

NOMBRE DEL TRABAJO

IMPLEMENTACION DE UNA RED DE FIBRA OSCURA PARA MEJORAR LA SEGURIDAD Y COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE LA

AUTOR

ABEL AURELIO MENDOZA HUALLPA

RECUENTO DE PALABRAS

11716 Words

RECUENTO DE CARACTERES

64984 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

72 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.3MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 27, 2024 9:19 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 27, 2024 9:19 AM GMT-5

● **7% de similitud general**

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

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

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

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.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: Mendoza Hualpa Abel Aurelio
D.N.I.: 72955993
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruano
Teléfono: 921299228
e-mail: abelmendozchwallpa@gmail.com

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad: Facultad de Ingeniería y Gestión
Programa Académico: Trabajo de suficiencia profesional
Título Profesional otorgado: Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones

Postgrado

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

Datos de trabajo de investigación

Título: "IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA OSCURA PARA MEJORAR LA SEGURIDAD Y COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE LA SEDE PRINCIPAL Y EL CENTRO DE RESPALDO DE LA CAJA MUNICIPAL DE AHORRO DE CRÉDITO (CMAC) EN EL DISTRITO DE CHUPACA DEL DEPARTAMENTO DE JUNIN 2023"
Fecha de Sustentación: 16 de diciembre de 2023
Calificación: Aprobado por unanimidad
Año de Publicación: 2024



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

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

Marcar con una X su elección.

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

Si autorizo No autorizo

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

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(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	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

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

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

Mendoza Hwallpa Abel Aurelio

APELLIDOS Y NOMBRES

72955993

DNI

Firma y huella:



Lima, 13 de Marzo del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

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



**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA OSCURA PARA
MEJORAR LA SEGURIDAD Y COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE LA
SEDE PRINCIPAL Y EL CENTRO DE RESPALDO DE LA CAJA
MUNICIPAL DE AHORRO DE CREDITO (CMAC) EN EL DISTRITO DE
CHUPACA DEL DEPARTAMENTO DE JUNIN 2023.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MENDOZA HUALLPA, ABEL AURELIO

ORCID: 0009-0009-6878-524X

ASESOR

QUISPE AGUILAR, MAX FREDI

ORCID: 0000-0002-4199-0974

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 19:08 horas del día 16 de diciembre de 2023, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DR. MARK DONNY CLEMENTE ARENAS	CIP N° 181400
Secretario	:	MG. LUDWIG PASCUAL LÓPEZ HUAMAN	CIP N° 310375
Vocal	:	MG. MARTHA ROXANA QUISPE AYALA	CIP N° 124612

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 ABEL AURELIO MENDOZA HUALLPA

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA OSCURA PARA MEJORAR LA SEGURIDAD Y COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE LA SEDE PRINCIPAL Y EL CENTRO DE RESPALDO DE LA CAJA MUNICIPAL DE AHORRO DE CRÉDITO (CMAC) EN EL DISTRITO DE CHUPACA DEL DEPARTAMENTO DE JUNIN 2023**

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 19:50 horas del día 16 de diciembre de 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

SECRETARIO
MG. LUDWIG PASCUAL LÓPEZ HUAMAN
CIP N° 310375

PRÉSIDENTE
DR. MARK DONNY CLEMENTE ARENAS
CIP N° 181400

VOCAL
MG. MARTHA ROXANA QUISPE AYALA
CIP N° 124612

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 maravillosa madre siempre transmitiéndome sus enseñanzas y todo el apoyo incondicional para lograr mis metas y objetivos. A mis hermanos por transmitirme sus energías para seguir con cada etapa de mi formación académica y profesional.

AGRADECIMIENTO

A mis familiares que siempre confiaron y me apoyaron para alcanzar mis objetivos.

A mi alma mater UNTELS por haberme brindado una enseñanza de calidad brindándome oportunidades para ser el profesional de hoy.

A los docentes que hoy en día no se encuentran en la casa de estudios, por transmitirme sus conocimientos, habilidades, entre otros que fueron de demasiada ayuda al momento de ejecutar mi formación profesional y de este modo poder culminar mi etapa de pregrado en mi desarrollo profesional.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION	3
1 CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	4
1.1 Contexto.....	4
1.2 Delimitación temporal y espacial del trabajo	5
1.2.1 DELIMITACION TEMPORAL:	5
1.2.2 DELIMITACION ESPACIAL:.....	5
1.3 Objetivos:	5
1.3.1 Objetivo general:	5
1.3.2 Objetivos específicos:	5
2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes:	6
2.1.1 Nacionales.....	6
2.1.2 Internacionales	7
2.2 Bases teóricas:.....	8
2.2.1 Fibra Óptica	8
2.2.2 Componentes en la Fibra Óptica	8
2.2.3 Tipos de Fibra Óptica	10
2.2.4 Topología de Fibra Óptica	11
2.2.5 Red de Fibra Óptica	11
2.2.6 Fibra Oscura.....	12
2.2.7 Parámetros Ópticos.....	13
2.2.8 Pérdidas en los Sistemas de Fibra Óptica.....	13
2.2.9 Medición de la Fibra Óptica	15
2.2.10 Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)	17
2.2.11 Dispersión de modo de polarización.....	19
2.2.12 Dispersión Cromática.....	20

2.2.13	Mediciones clave para el enlace de red	21
2.3	Definición de términos básicos:	22
▪	Fibra Oscura	22
▪	Dispersión	22
▪	Atenuación	22
▪	Fibra ADSS 100 SPAM	22
▪	Fibra G652	22
▪	ODF	22
▪	Prueba PMD/ CD	22
▪	Prueba OTDR	23
▪	Maquina Fusionadora	23
▪	Caja de pase	23
3	CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	24
3.1	Determinación y análisis del problema:	24
3.2	Modelo de solución propuesto:	26
3.2.1	Diagrama de flujo del modelo de solución de la propuesta	29
3.2.2	Análisis y diseño de la fibra óptica entre la sede principal y la sede de respaldo de la Caja Municipal de Ahorro de Crédito	29
3.2.3	Implementación de la fibra oscura	31
3.2.4	Validación de los empalmes	42
3.3	Resultados:	44
3.3.1	Validación de términos de referencia	44
3.3.2	Reporte técnico OTDR	45
3.3.3	Fichas técnicas y pruebas	51
3.3.4	Parámetros y costos	55
4	CONCLUSIONES	57
5	RECOMENDACIONES	58

6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (APA).....	59
	ANEXOS.....	61

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Diagrama de Gantt.....	5
<i>Figura 2.</i> Estructura de la fibra óptica	8
<i>Figura 3.</i> Fibra Monomodo	10
<i>Figura 4.</i> Fibra Multimodo	10
<i>Figura 5.</i> Sistema de comunicaciones ópticas.....	11
<i>Figura 6.</i> Curvatura de una fibra multimodo	14
<i>Figura 7.</i> Diagrama de medición de potencia	15
<i>Figura 8.</i> Medición de potencia en un extremo.....	16
<i>Figura 9.</i> Medición de potencia en todo el sistema.....	16
<i>Figura 10.</i> Diagrama del funcionamiento del OTDR.....	17
<i>Figura 11.</i> Panel Frontal de un OTDR clásico	18
<i>Figura 12.</i> Eventos en el OTDR.....	19
<i>Figura 13.</i> Dispersión de modo polarización.....	20
<i>Figura 14.</i> Dispersión Cromática.....	21
<i>Figura 15.</i> Mapa geográfico de Chupaca en el departamento de Junín	25
<i>Figura 16.</i> Problemática de la Caja Municipal de Ahorro de Crédito	25
<i>Figura 17.</i> Método de solución.....	26
<i>Figura 18.</i> Redes de Fibra de otros operadores	27
<i>Figura 19.</i> Presupuesto del proyecto del distrito de Chupaca.....	27
<i>Figura 20.</i> Diagrama de flujo del trabajo desarrollado.....	29
<i>Figura 21.</i> Longitud del enlace entre la sede principal y el centro de respaldo de CMAC	30
<i>Figura 22.</i> Ubicación del centro de respaldo	30
<i>Figura 23.</i> Ubicación de la sede principal CMAC	31
<i>Figura 24.</i> Charla de seguridad en el trabajo de altura	32
<i>Figura 25.</i> Charla del desarrollo del proyecto	32
<i>Figura 26.</i> Conexión a la mufa más cercana de la red Win.....	33
<i>Figura 27.</i> Conexión a la mufa más cercana de la red Win en la sede de respaldo	33
<i>Figura 28.</i> Conexión a la mufa más cercana de la red Win en la sede principal ..	34
<i>Figura 29.</i> Conexión a la mufa más cercana de la red Win en la sede principal ..	34
<i>Figura 30.</i> Preparación de la fibra oscura.....	35

<i>Figura 31.</i> Maquina fusionadora	36
<i>Figura 32.</i> Protección de la fusión de fibra	37
<i>Figura 33.</i> Visita técnica del predio	38
<i>Figura 34.</i> Caja de pase para fibra óptica.....	38
<i>Figura 35.</i> Recorrido de la fibra por el ducto existente	39
<i>Figura 36.</i> Perforación e implementación de tubería.....	39
<i>Figura 37.</i> Armado de ODF en la sede principal.....	40
<i>Figura 38.</i> ODF instalado en el data center de la sede principal.....	40
<i>Figura 39.</i> Armado ODF en la sede de respaldo	41
<i>Figura 40.</i> ODF instalado en el data center del centro de respaldo	42
<i>Figura 41.</i> ODF instalado en el data center del centro de respaldo	42
<i>Figura 42.</i> Optical Fiber Instrument.....	43
<i>Figura 43.</i> Validación de empalmes con el Optical Fiber Instrument	43
<i>Figura 44.</i> Medición de hilos con el Fiber Optical Identifier	44
<i>Figura 45.</i> Medición con el OTDR.....	45
<i>Figura 46.</i> Normativa IEC.....	45
<i>Figura 47.</i> Normativa ITU G.652.D	46
<i>Figura 48.</i> Cantidad de empalmes en el enlace	48
<i>Figura 49.</i> Informe Técnico del OTDR	49
<i>Figura 50.</i> Configuración de parámetros	50
<i>Figura 51.</i> Umbrales finales del equipo OTDR	51
<i>Figura 52.</i> Prueba PMD con hilos habilitados.....	52
<i>Figura 53.</i> Prueba de Desviación Modal de Polarización	53
<i>Figura 54.</i> Prueba Dispersión Cromática.....	54

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia desarrollado, consiste en implementar una red de fibra oscura para aumentar la seguridad y conexión de datos entre la sede principal y el centro de respaldo de la Caja Municipal de Ahorro de Crédito, ubicado en el distrito de Chupaca del departamento de Junín. Se desarrollo en tres capítulos los cuales son aspectos generales, marco teórico y desarrollo del trabajo profesional.

