso con bobina, lo cual podría implicar una mejora en la calidad de la señal en ese punto en particular. Estos resultados pueden ser útiles para evaluar la calidad y la eficiencia de la infraestructura de fibra óptica en el nodo.

En la tabla 14 se presenta una comparativa de las mediciones realizadas con y sin bobina en la ventana de 1310nm.

**Tabla 14**

*Mediciones en el nodo de Win Empresas*

<b>Mediciones en el Nodo sin Bobina a 1310 nm</b>	<b>Mediciones en el Nodo con Bobina a 1310 nm</b>
La distancia total entre los puntos A y B es de 4.92 km.	La distancia total entre los puntos A y B es de 5.93 km, ligeramente mayor que en el caso sin bobina.
La pérdida total es de 1.597 dB.	La pérdida total es de 2.666 dB, lo que indica una mayor atenuación que en el caso sin bobina.
El coeficiente de atenuación (Dec) es de 0.032 dB/km.	El coeficiente de atenuación (Dec) es de 0.45 dB/km, lo que es significativamente mayor que en el caso sin bobina.
El retorno en el evento 4 - 4 es de 48.26 dB.	El retorno en el evento 5 - 4 es de 68.65 dB, lo que también es mayor en comparación con el caso sin bobina.
La pérdida total acumulativa (Total Dec) es de 1.60 dB.	La pérdida total acumulativa (Total Dec) es de 2.67 dB, ligeramente mayor que en el caso sin bobina.

*Nota.* La tabla exhibe una comparación de los resultados logrados durante las mediciones efectuadas en el nodo utilizando una bobina y sin su utilización. Fuente: Elaboración propia.

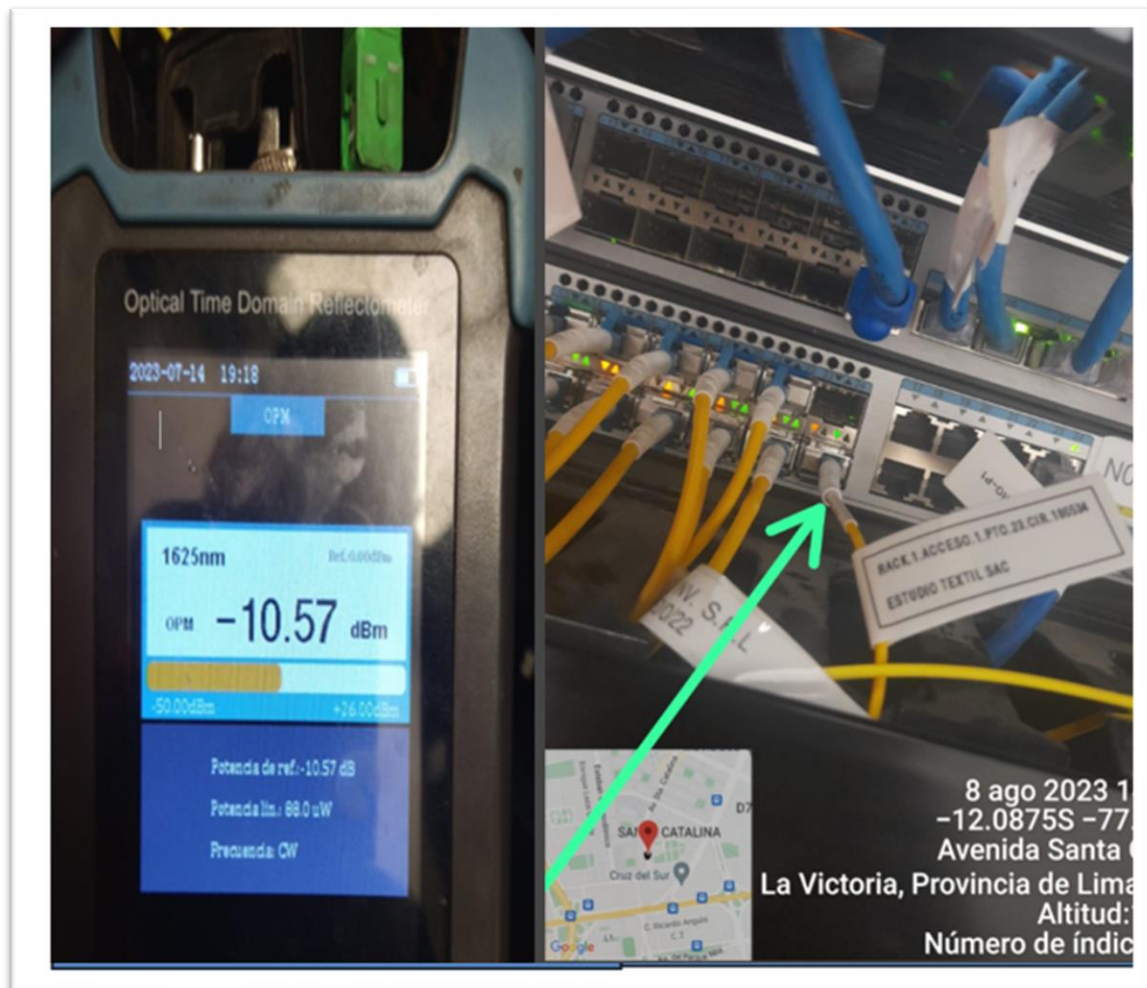
Finalmente, las mediciones en el transceptor óptico permitieron evaluar el rendimiento de la interfaz óptica del SFP. Esto es esencial para asegurar que el SFP haya funcionado correctamente y proporcionado la calidad de señal requerida en la red. Además, facilitó la identificación de problemas potenciales, la realización de ajustes necesarios y el mantenimiento de la calidad de la señal dentro de los estándares requeridos por la norma UIT-T.

En la figura 38, se ilustra la medición de potencia realizada en el puerto 23 del switch situado en el nodo del proveedor y se utilizó la ventana de 1625 nm.

Finalmente, se obtuvo una potencia de referencia de -10.57 dBm. La medición se realizó en una señal continua, lo que indica que la fuente de luz emitió una señal óptica constante sin modulación.

### Figura 38

Medición de potencia en la ventana de 1625nm.