La entidad financiera tiene su sede principal en Huancayo donde almacena todos los datos de sus clientes del Perú. Su sede principal tiene una estructura SD-WAN donde las sedes remotas que se ubican en todo el Perú, realizan consultas para obtener información. La problemática se da cuando la sede principal se desconecta a la nube por cualquier agente externo inhabilitando la comunicación con las sedes remotas y no se tiene respuesta. Se tiene un centro de respaldo en la ciudad de Chupaca, pero esta sede no contiene toda la información de la sede principal por lo que la entidad pierde créditos, prestamos, cobros entre otros en las sedes remotas.

Para dar solución a este problema se implementará una red de fibra oscura que conectara la sede principal y el centro de respaldo que fue analizada, diseñada e implementada por el proyecto de WIN Empresas. De esta forma cuando exista una desconexión en la nube de su sede principal se puedan hacer consultas al centro de respaldo que podrá dar respuesta por la conexión de ambos. Mencionar que esta implementación mejora la seguridad porque es una conexión de punto a punto donde no interfieren equipos terceros que puedan almacenar los datos privados de los usuarios de la entidad financiera. Además de mejorar la conexión permitiendo transferir ancho de banda en gigabits.

Se hizo posible la ejecución del proyecto a través de un estudio de campo, visita técnica y validación de ambas sedes para identificar los equipos y materiales requeridos en la ejecución del proyecto. Reunida la información se presentó el presupuesto de ingeniería y la aprobación para la implementación del proyecto.

La implementación se realizó con todos los requerimientos establecidos por la entidad financiera. Una vez concluido el tendido de la fibra se procedió a realizar un análisis del proyecto para verificar el cumplimiento de los requerimientos.

Luego se validaron los parámetros con las pruebas correspondientes (PMD-CD, OTRD).

Es fundamental mencionar que la participación de mi persona fue siempre diligente en el proyecto, aplicando mis habilidades y conocimientos que alcance en mi etapa de formación universitario y experiencia profesional. Gracias a ellos se entregó el proyecto en el tiempo establecido de 60 días, obteniendo nuevas solicitudes de servicios por la entidad financiera CMAC.

INTRODUCCION

Actualmente el flujo de transmisión de datos se eleva constantemente lo que permitió a las telecomunicaciones desarrollar nuevos recursos. Así mismo las empresas de telecomunicaciones empezaron a ofrecer servicios por la magnitud inmensa de datos que manejan estas. Para los servicios de conectividad de empresas que requieren de mayor capacidad de red y menor latencia, se ofrece una red de fibra oscura.

El servicio que se solicita en nuestro país y en los demás para conectar empresas es la red de fibra oscura y los motivos para usarla es precisamente por la seguridad, rapidez y capacidad que pueden alcanzar las empresas.

Por tal motivo, la finalidad del presente trabajo de suficiencia profesional se fundamenta en el análisis, diseño e implementación de una red de fibra oscura para conectar la sede principal y el centro de respaldo de la institución financiera Caja Municipal de Ahorro de Crédito.

El primer capítulo se explica los elementos generales del proyecto. Se indica el lugar geográfico donde se desarrolló, las delimitaciones que se sostuvo y se establece los objetivos. Los conceptos teóricos relacionados con el despliegue de la red de fibra oscura previos a la implementación se abordan en el segundo capítulo.

Con el tercer capítulo, se explica la propuesta del diseño, implementación y validación del proyecto. En tal sentido es importante destacar que se comprobó la calidad de fibra con las pruebas OTDR, PMD, CD que permite transmitir velocidades en gigabits disminuyendo la latencia.

El trabajo suficiencia cumple con la solución de la problemática de la empresa, garantizando el correcto funcionamiento y una alta calificación del servicio implementado. La institución financiera confía y solicita más servicios con nosotros.

1 CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Contexto

Las telecomunicaciones a lo largo de su evolución nos permitieron facilitar la forma de comunicarnos, educarnos, etc. Convirtiendo su uso necesario para nuestro vivir diario. Tiene un impacto económico que influye en áreas como productividad, innovación, creación de empleos entre otros.

En el Perú las telecomunicaciones tienen un impacto positivo en los niveles de educación, salud y otras áreas.

Por tal motivo se fundó Optical Networks en el año 2009 obteniendo la resolución ministerial N° 664-2009-MTC/03. Esto les permite ofrecer servicios públicos en todo nuestro territorio peruano.

En el año 2013 cambia de razón social a Win Empresas S.A.C, inicia una nueva etapa como una empresa innovadora en el sector de telecomunicaciones con el portafolio de servicios que ofrecen para conectividad de empresas, servicios gestionados, telefonía corporativa, ciberseguridad, servicio cloud y data center.

El trabajo de suficiencia desarrollado en uno de los proyectos de la empresa que cuenta con un portafolio de 4,000 clientes a nivel de provincias satisfechos que avalan el servicio y confían en sus soluciones.

Win empresas desafía lo convencional para que el cliente pueda tener la mejor experiencia digital impulsando un crecimiento sostenible y eficiente.

Con la finalidad de potenciar su posicionamiento en el sector B2B del mercado, apunta a triplicar la cantidad de clientes fortaleciendo sus pilares que reconocen los usuarios: agilidad, flexibilidad y cercanía.

1.2 Delimitación temporal y espacial del trabajo

1.2.1 DELIMITACION TEMPORAL:

La fase de diseño e implementación se efectuó con una duración de dos (02) meses, comprendido desde el 1 de mayo hasta el 30 junio del 2023.

En la Figura 1 del diagrama de Gantt se cuenta con 4 ítems para el desarrollo del trabajo. El ítem Análisis y diseño de la fibra tiene una duración de 10 días, para el caso del ítem Implementación de la fibra una duración de 37 días.

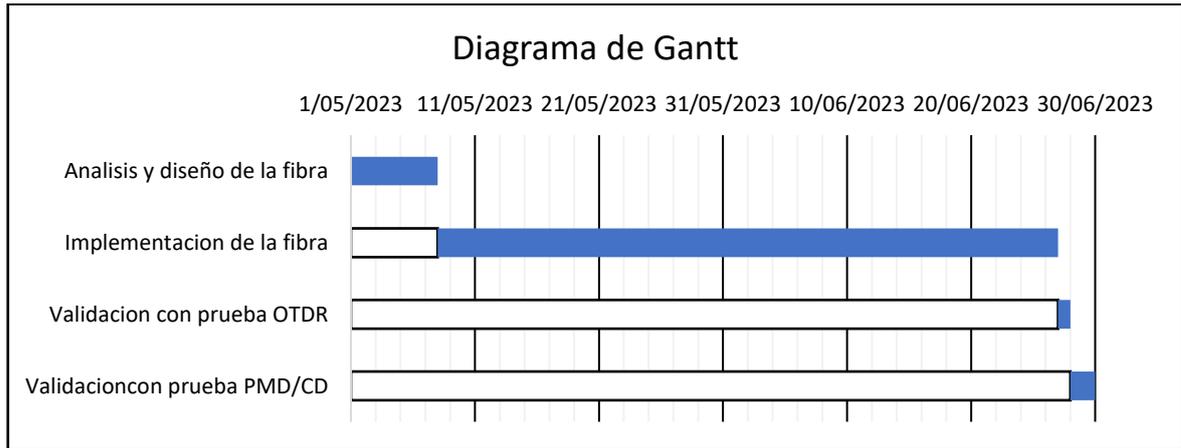


Figura 1. Diagrama de Gantt

Fuente: Elaboración propia

1.2.2 DELIMITACION ESPACIAL:

El proyecto se realizará en el distrito de Chupaca en el departamento de Junín.

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivo general:

Implementar la red de fibra oscura de planta externa para mejorar la comunicación entre la sede principal y el centro de respaldo de la Caja Municipal de Ahorro de Crédito en el distrito de Chupaca del Departamento de Junín.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Análisis y diseño de la implementación de la red de fibra oscura.
- Implementación la red de fibra oscura de planta externa para el distrito de Chupaca.
- Validar el servicio implementado en planta externa por medio de pruebas reflectometrías con los instrumentos y equipos, calibrados con los parámetros reglamentado por el operador de telecomunicaciones.

2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes:

2.1.1 Nacionales

La tesis titulada "Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino" desarrollado por Marco J. (Pachas, 2018) utiliza el sistema de alcantarillado para poder desplazar la fibra óptica con el objetivo de reducir costo beneficiando a la población, una diferencia a destacar es el tipo de tendido, pero para realizarlo debe de cambiar los tubos del alcantarillado ya que no tiene mantenimiento según el estudio que se realizó acerca de la infraestructura, aumentando el costo del proyecto. Mediante este diseño se resalta el uso de otros tipos de implementación no solo aéreo si no canalizados mediante alcantarillados que pueden aportar un beneficio para una comunidad o entidades siempre y cuando no se incluya el costo de mantenimiento.

Oscar (Valdez, 2016) en su tesis titulada "Diseño de la red de Fibra Óptica Metropolitana para una Empresa Internet Service Provider (ISP)" concluye que la empresa es portadora de transportistas mayoristas, locales y tercerizados porque no poseen un equipamiento de red y transporte autónomo, por tal motivo existe demasiadas cancelaciones de clientes por su elevado costo. La solución de la propuesta propone un diseño de red en la metropolitana mediante fibra óptica que se realiza con la fibra monomodo por sus características favorables permitiendo resolver la problemática que atraviesa la empresa, generando mayor margen de utilidades y clientes satisfechos.

Junior F (Janampa, 2019) en su tesis titulado "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" presenta un diseño para dar un servicio más conveniente y de calidad a la población mediante la conectividad de internet usando fibra monomodo del tipo G652 debido a las heladas extremas que se da en dicha ciudad. La implementación de la red se ejecutaría usando como medio de transporte la fibra óptica y una diferencia identificada es el sector público con respecto al trabajo desarrollado que es para una entidad privada. La tesis nos plasma brindar un servicio justo y de calidad mejorando la conectividad, latencia, simetría de transmisión compitiendo con los actuales operadores.

2.1.2 Internacionales

(Quisnancela & Espinosa, 2016) en su revista titulado "Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x" describe los patrones y pautas técnicas nacionales e internacionales que garantizan la operatividad de un servicio de telecomunicaciones dado. Desarrolla las pruebas reflectométricas al igual que el proyecto desarrollado. Se realiza desde la ONT hasta la OLT detectando eventos que suceden en todo el proceso de conexión para determinar la atenuación de la fibra. Los estándares y normas técnicas son los requerimientos que solicitan las empresas privadas y públicas a través un documento donde se muestre la normativa empleada.