*Nota.* La figura presenta la medición realizada en el puerto óptico que fue conectado. Para realizar esta medición, se solicitó activar el puerto y se observó que posee una potencia óptima, lo que permitió avanzar de manera exitosa con la implementación. Fuente: Extraído de Win Empresas, 2023.

### 3.2.3.8 Instalación y configuración del Customer Premises Equipment

Un paso siguiente fue realizar la instalación y configuración del Customer Premises Equipment (CPE). En esta etapa, se procedió a ejecutar la instalación de equipos de telecomunicaciones en Estudio Textil S.A.C., cumpliendo con los



requerimientos de la empresa. Se instaló un router de la marca Mikrotik, específicamente el modelo RB 2011.

Las especificaciones técnicas del enrutador Mikrotik RB 2011 se detallan en la tabla 15. Entre sus características más destacadas, se incluyen 10 puertos PoE, de los cuales 5 son tipo FastEthernet y los otros 5 son GigabitEthernet.

**Tabla 15**

*Características y funcionalidades del enrutador utilizado en la implementación.*

CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONALIDADES									
ESPECIFICACIONES DE HARDWARE Y SOFTWARE		SERVICIOS	AUTHENTICACION		SEGURIDAD Y VPN		QoS, TRUNKING Y ALTA DISPONIBILIDAD		
Modelo	RB2011UIAS-RM	NAT, PAT	Aplica			VPN Site-to-Site	Aplica	802.1q	Aplica
Interfases auto-negociables (Speed & Duplex) Troughput (Multiservicios)	10 /100 / 1000	DHCP Server/cliente y Relay	Aplica	Radius	Aplica	VPN Client-to-Server	Aplica L2TP	Track	Aplica
	150 Mbps duplex	NTP	Aplica			DMVPN	Aplica	IPSLA	Aplica
Test de Llamadas Concurrentes	50	SNMP (V1, V2, V3)	Aplica	TACACs	Aplica	VPN Tunneling (Gre)	Aplica	VRRP	Aplica
Doble Fuente	NA	Telnet/SSH	Aplica			ACL (capa 3, capa 2)	Aplica	Rate-Limit	Aplica
Puertos de cobre	8 puerto	Netflow	Aplica (Flow Export)					QoS	NA
Puerto opticos	1 puerto	Syslog	Aplica					Policy Traffic	Aplica
Puerto consola	puerto LAN	Dinamico IPv4 (OSPF, BGP)	Aplica						
Sistema Operativo	RouterOS	Dinamico IPv6 (RIP, OSPFv3,BGP IPv6,IS-ISv6)	Aplica						
Capacidad de memoria RAM Tamaño de almacenamiento	128 MB	Route map	Aplica						
	128 MB	Prefix lists	Aplica						
Temperatura ambiente probada	-40°C to 60°C	Enrutamiento Multicast, PIM	Aplica						
		VRF	Aplica						
Precio en el mercado	\$119.00	Policy Routing	Aplica						
		Router de Capa 2 (Lan Extendida)	NA						

**Nota.** Tomado de especificaciones del equipo RouterBoard Mikrotik Rb2011. Fuente: Mikrotik (2023).

En una fase inicial, se localizó el gabinete de la empresa y se realizó una inspección visual del entorno con la finalidad de garantizar la protección y bienestar del equipo de trabajadores de la contratista. Además, se verificó que el personal estuviera debidamente equipado con los equipos de protección necesarios para ejecutar la instalación del equipo.

En la tabla 16 se presenta el listado de equipos finales y accesorios utilizados en la instalación.

**Tabla 16**

*Cantidad de equipo y accesorios que fueron utilizados en la implementación*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>
ROUTER MIKROTIK RB 2011	Und	1
TRANSCEIVER ROMATECSANS 1.25SFPSD2B TIPO B 20KM- 1000BASE	Und	1
STOVE BOLT CON TUERCA ENJAULADA M-6 X 20	Und	4
PERNOS DORADOS MILIMETRICOS	Und	4
PATCH CORD DE COBRE RJ45 CAT6 DE 2 MTS	Und	2
PATCH CORD F.O SM SIMPLEX LC- UPC / SC-UPC 3MM X 3MT	Und	1
ADAPTADOR DE ENCHUFE REDONDO A PLANO	Und	1

*Nota.* Adecuado con la información proporcionada por Win Empresas, 2023.

En la figura 39 se muestra la instalación del enrutador Mikrotik RB2011 en el gabinete de la empresa, donde se realizaron las conexiones físicas de la siguiente manera.

**Figura 39**

*Instalación de equipos en el gabinete de la empresa.*



*Nota.* La imagen ilustra la instalación del equipo en la empresa Estudio Textil S.A.C. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

Siguiendo la topología de red representada en la figura 10, se estableció la conexión desde la roseta óptica hacia el transceptor óptico ubicado en el puerto SFP del enrutador. Para lograr esta conexión, se empleó un patch cord de fibra óptica monomodo, específicamente del tipo LSZH Simplex LC/UPC - SC/UPC de 3 mm x 3 metros, el cual cumplía con la norma G.652.D.

El puerto SFP tiene la función principal de transmitir y recibir datos a través de la red de fibra óptica. Su capacidad reside en la conversión de señales eléctricas en señales ópticas y viceversa, lo que permite la transferencia de información por medio de cables de fibra óptica.