La tesis titulada "Red de fibra óptica hasta el hogar, con servicio triple play, para nuevos abonados de la empresa SERPORMUL S.A en el cantón Biblián, provincia del Cañar desarrollado por Santiago R. (Prieto, 2018) diseña una red de fibra GPON que posibilita solucionar los problemas que se tiene en los servicios de telefonía IP, internet y televisión, a través de un sistema de telecomunicaciones en esta empresa. Determinar la factibilidad económica para el proyecto tiene una similitud con el proyecto realizado pero una diferencia en el servicio brindado a la empresa. SERPORMUL S.A utilizo la red GPON diferente a la fibra monomodo que usamos en el presente trabajo. Es importante considerar en un futuro mejorar con fibra multimodo que es la vanguardia del mercado para estos tipos de servicios.

Diego J. (Endara, 2021) en su tesis titulada "Análisis, Diseño y Simulación de una red FTTH GPON para la Población de la Parroquia de Checa de la Ciudad de Quito realiza un análisis y estudio exploratorio de acuerdo a la densidad de la población para el despliegue de la fibra destacando el beneficio en el ámbito de educación para los estudiantes. Diseña la estructura de red y utiliza la norma ITU-T G.984 para la certificación de la conexión de fibra óptica con tecnología GPON concluyendo que es factible y rentable para una empresa implementar esta red. Se destaca la el diseño de la red que tiene una similitud con el proyecto realizado a través del tendido aéreo, haciendo uso de postes, empalmes entre otras herramientas que se encuentra en planta externa.

2.2 Bases teóricas:

En este capítulo se describe el marco teórico general y todos los campos que abarca la fibra óptica como conceptos, normativas y definiciones entre otros. También comprende el desarrollo de fuentes como revistas y conclusiones de revistas y journals.

2.2.1 Fibra Óptica

Una fibra óptica es un cable óptico compuesto por filamentos de vidrio (cristales naturales) o plástico (cristales artificiales) por donde se transporta datos a través de la luz que tienden a propagarse por sucesivas reflexiones de un extremo a otro incluyendo curvas, esquinas sin interrupciones (Grazzini, 2020).

2.2.2 Componentes en la Fibra Óptica

La fibra óptica está compuesta principalmente por 2 elementos como se visualiza en la Figura 2.

Núcleo: En esta parte se propaga la onda óptica, tiene un diámetro de 5-10 μm para fibra monomodo y de 50 o 62.5 μm para fibra multimodo.

El revestimiento de protección: En ingles cladding que es la parte de externa, es decir la cobertura suele ser fabricado de plástico lo que permite la aislación eléctrica y asegura la protección mecánica de las fibras.

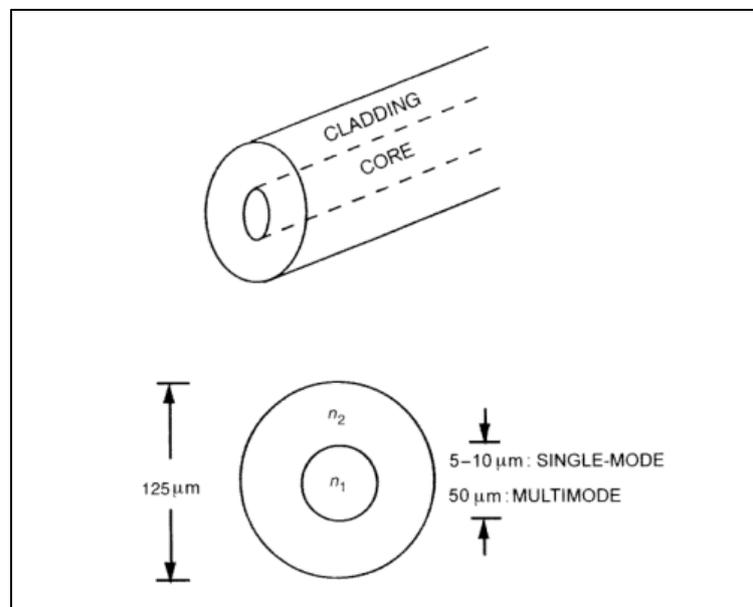


Figura 2. Estructura de la fibra óptica
Fuente: (Ghatak, Thygaranjan, 1998)

- **Ventajas**

Las ventajas que se tiene al usar fibra óptica son varias, se describen los más importantes.

Gran ancho de Banda: La resaltante característica de la fibra óptica es su medio físico, brindando una gran velocidad de transmisión de datos.

Bajas Perdidas: Tiene una baja atenuación y dispersión en la fibra permitiendo lograr enlaces de hasta 50 km, sin necesidad de repetidores.

Tamaño y peso reducido: La fibra óptica por su reducido diámetro y más ligero que un cable de cobre facilita que sean muy apropiados para su instalación en lugares con muy poco espacio y en conductos de construcciones pequeños.

Inmunidad a las interferencias electromagnéticas (EMI) y de radio frecuencia (RFI): La fibra óptica no es interferida ni interrumpida por ninguna forma de energía electromagnética. No transmiten ni reciben radiación electromagnética. También carece de interferencia cruzada entre fibras es decir si la fibra irradia luz a otra esta no puede ser capturada por la otra.

Seguridad: Se puede interferir la señal que se transmite solamente interceptando en forma individual, lo que se detectaría fácilmente monitoreando la potencia óptica recibida en la terminación (Chomycz, 2015).

- **Limitaciones**

Manipulación: El diámetro delgado y lo frágil del cable óptico requieren del uso de equipamiento y herramientas específicas para su manejo ya que no son convencionales y requiere tener conocimientos acerca de su manejo.

Baja eficiencia: En las interfaces de los equipamientos electrónicos.

Sin polaridad: No se tiene polaridad como en otros medios de comunicación.

Dependencia: Están en la interfaz de los equipos y dispositivos electrónicos.

Reparación complicada: Por su sensibilidad pueden dañarse muy a menudo por vandalismo o daño intensional, siendo su reparación complicada y costosa (Chomycz, 2015).

2.2.3 Tipos de Fibra Óptica

- **Fibra Monomodo**

En una fibra monomodo se tiene solamente un modo de transmisión, como se muestra en la Figura 3. El diámetro del monomodo es estrecho, propagando típicamente 1.310nm o 1550 nm. Su ventaja es el gran ancho de banda que la fibra multimodo, pero necesita un espectro estrecho (Suarez, 2019).



Figura 3. Fibra Monomodo

Fuente: (Tomasi, 2003)

- **Fibra Multimodo**

Cuenta con más de un modo de transmisión. Es utilizado en transmisiones de corta distancia por brindar una alta velocidad y banda ancha. En cableados largos causan distorsión en el lado receptor, causando una transmisión incompleta (Suarez, 2019). En la Figura 4 se visualiza a la fibra con un núcleo más grande con rayos de luz de mayor orden.

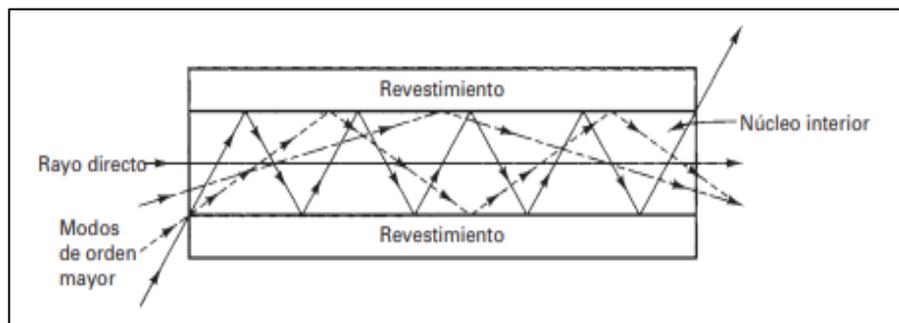


Figura 4. Fibra Multimodo

Fuente: (Tomasi, 2003)

2.2.4 Topología de Fibra Óptica

- FTTH: tiene un alcance hasta el hogar desde la central de ISP.
- FTTB: tiene un alcance hasta el edificio desde la central de ISP.
- FTTC: tiene un alcance hasta el armario desde la central de ISP a menos de 300m. del abonado.
- FTTN: Este tipo de fibra se termina en la central del ISP complementándose con cables coaxiales para llegar a los abonados.

2.2.5 Red de Fibra Óptica

Es un sistema óptico siendo la fibra óptica como medio de transmisión y la luz como portador de información (Tomasi, 2003).

En la Figura 5 se visualiza dos sistemas de comunicaciones ópticas. El primero no cuenta con repetidores, su conexión del transmisor óptico al receptor óptico es directa. El segundo sistema hay un repetidor entre el transmisor óptico y receptor óptico, con el objetivo de amplificar la señal.

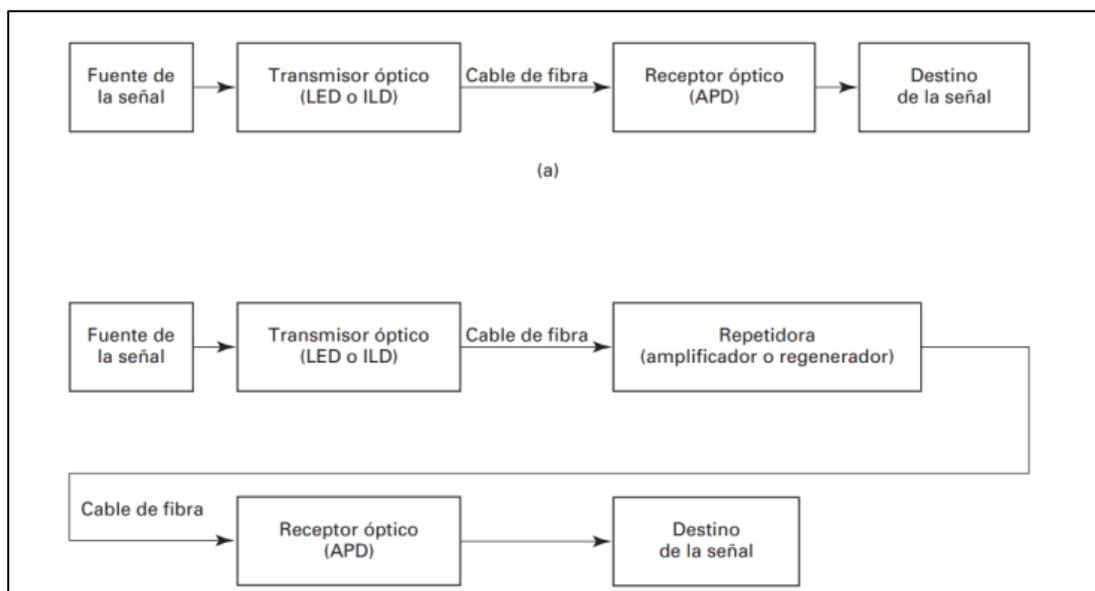


Figura 5. Sistema de comunicaciones ópticas
Fuente: (Tomasi, 2003)

2.2.6 Fibra Oscura

La fibra oscura es un enlace dedicado por medio de la fibra física (fibra óptica) para la transmisión de datos utilizando uno o más hilos. Esta proporciona ancho de banda prácticamente ilimitado con un solo par o múltiples pares de fibras disponible a través de una nueva construcción de red. (Edison,2001).