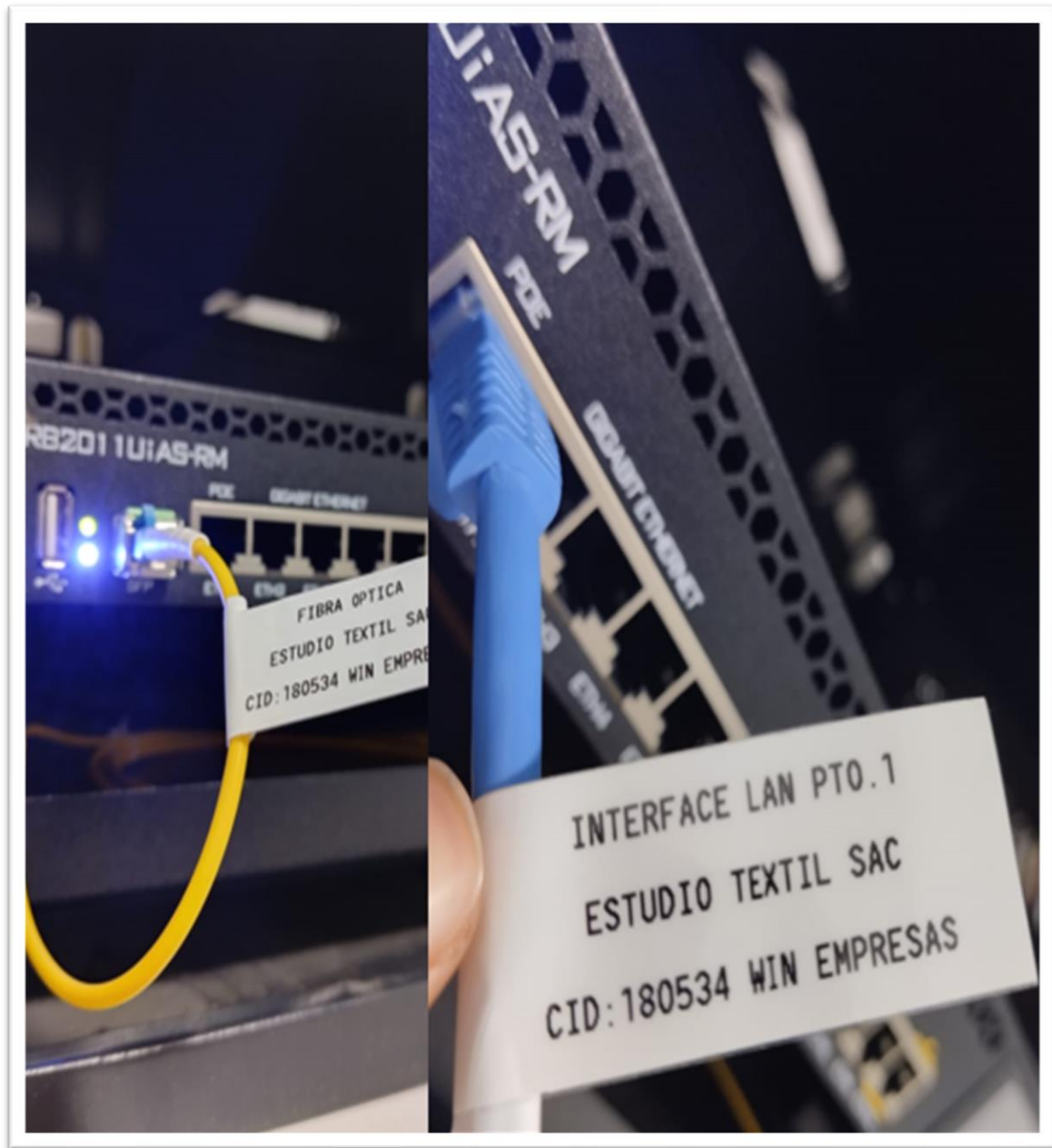
Posteriormente, se efectuó la conexión entre el enrutador y el switch de la empresa Estudio Textil S.A.C. Para ejecutar esta conexión, se utilizó un patch cord de cobre RJ45 de categoría 6 con una longitud de 2 metros que cumple con la norma TIA/EIA-568, el cual se conectó al puerto 1 del equipo y se enrutó hacia el switch de la empresa.

Es importante tener en cuenta que los patch cords utilizados en una red sigan las normas y especificaciones correspondientes para garantizar un rendimiento óptimo.

Siguiendo el proceso de instalación, se realizó el etiquetado de equipo y cableado con la finalidad de permitir su identificación para futuros trabajos de mantenimiento en la red siguiendo la normativa TIA/EIA – 606. En la figura 40, se visualiza el etiquetado correspondiente al equipo y cableado, este etiquetado es coherente y fácil de entender para los técnicos y administradores de red, buscando la gestión eficiente y el mantenimiento adecuado de la infraestructura de telecomunicaciones.

## Figura 40

*Etiquetado de equipos instalados en la empresa según la normativa TIA/EIA – 606.*



*Nota.* La imagen ilustra el correcto etiquetado del equipo instalado en la empresa Estudio Textil S.A.C siguiendo la normativa TIA/EIA-606. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

La compañía proveedora, Win Empresas, ha culminado con éxito la configuración de equipo y la ejecución de pruebas de servicio, lo que indica la finalización satisfactoria del proceso de implementación. En la figura 41 se exhibe



la interfaz gráfica de la herramienta de software WinBox64, la cual proporciona información acerca del modelo del equipo utilizado y del transceptor óptico en funcionamiento. Este último transmitió a -5.890 dBm y recibió a -9.601 dBm, operando en la ventana de 1550 nm. Asimismo, en la representación gráfica se destacan las interfaces del equipo, incluyendo el puerto óptico SFP1 y ether 1, claramente identificadas.

**Figura 41**

*Información de interfaces del router y parámetros de transceptor óptico.*

The screenshot shows the RouterBOARD configuration window in WinBox64. It is divided into several sections:

- RouterBOARD Settings:** Includes fields for Model (RB2011UiAS), Revision (r3), Serial Number (HCC07JM3DNB), Firmware Type (ar9344), Factory Firmware (6.48.6), Current Firmware (6.48.6), and Upgrade Firmware (6.48.6). Action buttons include OK, Upgrade, Settings, PoE Settings, USB Power Reset, and Reset Button.
- Hardware Information:** Vendor Name: RomateSANS, Vendor Part Number: 1.25SFPSD2B, Vendor Revision: 1.0, Vendor Serial: RS202304183146, Manufacturing Date: 23-04-18.
- Optical Transceiver Parameters:** Wavelength: 1550.00 nm, Temperature: 38 C, Supply Voltage: 3.408 V, Tx Bias Current: 23 mA, Tx Power: -5.890 dBm, Rx Power: -9.601 dBm.
- Interface Table:** A table listing network interfaces with their status and data rates.