- **Ventajas**

La fibra oscura es escalable donde el cliente elige el equipo de red y banda de ancha.

Es completamente seguro porque los usuarios como entidades financieras o del estado poseen, operan y mantienen control operativo directo de su red. No se interconecta ningún equipo externo.

Sus enlaces son conexiones exclusivas y dedicadas de punto a punto logrando una comunicación privada completamente.

La red es personalizable, el proveedor puede personalizar la ruta según sus necesidades, es decir personaliza la ruta física.

- **Desventajas**

El costo de la fibra oscura depende de la distancia.

Los usuarios requieren de un equipo de TI dedicado y son totalmente responsables de instalar, aprovisionar, operar, reparar y mantener la red y sus equipos.

2.2.7 Parámetros Ópticos

- **Ancho de Banda (BW)**

Hugo O. (Grazzini, 2020) afirma “El BW de un sistema está directamente relacionado con su capacidad para distinguir entre dos pulsos consecutivos.

- **Internet Service Provider (ISP)**

Son proveedores de servicios de internet que ofrecen salida de transporte internacional y nacional para que te conectes a la nube(Grazzini, 2020).

- **Atenuación**

La atenuación es uno de los factores importantes debido a que la atenuación del canal determina la distancia máxima de transmisión antes de la restauración de la señal. Se expresa en la unidad logarítmica del decibelio (dB). (Senior, 2009).

- **Dispersión modal**

Es causa de las diferencias que ocurren en el tiempo de transmisión de la luz en una fibra óptica. Solo se evidencia en fibras multimodales. (Tomasi, 2003).

- **Dispersión cromática**

La dispersión cromática es la uniformidad de la propagación de luz a través del medio ya se por material o guía de onda. La luz emitida contiene distintas longitudes de onda que producen una variación de velocidad por lo que la luz llega al otro extremo con desfase provocando deformaciones de la señal (Tomasi, 2003).

- **Pérdidas en absorción**

Se deben a las impurezas contenidas en los materiales durante la fabricación de fibras ópticas, causando que las impurezas absorban la luz transmitida a través del medio. (Vallejo, 2013)

- **Pérdidas por dispersión de Rayleigh**

La fabricación de las fibras tiene que cumplir normativas de lo contrario estas imperfecciones e irregularidades submicroscópicas ocasionan perdidas en la transmisión. Esto conlleva a que la luz transmitida se difracta debido a un estorbo u obstáculo. (Tomasi, 2003)

2.2.8 Pérdidas en los Sistemas de Fibra Óptica

La cantidad de luz que se recibe es menor a lo que se envía, esto se da debido que en el camino se producen perdidas. Estas pérdidas pueden registrarse según los agentes que lo provocan que se describen a continuación.

- **Pérdidas por curvatura**

La pérdida por curvatura en fibra multimodo ocurre cuando se dobla una fibra óptica y produce una atenuación proporcional a la curvatura a que se somete la misma. En condiciones normales la luz que se propaga sin refracciones, pero cuando se da una curvatura existe una refracción hacia el revestimiento es decir que parte de esta energía se disipa y no continua su camino como se muestra en la gráfica ilustrada (Grazzini, 2020).

Se puede apreciar la pérdida por curvatura de la fibra multimodo en la siguiente Figura 6.

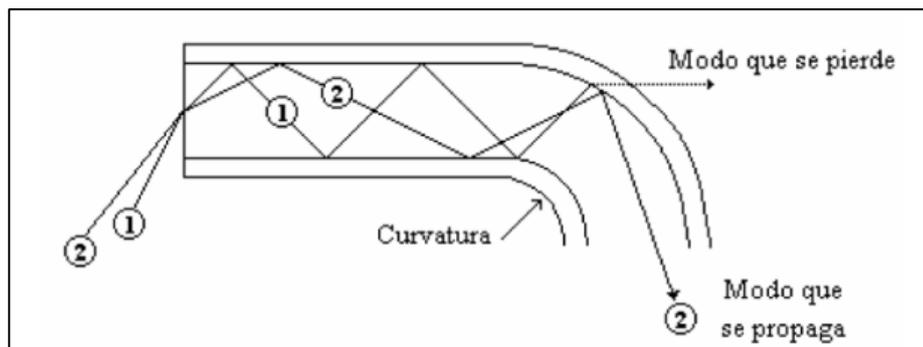


Figura 6. Curvatura de una fibra multimodo
Fuente: (Grazzini, 2020)

La pérdida por curvatura en fibra monomodo, no produce variación porque no existen modo de orden superior que puedan perderse en el revestimiento del cable óptico (Grazzini, 2020).

- **Pérdidas por Acoplamiento**

El acoplamiento de una fibra óptica a un emisor de luz hacia otra fibra no es perfecto, existe una pérdida de acoplamiento que se puede definir por los valores de apertura normal(Grazzini, 2020).

Esta pérdida se puede calcular de la siguiente manera

$$\text{Pérdidas} = 20 \log\left(\frac{NA_2}{NA_1}\right) \quad (1)$$

NA_1 , es el valor de apertura numérica más grande

NA_2 , es el valor más chico

- **Pérdidas intrínsecas**

En el vidrio de la fibra óptica atraviesa la luz y existe una perturbación ondulatoria que ocasiona una oscilación de los electrones y las moléculas en respuesta del campo eléctrico. Parte de esta onda luminosa es captada a la molécula transformada en otro tipo de energía que serían las pérdidas intrínsecas.

2.2.9 Medición de la Fibra Óptica

- **Potencia**

Para medir la potencia en una comunicación se utiliza la luz monocromática. Este tipo de luz se calcula de dos maneras.

Se tiene una fuente que desprende diversos componentes y estos no cuentan con longitud de onda. Se cuantifica la intensidad luminosa total que se proyecta sobre un espacio permitiendo saber el total de luz visible, su unidad de medida es el “Lux”(Grazzini, 2020).

En el segundo modo es lo contrario, aquí se tiene la longitud de onda. Esto posibilita saber los valores de potencia óptica y la unidad de medición es el watt. Se requiere separar los componentes espectrales es decir desajustar cada espectro de la señal (Grazzini, 2020).

En la práctica predomina la segunda forma de medir porque hacemos uso de equipos electrónicos que permiten identificar los espectros ópticos por las fuentes ópticas monocromáticas.

A continuación, se muestra un diagrama el proceso de medición de la potencia en la Figura 7.

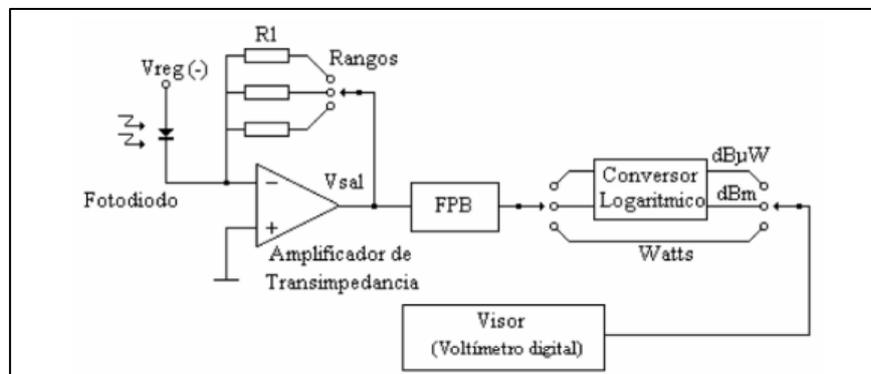


Figura 7. Diagrama de medición de potencia
Fuente: (Grazzini, 2020)

En la Figura 7 se puede visualizar como se tiene una fuente de luz que pasa por un fotodiodo. Se convierte en señal eléctrica que sucesivamente pasa por un amplificador que adiciona el proceso inicial. El amplificador tiene la función de enviar la señal a un nivel promedio independiente a la potencia que ingresa. Luego esta señal pasa por un filtro de ruidos que permite a al convertidor logarítmico identificar la señal en la unidad watts, dbm y dbuw. Este valor se muestra en el visor final (Grazzini, 2020).

- **Perdida de extremo a extremo**

En los sistemas de comunicaciones es importante saber el parámetro de pérdida que en todo el tramo.

En el procedimiento simple se necesita de un equipo electrónico calibrado donde aplicamos la señal óptica que está conectada a un acoplador con un cable hacia la fibra y en la parte final de la fibra se tiene de igual manera un acoplador con su cable conectados a un medidos de potencia que permitirá saber los valores en su pantalla.

Una representación de medición de un sistema de comunicaciones básico es la que se muestra a continuación en la Figura 8.

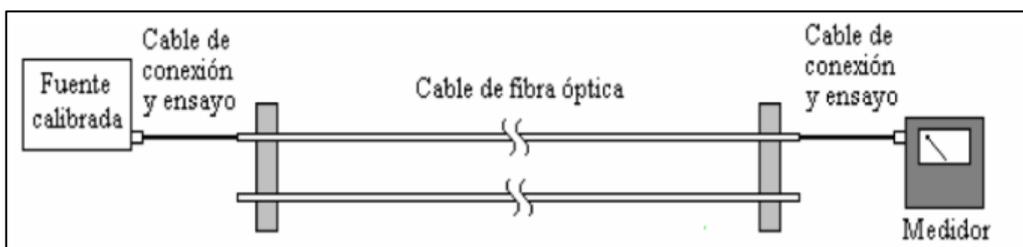


Figura 8. Medición de potencia en un extremo

Fuente: (Grazzini, 2020)

El segundo método de medición se usa un método denominado lazo cerrado, su medición es similar al anterior solo que en el otro extremo de la fibra se realiza un cable puente para formar un sistema bidireccional. La luz transmitida retorna y en la parte final de este se coloca el medidor donde se refleja el valor en su pantalla de la potencia tal como se muestra en la Figura 9.