	Name	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx
R	Loopback	Bridge	1500	65535	0 bps	0 bps
	ether2	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps
	ether3	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps
	ether4	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps
	ether5	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps
	ether6	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps
	ether7	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps
	ether8	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps
	ether9	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps
	ether10	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps
R	ether1	Ethernet	1500	1598	70.4 kbps	105.0 kbps
R	sfp1	Ethernet	1500	1598	237.5 kbps	75.5 kbps
R	Gestion	VLAN	1500	1594	133.0 kbps	2.1 kbps
R	INTERNET	VLAN	1500	1594	4.5 kbps	21.4 kbps

*Nota.* La figura representa el modelo empleado durante la instalación, así como los parámetros del transceptor óptico incorporado en el equipo MikroTik RB2011. También se aprecia que en los puertos ether 1 y sfp1 hay tanto transmisión como recepción de información, según se evidencia en los valores indicados. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

En la figura 42, se presenta la lista de direcciones IP asignadas a cada interfaz, junto con la identificación de la red a la que pertenecen. El Protocolo de Internet (IP) es esencial para la comunicación en redes y exige la asignación de direcciones IP para posibilitar un intercambio eficiente de datos entre dispositivos

**Figura 42**

*Asignación de direccionamiento IP.*

Address	Network	Interface
10.34.36.215	10.34.36.215	Loopback
WAN-INTERNET		
10.35.44.66/30	10.35.44.64	INTERNET
MGT		
10.40.x.x/30	10.40.x.x	Gestion
Gestion-Local		
10.250.x.x/30	10.250.x.x	ether7
IP-PUBLICA		
45.226.x.x/30	45.226.x.x	ether1
LAN-INTERNET		
192.168.1.1/24	192.168.1.0	ether1

6 items (1 selected)

*Nota.* En la imagen se visualiza la lista de direcciones IP que fueron asignadas al equipo Mikrotik Rb2011 ubicado en Estudio Textil S.A.C. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

El Protocolo de Internet (IP) pertenece a la capa de red del modelo OSI (Interconexión de sistemas abiertos) y al modelo TCP/IP. En términos del modelo OSI, la capa de red (Layer 3) es la responsable de identificar y enrutar los datos a través de una red. El Protocolo de Internet (IP), en este contexto, juega un papel crucial al proporcionar direcciones únicas al dispositivo en la red y asegurar la entrega de datos de origen a destino a través de múltiples dispositivos intermedios.

En el modelo TCP/IP, el Protocolo de Internet (IP) se encuentra en la capa de Internet. Esta capa es la encargada de la transmisión de paquetes de datos entre redes y se apoya en el direccionamiento IP para lograrlo. El Protocolo de

Internet (IP) está asociado principalmente con la capa de red en el modelo OSI y ocupa una posición fundamental en la arquitectura del modelo TCP/IP, que sustenta el funcionamiento de Internet.

En la figura 43 se proporciona un resumen de los comandos empleados durante la implementación. Esta acción comprendió la asignación de dos VLAN a una misma interfaz, una destinada a la conectividad a Internet y la otra para propósitos de gestión. Se procedió a agregar direcciones IP tanto para la gestión local como remota, junto con la asignación de direcciones IP para la conexión a Internet, la dirección IP pública y la dirección IP LAN.

### Figura 43

*Lista de comandos utilizados en herramienta WinBox64 mediante línea de comando.*

```
interface vlan add interface=sfp1 name=Gestion vlan-id=3826
ip address
add address=10.40.x.x/30 comment=MGT interface=Gestion
add address=10.250.x.x/30 comment=Gestion-Local interface=ether7
interface vlan add interface=sfp1 name=INTERNET vlan-id=1526
ip address add address=10.35.44.66/30 comment=WAN-INTERNET interface=INTERNET
ip address add address=45.226.x.x /30 comment=IP-PÚBLICA interface=ether1
ip address add address=192.168.1.1/24 comment=LAN-INTERNET interface=ether1
ip route vrf add export-route-targets=1:1 import-route-targets=1:1 interfaces=ether1,INTERNET route-distinguisher=1:1 routing-mark=INT-VRF
ip route add comment=CORE_OPTICAL distance=1 gateway=10.35.44.65 routing-mark=INT-VRF
ip firewall nat add action=src-nat chain=srcnat routing-mark=INT-VRF src-address=192.168.1.0/24 to-addresses=45.226.x.x
queue simple add limit-at=50M/50M max-limit=50M/50M name=INTERNET queue=pcq-upload-default/pcq-download-default target=INTERNET
interface bridge add name=Loopback
ip address add address=10.34.36.215/32 interface=Loopback
```

*Nota.* En la imagen se ilustra un resumen de los principales comandos utilizados en el equipo Mikrotik para la implementación del servicio de Internet dedicado. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

Adicionalmente, se efectuaron ajustes en el ancho de banda y se estableció la configuración de la traducción de direcciones de red, también conocido como enmascaramiento de IP o NAT. Esta configuración permitió la traducción que vincula las direcciones IP internas privadas con la dirección IP pública otorgada por el proveedor de servicios.



Después de haber implementado una red interna, se necesitaba una forma de probar la conectividad IP básica sin depender de que ninguna aplicación esté funcionando. La herramienta principal para probar la conectividad básica de conectividad de red es el comando ping.

### **3.3. Resultados**

En la primera fase de implementación se obtuvo:

- El diseño de la ruta de acceso en AutoCAD
- El requerimiento de materiales
- El diagrama del cuadro de empalmes

En el requerimiento de materiales se especifica el uso de fibra óptica ADSS monomodo que cumple con el estándar ITU-T G.652.D, apta para operar a longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm. El listado de materiales utilizado para la implementación en Estudio Textil S.A.C. incluye:

- Materiales de Acceso:
  - 42 unidades de Tornillo Autorroscante 1 x 1.
  - 42 unidades de Tarugos PVC verdes.
  - 42 metros de Tubo Corrugado PVC 3/4".
  - 42 unidades de Bandeja Metálica Negra 1RU 45x32.
  - 1 unidad de Power Bar 8 tomas con fusible.
- Material de Tendido:
  - 726 metros de Fibra Óptica ADSS 12 SM-Span 100.
  - 228 metros de Fibra Óptica 04 SM-Span 150.
  - 48 unidades de Hebilla Acerrada 1/2 Band-It.
  - Cinta Band-It (Fleje de Acero 1/2).

En la tabla 17 se presenta el resultado obtenido como parte del diseño y el requerimiento de materiales para realizar el tendido óptico.

**Tabla 17**

*Requerimiento total para el tendido óptico.*

	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>RESULTADO DE TENDIDO</b>	Tendido aéreo	Mts	845
	Acceso Cliente	Mts	52
	Reserva Desarrollo	Mts	60
	Longitud total de fibra óptica	Mts	954

*Nota.* Adecuado con la información proporcionada por Win Empresas, 2023.

En el diagrama de empalmes se planificaron las fusiones realizadas a lo largo del tendido óptico de fibra y realizó la planificación de la instalación de mangas (mufas). En la tabla 18 se presenta como resultado la cantidad de fusiones realizadas durante el despliegue de fibra óptica.

**Tabla 18**

*Fusiones realizadas durante la implementación*

	<b>FIBRA OPTICA</b>	<b>Cantidad de fusiones</b>	<b>Estado de fibra</b>
<b>CANTIDAD DE ENLACES</b>	Fibra óptica de 96 Hilos	5	Existente
	Fibra óptica de 48 Hilos	3	Existente
	Fibra óptica de 12 Hilos	1	Desplegada
	Fibra óptica de 4 Hilos	2	Desplegada

*Nota.* Adecuado con la información proporcionada por Win Empresas, 2023.

El tendido óptico de la planta externa e interna se implementó caracterizando la fibra óptica mediante mediciones con Power Meter y OTDR, los resultados obtenidos se exhiben en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Mediciones realizadas durante la implementación.*

LONGITUD DE ONDA	DESCRIPCION	APTO	DIST (Km)	PERDIDA (dB)	Dec(dB/Km)	CANTIDAD DE EVENTOS
1310nm	SIN BOBINA A UN RANGO DE 8KM CON UN PULSO DE 160 ns	A-B	4.92 Km	1.597dB	0.032dB/Km	4
	CON BOBINA A UN RANGO DE 8KM CON UN PULSO DE 160 ns	A-B	4.92 Km	1.071dB	0.22dB/Km	3
1550nm	SIN BOBINA A UN RANGO DE 8KM CON UN PULSO DE 160 ns	A-B	5.93 Km	2.666dB	0.45dB/Km	5
	CON BOBINA A UN RANGO DE 8KM CON UN PULSO DE 160 ns	A-B	5.93 Km	2.246dB	0.38dB/Km	2

*Nota.* La tabla exhibe una comparación de los resultados logrados durante las mediciones efectuadas en el nodo utilizando una bobina y sin su utilización.  
Fuente: Elaboración propia

Las mediciones con la bobina presentan un aumento en la atenuación y el coeficiente de atenuación, lo que indica una menor calidad de la señal en comparación con las mediciones sin bobina.

La instalación y configuración del Customer Premises Equipment (CPE) en Estudio Textil S.A.C fue realizada considerando los siguientes pasos:

- Instalación del Router Mikrotik RB 2011: Este router cuenta con 10 puertos PoE, divididos en 5 puertos FastEthernet y 5 puertos GigabitEthernet.
- Previamente se realizó una inspección visual del gabinete de la empresa y se verificó que el personal tuviera el equipo de protección necesario para la instalación.
- Equipos y Accesorios Utilizados:
  - ✓ 1 Router Mikrotik RB 2011.
  - ✓ 1 Transceiver ROMATECSANS 1.25SFPSD2B Tipo B 20KM- 1000BASE.
  - ✓ 4 Stove Bolt con tuerca enjaulada M-6 x 20.
  - ✓ 4 Pernos dorados milimétricos.
  - ✓ 2 Patch cord de cobre RJ45 CAT6 de 2 metros.
  - ✓ 1 Patch cord F.O SM Simplex LC-UPC / SC-UPC 3mm x 3mt.
  - ✓ 1 Adaptador de enchufe redondo a plano.
- Conexión de la Roseta Óptica al Transceptor Óptico: Se empleó un patch cord de fibra óptica monomodo del tipo LSZH Simplex LC/UPC - SC/UPC de 3 mm x 3 metros, cumpliendo con la norma G.652.D. El puerto SFP del router fue utilizado para convertir señales eléctricas en señales ópticas y viceversa, facilitando la transferencia de información a través de la red de fibra óptica.
- Conexión del Enrutador al Switch de la Empresa: Se utilizó un patch cord de cobre RJ45 de categoría 6 de 2 metros, conforme a la norma TIA/EIA-568, conectado al puerto 1 del enrutador y dirigido al switch de la empresa.
- Etiquetado de Equipo y Cableado: Se siguió la normativa TIA/EIA-606 para un etiquetado coherente y fácil de entender, facilitando la gestión y el mantenimiento de la infraestructura de telecomunicaciones.

Las pruebas de operatividad del servicio se realizaron con el objetivo de verificar la ausencia de fallas en el servicio de internet dedicado de 50 Mbps, solicitado por Estudio Textil S.A.C. Estas pruebas comprendieron la evaluación de la conectividad mediante el protocolo ICMP y la herramienta ping, junto con la medición de la velocidad utilizando Speedtest y Netpersec.

Los paquetes ICMP de solicitud “echo request” y de respuesta “echo reply” fueron enviados utilizando la herramienta de pruebas IPv4 (Ping).

- Se verificó la conectividad hacia tanto los servidores DNS de Google como hacia los servidores DNS de la empresa proveedora de Internet, “Win Empresas”.
- Se empleó la IP 8.8.8.8 como DNS de Google y las IPs 190.12.72.226 y 190.12.72.227 como DNS de Win Empresas. Se utilizó la IP privada 192.168.1.1, asignada por la compañía Estudio Textil S.A.C.
- En la figura 44 se evidencia que se realizaron veinte envíos de paquetes, todos recibidos de manera satisfactoria. Además, se observa que el tiempo de ida y vuelta promedio fue de 30ms, con un tiempo mínimo de 30ms y un máximo de 30 ms. La pérdida de paquetes fue del 0%.