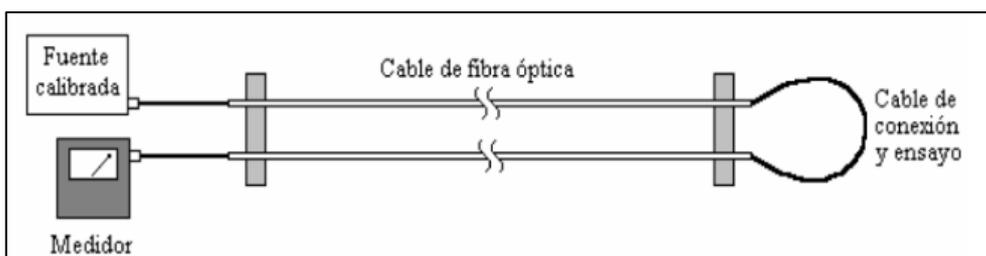


Figura 9. Medición de potencia en todo el sistema

Fuente: (Grazzini, 2020)

Estos métodos resultan pocos fiables en la actualidad por lo que para determinar el origen de las pérdidas se requiere un equipo que permite medir todo el sistema. Este equipo realiza pruebas de reflectometría óptica en el dominio del tiempo (Grazzini, 2020).

2.2.10 Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)

La herramienta más importante para una implementación, instalación, mantenimiento entre otros de un sistema de fibras ópticas. Analiza todo el sistema de comunicaciones de la fibra óptica desde conectores hasta la energía óptica reflejada (Grazzini, 2020).

Su función es emitir energía en una dirección a través de la fibra óptica y recoger información en base a la luz reflejada de la transmisión que envía la fibra óptica.

El OTDR calcula distancias de la siguiente manera:

$$\text{Distancia} = \frac{c}{n} \times \frac{t}{2} \quad (2)$$

c= velocidad de la luz en el vacío ($2.998 \times 10^8 \text{ m / s}$)

t= retraso de tiempo desde el lanzamiento del pulso hasta la recepción del pulso

n= índice de refracción de la fibra bajo prueba (según especificado por el fabricante).

En la siguiente Figura 10, se muestra el proceso de medición de un reflectómetro óptico típico para un sistema de comunicaciones ópticas.

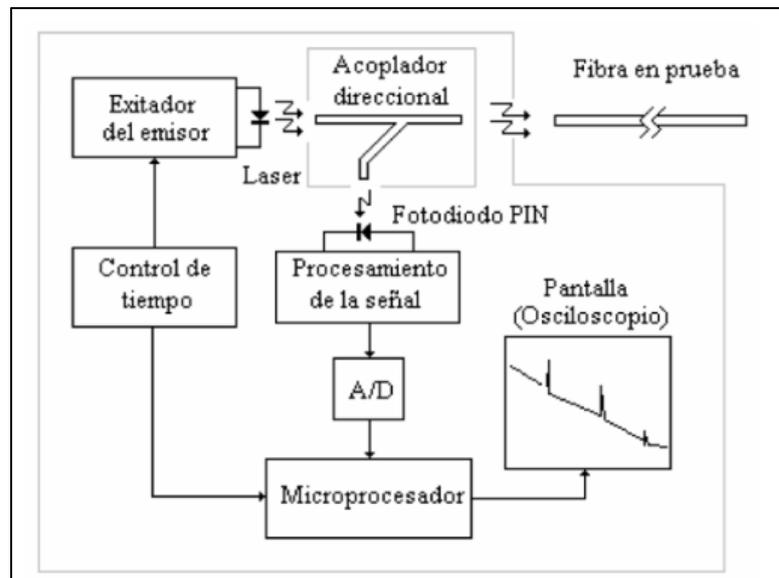


Figura 10. Diagrama del funcionamiento del OTDR
Fuente: (Grazzini, 2020)

En la Figura 10, se tiene el excitador del emisor que vendría a ser el OTDR seguidamente se conecta un acoplador que permitirá transportar la luz hacia las hebras de fibra conectadas a este acoplador. Generalmente el acoplador usado suele ser un jumper con sus conectores.

Se pone la fibra en prueba donde el fotodiodo recibe la luz reflejada del acoplador. El equipo OTDR analiza y detecta las señales retro dispersadas. Esta señal se ve reflejada en la pantalla llamada osciloscopio con una gráfica que se usa para caracterizar los eventos que pueden ser fusiones, cortes, entre otros. A continuación, se muestra la Figura 11 del panel frontal de un OTDR.

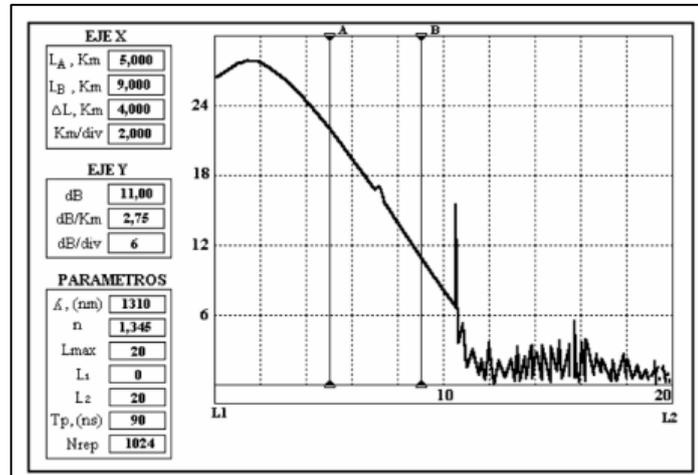


Figura 11. Panel Frontal de un OTDR clásico
Fuente: (Grazzini, 2020)

En la Figura 11, el equipo OTRD presenta información en la forma de un gráfico de atenuación versus longitud. El trazado de la curva correspondiente a la fibra óptica en perfectas condiciones debe ser una recta pendiente constante. Si existe irregularidades en el trazo supone presencia de reflexiones, estos se denominan eventos (Grazzini, 2020).

Se reconoce los eventos que suceden en la gráfica, si se presenta una reflexión muy alta se suele relacionar a una ruptura de fibra, si se presenta una reflexión de menor valor indica pérdidas en conectores y uniones. Una reflexión de valor mediano obedece a procesos tales como la dispersión de Rayleigh y/o la reflexión de Fresnell (Grazzini, 2020).

En todo el recorrido del enlace se tienen eventos los cuales se analizan por tramos como se visualiza en la Figura 12.

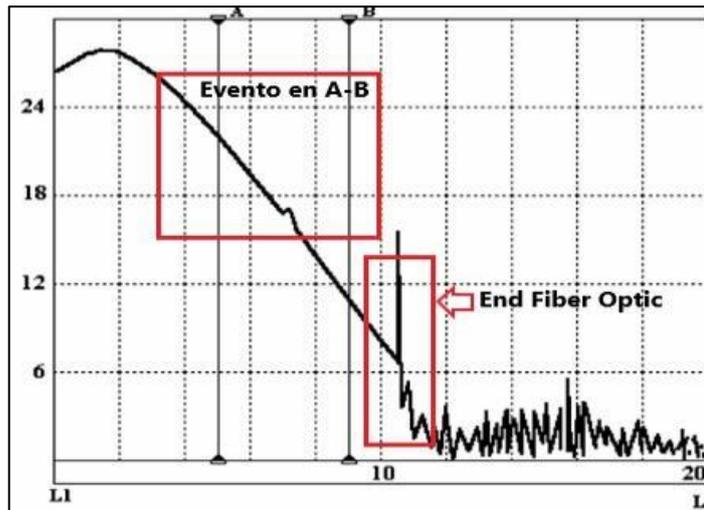


Figura 12. Eventos en el OTDR
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica anterior se representa el Evento A-B donde pueden existir brincos de fibra que indicarían que existe una reflectancia. En este caso se muestra un salto de fibra que indica una reflectancia. Otro evento es el fin de fibra donde se tiene una alta reflectancia seguido del ruido.

Otros parámetros que se visualiza en el equipo son los siguientes:

- ✓ Longitud de onda de operación (λ)
- ✓ Índice de refracción del núcleo de la fibra (n)
- ✓ Duración del impulso óptico emitido (T_p).
- ✓ Numero de muestras tomadas para la medición (N_{rep})

2.2.11 Dispersión de modo de polarización

La fibra óptica ideal no tiene dispersión sin embargo en la práctica no son perfectamente simétricas circularmente. Es un fenómeno que ocurre en las fibras ópticas debido a los modos de polarización ortogonales en el eje E_x , E_y , E_z . Un pulso que se propaga en la fibra se dividirá entre estos dos modos llamado birrefringencia que da lugar a la dispersión del pulso. Este fenómeno es la dispersión de modo de polarización (Ramaswami & Sivarajan & Sasaki, 2010).

En la Figura 13 se exhibe la dispersión de modo de polarización

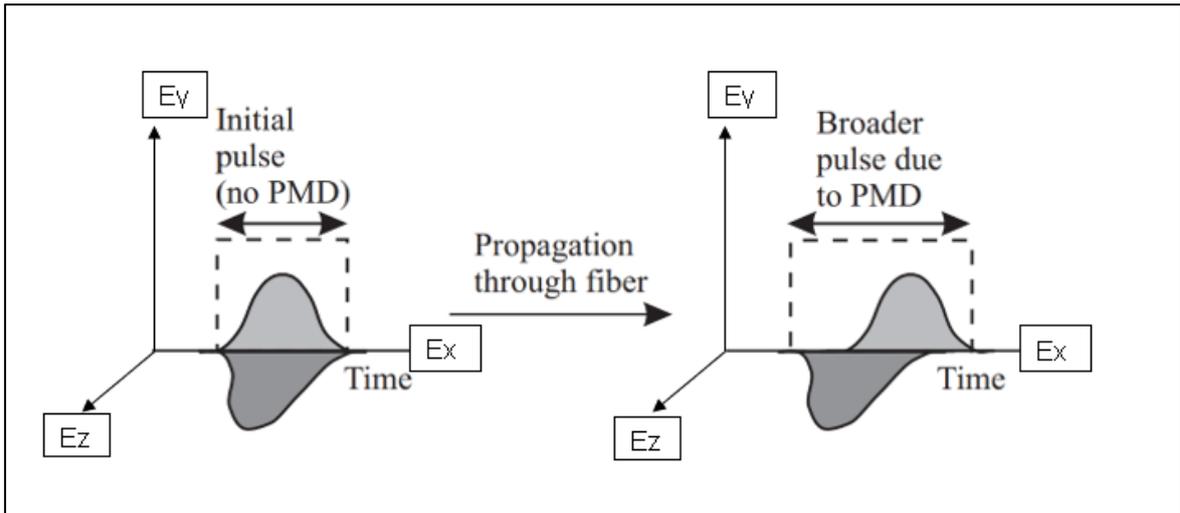


Figura 13. Dispersión de modo polarización
Fuente: (Ramaswami & Sivarajan & Sasaki, 2010)

Para hallar la dispersión de modo polarización se utilizan las siguientes formulas:

$$PMD = D_{PMD}\sqrt{L} \quad (3)$$

$$D_{PMD} = \frac{\text{Desviacion Modal de Polarizacion Maxima}}{\text{Duracion de la señal}} * 100 \quad (4)$$

Donde:

D_{PMD} , es el coeficiente de PMD y su unidad de medida es $ps/\sqrt{km} \times nm$

\sqrt{L} , es la raíz cuadrada de la longitud del enlace

La unidad de la dispersión de modo de polarización es picosegundos sobre la raíz cuadrada por kilómetro (ps / \sqrt{km}).

2.2.12 Dispersión Cromática

La dispersión cromática surge por 2 componentes, el material de la fibra y por la dispersión de guía de onda. El primer componente es por el material de fabricación, las fibras están compuestas por silicio que tiene una refracción que depende de la frecuencia. Lo segundo se da por la forma en que se propaga la onda, sea en el núcleo o en el revestimiento. Esto depende de la potencia almacenada entre el núcleo y el revestimiento.

La dispersión cromática se calcula de la siguiente manera.

$$Dc = -\frac{c}{n \times L} \times \frac{\Delta n}{\Delta \lambda} \quad (5)$$

Donde:

D_C , es la dispersión cromática

L , es la longitud del enlace

Δn , es la diferencia de índice de refracción entre las longitudes de onda

$\Delta\lambda$, es la diferencia en la longitud de onda

Si se tiene una dispersión menor a 0 significa que tenemos una dispersión anómala, si es mayor a 0 se tiene una dispersión normal. La unidad de medida es en ps/(nm*km).

A continuación, en la Figura 14 se exhibe la dispersión cromática.

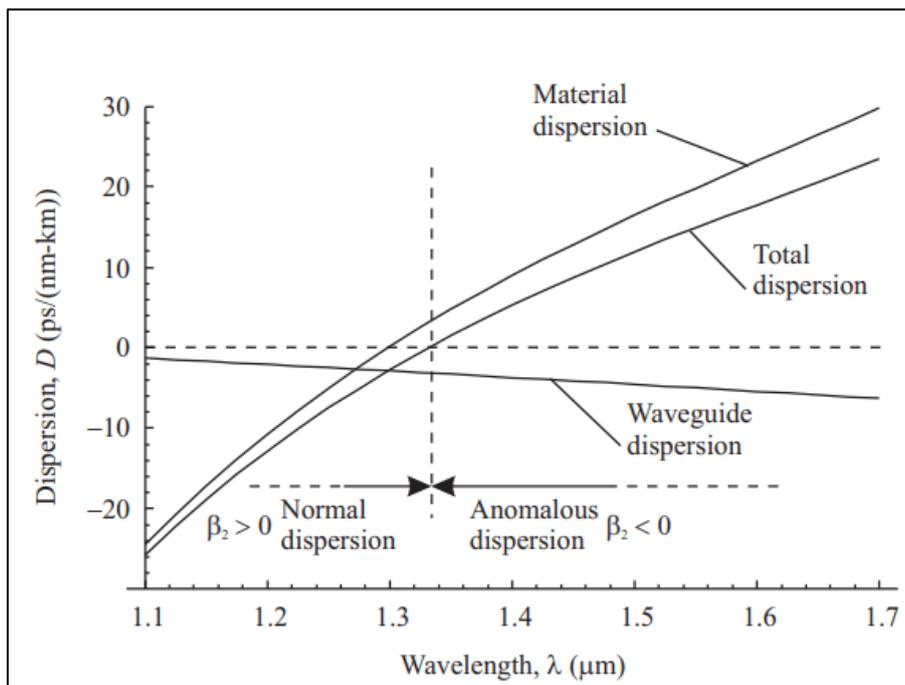


Figura 14. Dispersión Cromática

Fuente: Elaboración propia

2.2.13 Mediciones clave para el enlace de red

- Inserción de conector menor a 0.5dB (atenuación por conector)
- Atenuación por empalme menores a 0.250dB (atenuación por empalme)
- Atenuación promedio empalme 0.100dB (atenuación promedio)
- Atenuación promedio de cable 0.350dB x km (atenuación promedio)
- Dispersión de modo polarización
- Dispersión cromática

2.3 Definición de términos básicos:

- **Fibra Oscura**

Es un filamento de fibra convencional que no transporta luz, pero si grandes cantidades de datos mediante uno o más hilos de fibra óptica.

- **Dispersión**

Es un fenómeno que se da a través de las señales de luz cuando se transportan en la fibra y se separan en el tiempo debido a las distintas velocidades de propagación de diferentes componentes de luz.

- **Atenuación**

Se refiere perdida o descenso de la potencia, amplitud o intensidad de una señal transmitida a medida que viaja en la transmisión de datos.

- **Fibra ADSS 100 SPAM**

Sus siglas en ingles All Dielectric Self Supporting Optical Fiber Cable, es un tipo de cable de fibra que se emplea para distancias largas sin necesidad de soportes o estructuras externas como torres de transmisión.

- **Fibra G652**

Tipo de fibra óptica que es parte de la serie de especificaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), es una de las fibras monomodo que describe las propiedades y características a través de sus términos de su índice de refracción, atenuación, dispersión cromática y otras propiedades ópticas.

- **ODF**

Las siglas ODF significan Optical Distribution Frame, en español Armario de distribución óptica. Se uso se emplea para distribuir y gestionar las conexiones de fibra óptica de modo ordenado.

- **Prueba PMD/ CD**

La prueba PMD (Polarization Mode Dispersion) y CD (Chromatic Dispersion) son dos tipos de pruebas costosas que se realizan en sistemas de comunicación para evaluar la calidad y rendimiento de la transmisión de datos a través de la fibra garantizando una transmisión optima y libre de errores a velocidades altas.

- **Prueba OTDR**

OTDR (Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo), es un recurso de medición utilizado en los sistemas de comunicación por fibra que examina y caracteriza la atenuación, calidad de fibra y atenuación, así como también identificar los problemas en el tendido de la fibra.

- **Maquina Fusionadora**

Es un dispositivo que usado en el mercado de las telecomunicaciones y redes para unir extremos de fibras creando una conexión continua y eficiente.

- **Caja de pase**

Es un componente esencial que se utiliza para gestionar y proteger conexiones de fibra ya sea en la planta externa o planta interna de una red. Ayuda a mantener la integridad de la señal y facilita la expansión de esta.

3 CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

3.1 Determinación y análisis del problema:

El distrito de Chupaca se ubica en el departamento de Junín a unos 3,263 metros sobre el nivel del mar y cuenta con un total de 20,341 habitantes según INEI en su último censo de población y viviendo en el año 2017. Teniendo como coordenadas una longitud de -12.061829° y altitud de -75.287693° , como se muestra en la Figura 15.

Su crecimiento económico se fundamenta en sus actividades productivas las cuales se validan en la evolución de la recaudación del gobierno (fuente del Ministerio de Economía y Finanzas). Tal motivo existe entidades financieras que canalizan el dinero de sus ahorristas hacia quienes desean hacer inversiones productivas en el distrito.

Una de las entidades es Caja Municipal de Ahorro de Crédito que tiene su sede principal en el distrito de Huancayo y su sede de respaldo ubicado en el distrito de Chupaca, donde almacenan todos los datos de sus clientes.

La realidad problemática se enfoca en la carencia de un sistema de respaldo seguro y mayor velocidad de datos ante un posible evento externo en su sede principal que provoque la interrupción de su conexión a la nube de internet perdiendo comunicación cuando se le realice consultas de datos, esto debido a que todas sus sedes remotas hacen la consulta su sede principal que no tiene conexión con su sede de respaldo como se muestra en la Figura 16.

Por lo expuesto anteriormente, el trabajo profesional desarrollado solventa y soluciona el problema que tiene esta entidad financiera a través de la implementación de una red de fibra oscura para mejorar la seguridad y comunicación de datos.



Figura 15. Mapa geográfico de Chupaca en el departamento de Junín
Fuente: Elaboración propia

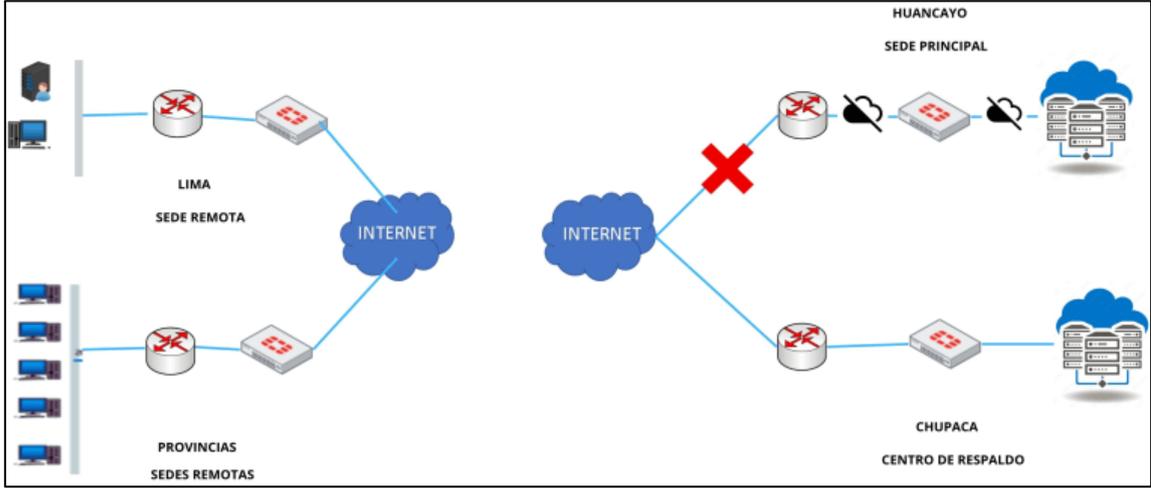


Figura 16. Problemática de la Caja Municipal de Ahorro de Crédito
Fuente: Elaboración propia

3.2 Modelo de solución propuesto:

Para darle solución a la problemática expuesta, como parte del desarrollo del trabajo realizado es la implementación de fibra oscura para mejorar la seguridad y comunicación en la Caja Municipal de Ahorro de Crédito de la localidad de Chupaca del departamento de Junín como se visualiza en la Figura 17.