## Figura 44

Prueba de conectividad hacia el DNS de Google.

```
CID180534_EstudioTextil_S.A.C] > ping 8.8.8.8 src-address=192.168.1.1 routing-table=INT-VRF count=20
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 8.8.8.8                                56 117 30ms
1 8.8.8.8                                56 117 30ms
2 8.8.8.8                                56 117 30ms
3 8.8.8.8                                56 117 30ms
4 8.8.8.8                                56 117 30ms
5 8.8.8.8                                56 117 30ms
6 8.8.8.8                                56 117 30ms
7 8.8.8.8                                56 117 30ms
8 8.8.8.8                                56 117 30ms
9 8.8.8.8                                56 117 30ms
10 8.8.8.8                               56 117 30ms
11 8.8.8.8                               56 117 30ms
12 8.8.8.8                               56 117 30ms
13 8.8.8.8                               56 117 30ms
14 8.8.8.8                               56 117 30ms
15 8.8.8.8                               56 117 30ms
16 8.8.8.8                               56 117 30ms
17 8.8.8.8                               56 117 30ms
18 8.8.8.8                               56 117 30ms
19 8.8.8.8                               56 117 30ms
sent=20 received=20 packet-loss=0% min-rtt=30ms avg-rtt=30ms max-rtt=30ms
```

*Nota.* En la imagen se visualiza una prueba de conectividad mediante el comando ping. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

En la prueba de conectividad también se midió el RTT y la latencia, las cuales fueron de 30ms y 15 ms, respectivamente. La latencia de 15 ms indica que, la red entre el origen y destino presenta un buen rendimiento, con baja latencia y consistencia en los tiempos de respuesta.

En la Figura 45 se ilustra que se realizaron pruebas de conectividad mediante ping hacia los servidores DNS de Win Empresas, utilizando como origen la IP privada 192.168.1.1, la cual fue asignada por Estudio Textil S.A.C.

**Figura 45**

*Prueba de conectividad hacia el DNS de Win Empresas.*

```
@CID180534_EstudioTextil_S.A.C] > ping 190.12.72.226 src-address=192.168.1.1 routing-table=INT-VRF count=20
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 190.12.72.226                          56 61 lms
1 190.12.72.226                          56 61 Oms
2 190.12.72.226                          56 61 Oms
3 190.12.72.226                          56 61 Oms
4 190.12.72.226                          56 61 Oms
5 190.12.72.226                          56 61 Oms
6 190.12.72.226                          56 61 Oms
7 190.12.72.226                          56 61 Oms
8 190.12.72.226                          56 61 Oms
9 190.12.72.226                          56 61 Oms
10 190.12.72.226                         56 61 Oms
11 190.12.72.226                         56 61 Oms
12 190.12.72.226                         56 61 Oms
13 190.12.72.226                         56 61 Oms
14 190.12.72.226                         56 61 Oms
15 190.12.72.226                         56 61 Oms
16 190.12.72.226                         56 61 Oms
17 190.12.72.226                         56 61 Oms
18 190.12.72.226                         56 61 Oms
19 190.12.72.226                         56 61 Oms
sent=20 received=20 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=0ms max-rtt=lms

@CID180534_EstudioTextil_S.A.C] > ping 190.12.72.227 src-address=192.168.1.1 routing-table=INT-VRF count=20
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 190.12.72.227                          56 61 lms
1 190.12.72.227                          56 61 lms
2 190.12.72.227                          56 61 lms
3 190.12.72.227                          56 61 lms
4 190.12.72.227                          56 61 lms
5 190.12.72.227                          56 61 lms
6 190.12.72.227                          56 61 lms
7 190.12.72.227                          56 61 lms
8 190.12.72.227                          56 61 lms
9 190.12.72.227                          56 61 lms
10 190.12.72.227                         56 61 Oms
11 190.12.72.227                         56 61 lms
12 190.12.72.227                         56 61 lms
13 190.12.72.227                         56 61 lms
14 190.12.72.227                         56 61 lms
15 190.12.72.227                         56 61 Oms
16 190.12.72.227                         56 61 lms
17 190.12.72.227                         56 61 lms
18 190.12.72.227                         56 61 lms
19 190.12.72.227                         56 61 lms
sent=20 received=20 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=0ms max-rtt=lms
```

*Nota.* En la imagen se visualiza las pruebas de conectividad hacia los DNS de Win Empresas mediante el comando ping. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.

En esta prueba, se realizaron veinte envíos de paquetes en la primera prueba, todos recibidos satisfactoriamente, también se obtuvo que la pérdida de paquetes es el 0 %. En la segunda prueba, se ejecutaron veinte envíos de paquetes, y se evidencia que el tiempo mínimo es 0 ms y máximo 1 ms. La pérdida de paquetes en ambas pruebas fue del 0 %.

En la última fase de pruebas, se realizaron mediciones de velocidad y saturación de red en la empresa Estudio Textil S.A.C. empleando las herramientas NetPerSec y Speedtest para evaluar el rendimiento de la red. En la figura 46 se muestra las pruebas realizadas para la medición de velocidad y saturación de la

red, las que indican que se logró alcanzar el ancho de banda solicitado por la empresa Estudio Textil S.A.C.

**Figura 46**

*Prueba de velocidad y transferencia de datos utilizando las herramientas Speedtest y NetPerSec.*



*Nota.* En la imagen se visualiza que se logró con éxito llegar al ancho de banda contratado haciendo uso de las herramientas de mediciones de velocidad. Fuente: Recuperado de Win Empresas, 2023.