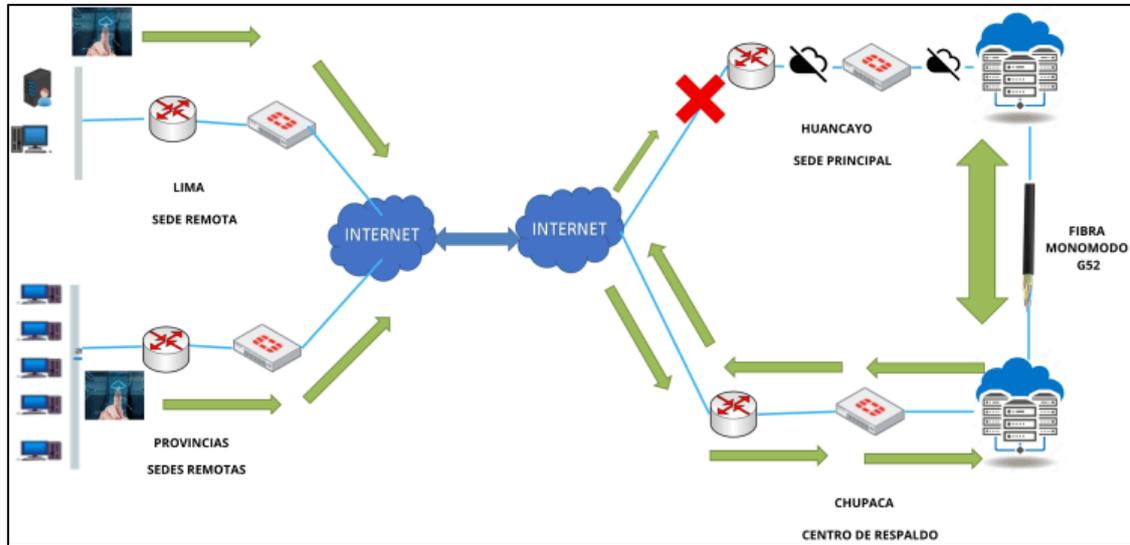


Figura 17. Método de solución
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 17 se exhibe la red de la Caja Municipal de Ahorro de Crédito. Se tienen data center con troncales que permiten el funcionamiento de recepción de solicitudes remotas a la sede principal y centro de respaldo. Ambas permanecerán conectadas.

- **Seguridad**

La seguridad que se tiene en la red de fibra oscura es un enlace punto a punto es decir Caja Municipal de Ahorro de Crédito tendrá su red privada configurada por ellos. Su información no podrá ser interceptada porque encriptarán su información y tendrán un equipo a disposición por la empresa ante cualquier inconveniente. Otros servicios de proveedores de internet como Claro, Movistar, Bitel, ISP, etc. Estos ofrecen servicios que tendrían que pasar su información por sus equipos como conmutadores, cabeceras, nodos, multiplexores entre otros como se muestra en la Figura 18.

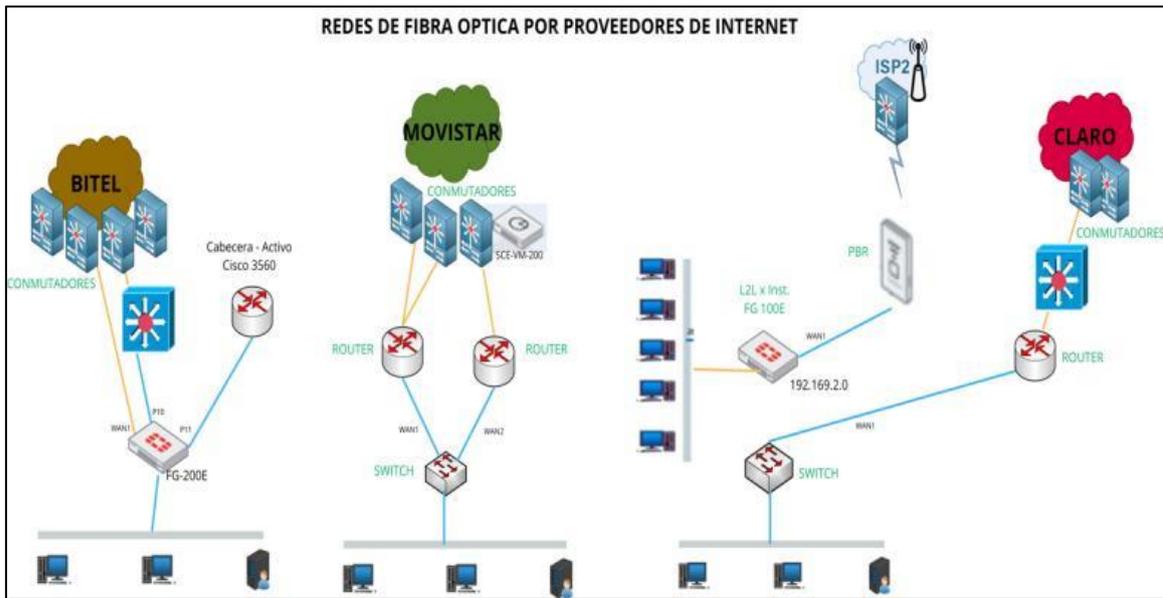


Figura 18. Redes de Fibra de otros operadores

Fuente: Elaboración propia

- **Velocidad**

La Caja Municipal de Ahorro de Crédito podrá enviar y recibir información a velocidades de 10Gbps a más ilimitadamente, ya que una red de fibra oscura no se tiene un cobro por ancho de banda si no por el arrendamiento y mantenimiento. En comparación al costo de una red de fibra óptica convencional para velocidades de 10Gbps a mas es elevado. Win Empresas, Movistar, Claro, Pronatel, IPT entre otros cobran por 1 dólar por Mbps eso implicaría pagar una renta mensual de 10mil dólares por manejar esas velocidades en comparación a la red de fibra oscura el costo es menor.

En la Figura 19 se exhibe el costo mensual por la red de fibra oscura.

DESCRIPCIÓN	COSTO MENSUAL (Incluye IGV) S/.	MONTO (Incluye IGV) (8meses) S/
Costo del servicio	4,000.00	32,000.00
Alquiler de equipo Router.	0.00	0.00
Alquiler de Media converter o módulo de fibra óptica.	175.00	1,400.00
Servicio de configuración e instalación.	200.00	1,600.00
TOTAL	4,375.00	35,000.00

Figura 19. Presupuesto del proyecto del distrito de Chupaca
Fuente: Elaboración propia

Para la solución se siguen procesos como requerimientos técnicos según la entidad y teniendo referencia a la norma ITU-T. G652.D.

Para la prestación del servicio de fibra oscura se utilizó fibra óptica del tipo ADSS 100 SPAM y monomodo G652. D, la ficha técnica se puede visualizar en los anexos. Se especifican los requerimientos para las bases del proyecto en el distrito de Chupaca, definidos por la entidad Caja Municipal de Ahorro de Crédito.

- Datos de pérdidas en reflectantes, empales, pruebas reflectométricas, conectores y otros parámetros ópticos.
- Atenuación por kilómetro promedio 0.36 dB/Km en 1310 nm
- Atenuación por kilómetro promedio 0.29 dB/Km en 1550 nm
- Imágenes del tendido interno y externo incluyendo protecciones
- La estructura de los postes debe ser concreto
- Pruebas OTDR
- Pruebas PMD/CD
- Pruebas a 10Gb
- Tendido de fibra óptica
- Verificación visual de la fibra (empalmes, entre otros).

3.2.1 Diagrama de flujo del modelo de solución de la propuesta

Win Empresas sigue un proceso desde la solicitud del cliente hasta el levantamiento del servicio como se visualiza en la Figura 20.

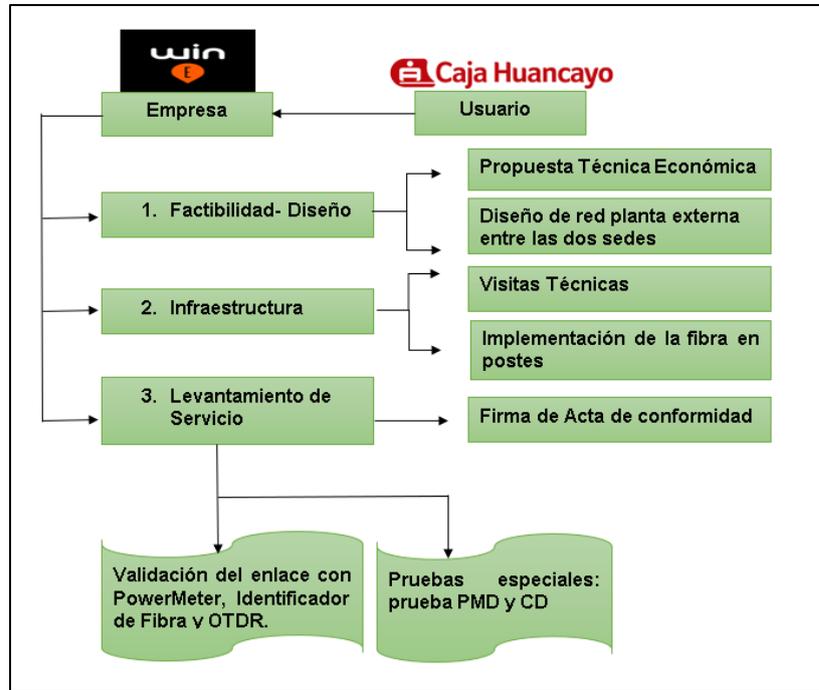


Figura 20. Diagrama de flujo del trabajo desarrollado
Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Análisis y diseño de la fibra óptica entre la sede principal y la sede de respaldo de la Caja Municipal de Ahorro de Crédito

En esta etapa de trabajo, se tiene el presupuesto de implementación del servicio y se identifica el recorrido del tendido de fibra óptica que se implementara cumpliendo el plazo estipulado según contrato.

✓ Dimensionamiento de la Red

La longitud del enlace que se implementó entre la sede principal y la sede de respaldo es de 19.355 metros de fibra óptica oscura como se muestra en la Figura 21, utilizando los hilos de la fibra monomodo del 1 al 6 del primer buffer terminando en 2 ODF's uno en cada sede ubicados en sus respectivos gabinetes de los data center de las agencias.



Figura 21. Longitud del enlace entre la sede principal y el centro de respaldo de CMAC

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Punto de Origen de la fibra óptica en el centro de respaldo

La sede de respaldo de la entidad financiera CMAC se encuentra ubicado en el Jirón Damasco Caballero N° 189 con coordenadas $12^{\circ}03'44.2''$ S, $75^{\circ}17'16.7''$ W como se visualiza en la Figura 22.