## CONCLUSIONES

- El proyecto ha conseguido establecer una infraestructura de red eficiente y robusta, ya que ahora dispone de una velocidad de transmisión de 50Mbps y se ha logrado ampliar la cobertura de servicios.
- La implementación incluyó el tendido aéreo con una longitud total de 954 metros, se usaron crucetas metálicas y reserva de fibra óptica, lo que implicó un costo total de S/ 6862.05.
- El proceso de implementación del tendido óptico aéreo se completó en 17 días e incluyó la instalación de un nuevo tendido hasta Estudio Textil S.A.C., con énfasis en la seguridad laboral y la protección ambiental.
- La medición mediante Power Meter y OTDR mostró un valor de -10.57 dBm, indicando un valor óptimo para la implementación con parámetros como atenuación y pérdidas por empalme, conformes a la normativa TIA/EIA-568-B.
- La instalación y configuración del CPE se basó en el uso del enrutador Mikrotik RB 2011 según las especificaciones técnicas del equipo, se efectuaron conexiones específicas y se siguió la normativa TIA/EIA-606 para el etiquetado de equipo y cableado.
- En la etapa final, se realizaron pruebas de conectividad utilizando el protocolo ICMP y herramientas como Speedtest y NetPerSec para evaluar la velocidad y la saturación de la red, y se confirmó la calidad del servicio con una latencia promedio de 30ms y una pérdida de paquetes del 0%.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere continuar monitoreando y evaluando la infraestructura de red implementada para garantizar su rendimiento óptimo y sostenibilidad a largo plazo.
- Se recomienda mantener un registro detallado de la planificación y los materiales utilizados para futuras referencias y posibles expansiones. Realizar revisiones periódicas del diseño para identificar oportunidades de mejora y eficiencia.
- Se sugiere un mantenimiento regular para asegurar la integridad y el rendimiento del tendido óptico, continuar capacitando constantemente al personal en prácticas de seguridad y mantenimiento para prevenir accidentes y garantizar la longevidad de la instalación.
- Se recomienda realizar mediciones periódicas utilizando Power Meter y OTDR para monitorear el estado y el rendimiento de la fibra óptica, y así detectar y corregir rápidamente cualquier degradación o daño en la infraestructura.
- Se recomienda implementar un plan de mantenimiento y actualizaciones regulares para el enrutador Mikrotik RB 2011, asegurando que se mantenga al día con las últimas actualizaciones de seguridad y rendimiento.
- Se recomienda continuar realizando pruebas de rendimiento regularmente para asegurar la calidad constante del servicio de Internet. Considerar la implementación de herramientas adicionales de monitoreo de red para una evaluación más detallada y en tiempo real del rendimiento de la red.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alatwi, A. M., Rashed, A. N. Z., & Abd El Aziz, I. A. (2021). High speed modulated wavelength division optical fiber transmission systems performance signature. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19(2), 380–389.

Rigby, P. (2018). EDITION 8 D&O COMMITTEE REVISION FTTH HANDBOOK. [www.ftthcouncil.eu](http://www.ftthcouncil.eu)

Win Empresas S.A.C. (2023). Red de cobertura de fibra óptica de Win Empresas. Win Empresas S.A.C.

Allen, H., Coggan, A. R., & McGregor, S. (2019). Training and racing with a power meter. VeloPress.

Amiri, I. S., Rashed, A. N. Z., Kader, H. M. A., Al-Awamry, A. A., Abd El-Aziz, I. A., Yupapin, P., & Palai, G. (2020). Optical communication transmission systems improvement based on chromatic and polarization mode dispersion compensation simulation management. *Optik*, 207, 163853.

Bassani GF, Liedl GL, Wyder P, editors. *Encyclopedia of condensed matter physics*. Amsterdam: Elsevier Academic Press; 2005. doi: [10.1016/B978-012227610-1/50000-9].

Bracken, J. K., & Sterling, C. H. (2021). *Telecommunications research resources: An annotated guide*. Routledge.

Cho, J., Chen, X., Raybon, G., Che, D., Burrows, E., Olsson, S., & Tkach, R. (2022). Shaping lightwaves in time and frequency for optical fiber communication. *Nature Communications*, 13(1), 785.

Conectrónica. (2009). Medidas en fibra óptica: Reflectometría o potencia. Recuperado de: <https://www.conectronica.com/fibra-optica/instrumentos-para-fibra-optica/medidas-en-fibra-optica-ireflectometria-o-potencia>

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.

Elliott, B. (2021). Guiding Light: Optical Fiber.

Ferrari, A., Napoli, A., Fischer, J. K., Costa, N., D'Amico, A., Pedro, J., Forysiak, W., Pincemin, E., Lord, A., & Stavdas, A. (2020). Assessment on the achievable throughput of multi-band ITU-T G. 652. D fiber transmission systems. *Journal of Lightwave Technology*, 38(16), 4279–4291.

FTTH Council Europe. (2018). EDITION 8 D&O COMMITTEE REVISION FTTH HANDBOOK. [www.ftthcouncil.eu](http://www.ftthcouncil.eu)

García, K. (2017). Las comunicaciones ópticas en México: actualidad y tendencias obtenido de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/13920>

Gibbon, T.B., Wu, L., Waswa, D.W., Conibear, A.B., & Leitch, A.W.R.. (2008). Polarization mode dispersion compensation for the South African optical-fibre telecommunication network. *South African Journal of Science*, 104(3-4), 119-123. Retrieved December 05, 2023. Recuperado de: [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0038-23532008000200009&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0038-23532008000200009&lng=en&tlng=en)

González, J. A., & González, M. A. (2018). Fundamentos de redes de comunicaciones ópticas. Recuperado de: <https://elibro.net/es/ereader/untels/175155?page=155>

Grazzini, H. O. (2020). Fibras ópticas: conceptos teóricos y aplicaciones prácticas. Córdoba, Jorge Sarmiento Editor - Universitas. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/untels/175155?page=165>.

Hernandez, P., & Yovera, M. (2019). Propuesta de diseño de una red de transporte de fibra óptica para la mejora de la calidad. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3654>

Holloway, M. D., & Holloway, E. (2020). Dictionary of Industrial Terminology. John Wiley & Sons.

Hui, R., & O'Sullivan, M. (2022). Fiber-Optic Measurement Techniques. Academic Press.

ITU (2019). ITU-T G.652: Characteristics of a single-mode optical fibre and cable. Recuperado de: <https://handle.itu.int/11.1002/1000/13076>

Janampa, J. (2019), Diseño de una red de fibra óptica para implementar el servicio de banda ancha para Andina Perú cable E.I.R.L. en la ciudad de Cerro de Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1791>

Kanamori, H. (2021). Transmission loss of optical fibers; Achievements in half a century. IEICE Transactions on Communications, 104(8), 922–933.

Kruger, C. P., & Hancke, G. P. (2020). Enhanced security in industrial internet of things networks using latency based fingerprinting. 2020 IEEE 18th International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 1, 1–6.

Liu, X. (2019). Evolution of fiber-optic transmission and networking toward the 5G era. Iscience, 22, 489–506.

Laferrière, J., Lietaert, G., Taws, R., & Wolszczak, S. (2018). Reference Guide to Fiber Optic Testing (Vol. 1). VIAVI Solutions. [https://www.normann-engineering.com/support/white\\_papers/fiberguide1-bk-fop-tm-ae.pdf](https://www.normann-engineering.com/support/white_papers/fiberguide1-bk-fop-tm-ae.pdf)

Mahmoodi Khaniabadi, S., Javadpour, A., Gheisari, M., Zhang, W., Liu, Y., & Sangaiah, A. K. (2023). An intelligent sustainable efficient transmission internet protocol to switch between User Datagram Protocol and Transmission Control Protocol in IoT computing. Expert Systems, 40(5), e13129.

Marie, T. F. B., Bin, Y., Dezhi, H., & Bowen, A. (2021). Principle and application state of fully distributed fiber optic vibration detection technology based on  $\Phi$ -OTDR: A review. *IEEE Sensors Journal*, 21(15), 16428–16442.

Mukti, P. H., Ananda, S. K., & Kusrahardjo, G. (2022). Performance Evaluation of VoIP Service for Emergency Disaster Responses over WiMAX-WLAN Integrated Network. *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*.

MikroTik. (2023). RB2011UiAS-RM. Recuperado de: <https://mikrotik.com/product/RB2011UiAS-RM#fndtn-downloads>

Nakayama, L. F., Zago Ribeiro, L., de Oliveira, J. A. E., de Matos, J. C. R. G., Mitchell, W. G., Malerbi, F. K., Celi, L. A., & Regatieri, C. V. S. (2023). Fairness and generalizability of OCT normative databases: A comparative analysis. *International Journal of Retina and Vitreous*, 9(1), 48.

Normann Engineering. (2002). Fiber optic technology: A guide for engineers and designers. Recuperado de: [https://www.normann-engineering.com/support/white\\_papers/fiberguide1-bk-fop-tm-ae.pdf](https://www.normann-engineering.com/support/white_papers/fiberguide1-bk-fop-tm-ae.pdf)

Nuñez, A. (2018). Diseño de una red de transporte sobre fibra óptica para incrementar la banda ancha de las regiones: Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7959>

Obaid, H. S., & Abeed, E. H. (2020). DoS and DDoS attacks at OSI layers. *International Journal of Multidisciplinary Research and Publications*, 2(8), 1–9.

Pathak, A. K., & Singh, V. K. (2020). SPR based optical fiber refractive index sensor using silver nanowire assisted CSMFC. *IEEE Photonics Technology Letters*, 32(8), 465–468.

Patil, J. J., Patil, Y. H., & Ghosh, A. (2020). Comprehensive and analytical review on optical fiber refractive index sensor. 2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)(48184), 169–175.

Promax. (2019). Tipos de conectores de fibra óptica: Guía sencilla. Recuperado de: <https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>

Razo, L. (2019). Análisis de una red metropolitana de comunicaciones de alta velocidad en la ciudad de México, para localización y resolución de fallas a nivel capa física. Obtenido de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/16483/3/Tesis.pdf>

Rahmadiansyah, M., Anggraeni, S. P., Firdaus, M. Y., Dewi, M. F., Rahardjo, S., Rasuanta, M. P., Hamidah, M., Setianingrum, L., & Hatta, A. (2022). The Consideration of Attenuation and Chromatic Dispersion Parameters to Long-Haul Optical Communication. *Proceedings of the 2022 International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications*, 50–54.

Romanov, O., Mankivskyi, V., & Saychenko, I. (2020). Analysis of Influence of UDP Parameters on QoS in IP Network. *2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*, 551–556.

Si, H., Sun, C., Chen, B., Shi, L., & Qiao, H. (2019). Analysis of socket communication technology based on machine learning algorithms under TCP/IP protocol in network virtual laboratory system. *IEEE Access*, 7, 80453–80464.

Stepanov, K. V., Zhirnov, A. A., Koshelev, K. I., Chernutsky, A. O., Khan, R. I., & Pnev, A. B. (2021). Sensitivity improvement of phi-OTDR by fiber cable coils. *Sensors*, 21(21), 7077.

Urrutia, A., Del Villar, I., Zubiarte, P., & Zamarreño, C. R. (2019). A comprehensive review of optical fiber refractometers: Toward a standard comparative criterion. *Laser & Photonics Reviews*, 13(11), 1900094.

Valle, P. (2015). Estudio y diseño de una red de fibra óptica utilizando la tecnología GPON para brindar servicio de voz, video y datos (triple play) a la ciudad de Macas

del cantón Morona de la provincia de Morona Santiago. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11125>

Wang, Z., Lu, B., Ye, Q., & Cai, H. (2020). Recent progress in distributed fiber acoustic sensing with  $\Phi$ -OTDR. *Sensors*, 20(22), 6594.

Wu, F., Guo, P., Yang, A., & Qiao, Y. (2019). Chromatic dispersion estimation based on CAZAC sequence for optical fiber communication systems. *IEEE Access*, 7, 139388–139393.

Yu, Z., Yang, J., Lin, C., Zhang, X., Dang, F., Yuan, Y., Yuan, L., Wang, Y., & Qin, Y. (2020). Distributed polarization measurement for fiber sensing coils: A review. *Journal of Lightwave Technology*, 39(12), 3699–3710.

Zubair, H. T., Begum, M., Moradi, F., Rahman, A. M., Mahdiraji, G. A., Oresegun, A., Louay, G. T., Omar, N. Y., Khandaker, M. U., & Adikan, F. R. (2020). Recent advances in silica glass optical fiber for dosimetry applications. *IEEE Photonics Journal*, 12(3), 1–25.





## Anexo 02

### Plano referencial de ruta interior

Nº 016076  
Página 02 de 02

**5. PLANO REFERENCIAL DE RUTA INTERIOR A SEGUIR**

- \* Ingreso de F.O. será de forma aérea por ca. Ignacio Cossio.
- \* anclaje a altura de piso 5.
- \* recorrido será por área de almacén de piso 5 mediante tubo flex proyectado.
- \* Equipos se instalarán en gabinete existente en data center de piso 5.
- \* cliente habilitará tomas eléctricas para los equipos.
- \* cliente habilitará espacio en Almacén para colocar escaleras y poder manipular F.O. (Retirar cables)

<p>Firma: </p> <p>Inspector: </p> <p>DNI: 1642603</p>	<p>Firma: </p> <p>Cliente: ESTUDIO PERU S.A.</p> <p>DNI: 20821735642</p>
---	--



## Anexo 04

### Diagrama de gantt