Figura 22. Ubicación del centro de respaldo

Fuente: Elaboración propia

✓ Punto de Destino de la fibra óptica en la sede de principal

El trayecto de la fibra óptica llegara hasta la sede principal de la entidad financiera CMAC que se encuentra ubicado en el Calle Real N° 341-343 con coordenadas 12°04'02.6" S, 75°12'39.8" W como se puede ver en la Figura 23.



Figura 23. Ubicación de la sede principal CMAC

Fuente: Google Earth

3.2.3 Implementación de la fibra oscura

Para el desarrollo del trabajo implementado, se optó por utilizar la fibra óptica monomodo ADSS de 48 hilos con spam de 100 metros. La instalación se desarrolla en el siguiente procedimiento.

✓ Protocolo de seguridad

Antes de comenzar el proceso de implementación del servicio que se le dará a la entidad CMAC se realiza una charla de bioseguridad, seguridad en el trabajo para precaver accidentes y el proyecto se desarrolle de manera conveniente como se ilustra en la Figura 24.



Figura 24. Charla de seguridad en el trabajo de altura

Fuente: Elaboración propia

✓ Procedimiento de la implementación del servicio de fibra oscura en planta externa.

▪ Paso 1

Se expone el desarrollo del proyecto como la ruta del tendido, los empalmes, conexiones a mufa, conectores entre otros y los protocolos de seguridad como se exhibe en la Figura 25.



Figura 25. Charla del desarrollo del proyecto

Fuente: Elaboración propia

▪ Paso 2

Se tiende la fibra oscura desde la sede de respaldo CMAC por los postes de concreto de Win Empresas empezando en el jirón damasco caballero N° 189 piso 1 hasta llegar a la mufa 1-chupaca con coordenadas (-12.061442°, -75.287224°),

siendo esta la más cercana a la red de la empresa como se ilustra en la Figura 26 y Figura 27.

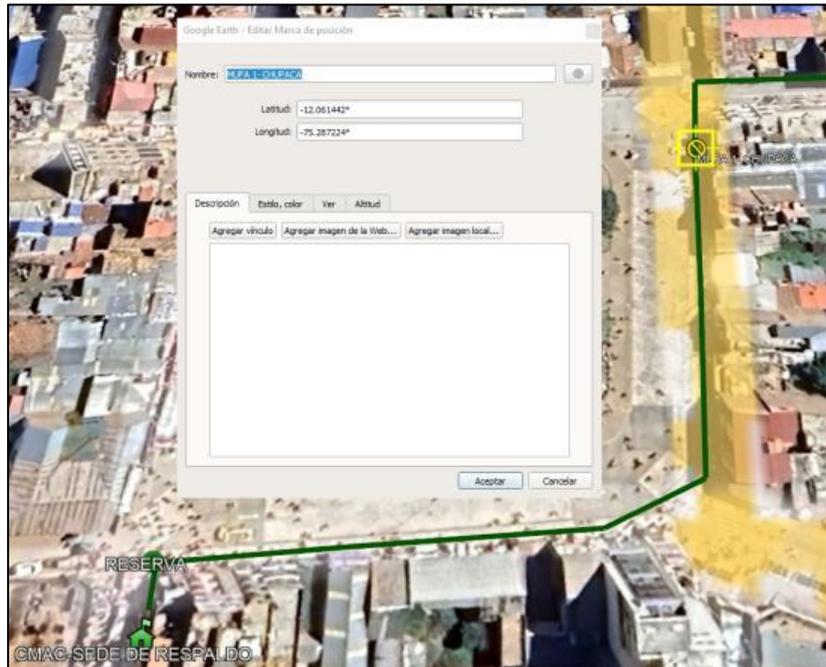


Figura 26. Conexión a la mufa más cercana de la red Win
Fuente: Elaboración propia



Figura 27. Conexión a la mufa más cercana de la red Win en la sede de respaldo
Fuente: Elaboración propia

- Paso 3

Se tiende la fibra oscura desde la sede principal en la avenida real N° 341 piso 1 de la entidad CMAC por los postes de la empresa hasta llegar a la mufa sede principal con coordenadas (-12.067443°, -75.207898°) siendo esta la más cercana a la red de la empresa como se muestra en la Figura 28 y Figura 29.

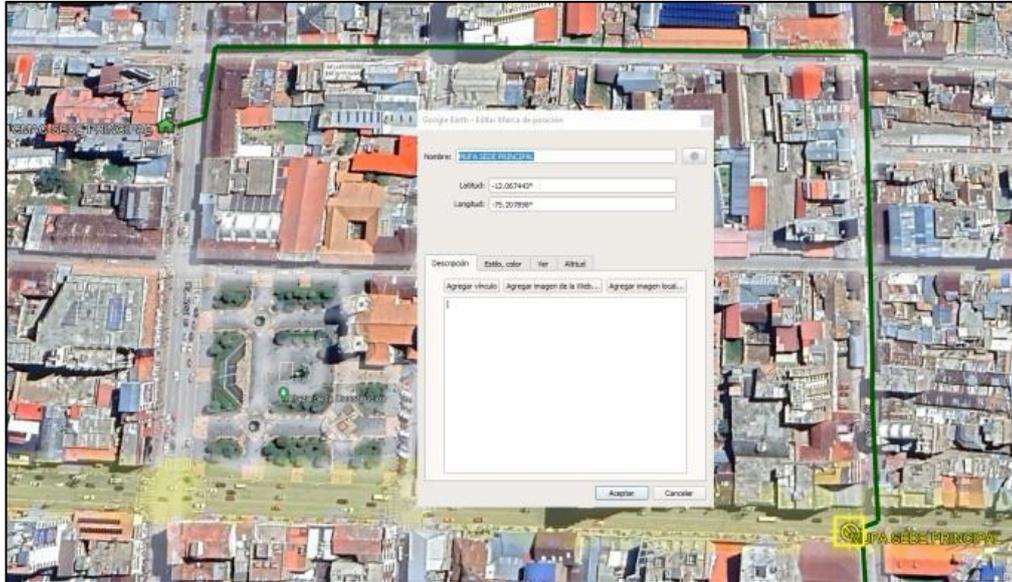


Figura 28. Conexión a la mufa más cercana de la red Win en la sede principal
Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Conexión a la mufa más cercana de la red Win en la sede principal
Fuente: Elaboración propia

- Paso 4

Las conexiones a la mufa permiten a la empresa abaratar los costos del tendido ya que se cuenta una red implementada en los distritos de Chupaca y Huancayo.

La realización de empalmes en las mufas para asegurar la transmisión de manera continua se desarrolló de la siguiente manera.

- Preparación

En la etapa de preparación asegurar que el área de trabajo este limpio y libre de partículas contaminantes.

Tener conocimiento del uso correcto de la cortadora de fibra para cortar los extremos de la fibra de manera precisa y perpendicular como se muestra en la Figura 30.



Figura 30. Preparación de la fibra oscura
Fuente: Elaboración propia

- Pelado

Luego del cortado de fibras se realiza el pelado de la cubierta de protección de está exhibiendo el núcleo y el revestimiento, en esta etapa se hace la limpieza de la fibra con alcohol isopropílico.

- Fusión

Se coloca la fibra en el soporte de la fusionadora que asegura la alineación de estas, seguidamente se inicia la fusión con la máquina de fusión. Esta máquina

automáticamente alinea las fibras y las fusiona por medio de una descarga eléctrica como se muestra en la Figura 31.



Figura 31. Maquina fusionadora
Fuente: Elaboración propia

➤ Inspección

Después del proceso de fusión se realiza una inspección sobre la unión asegurando que este impecable y sin desperfectos. De ser necesario se realiza una prueba de perdida para asegurar que la señal pase sin problemas por medio del empalme.

➤ Protección

Sucesivamente del proceso de inspección se instala un protector de empalme sobre el empalme para protegerlo de daños externos como se muestra en la Figura 32.



Figura 32. Protección de la fusión de fibra
Fuente: Elaboración propia

- ✓ Procedimiento de instalación de equipos en la zona interior de CMAC sede principal.

Se realizó una visita técnica en la sede principal, donde no se encontró acceso a los ductos por lo que se realizaron perforaciones para el paso de la fibra hacia el acceso a su data center, todo esto con autorización de los encargados de la sede. El desarrollo de la instalación se detalla de la siguiente manera.

- Paso 1

Se revisó la azotea del predio para realizar un análisis sobre el diseño del recorrido de la fibra oscura interno en la sede principal con todos los protocolos de seguridad como se muestra en la Figura 33. La agencia se encontró con un cableado desordenado que no contaba con cajas de pase, tampoco rotulados para la identificación de los tipos de cable entre otros.



Figura 33. Visita técnica del predio

Fuente: Elaboración propia

- Paso 2

Se planificó las herramientas y equipos necesarios para el tendido interno, por lo que se requirió el uso de montaje de caja de paso para la fibra con su respectiva cubierta como se muestra en la Figura 34.

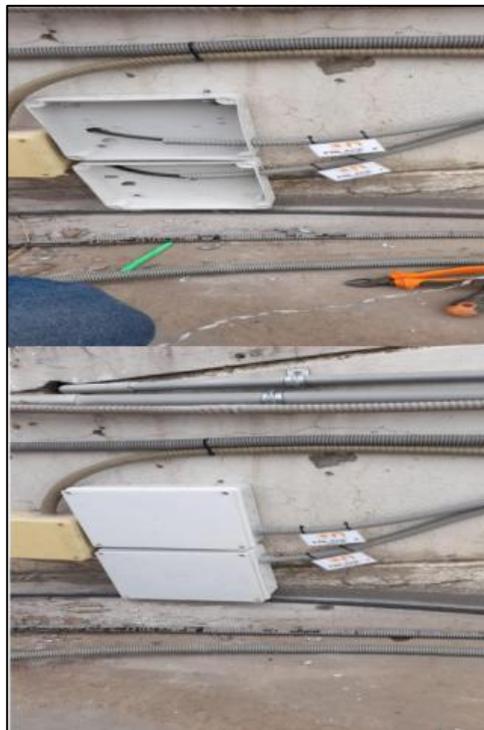


Figura 34. Caja de pase para fibra óptica

Fuente: Elaboración propia

- Paso 3

Solo se tenía un ducto existente para el recorrido de la fibra internamente donde el acceso no fue fácil, se tuvo que acceder con las herramientas de seguridad para seguir con el recorrido de la fibra como se muestra en la Figura 35.



Figura 35. Recorrido de la fibra por el ducto existente

Fuente: Elaboración propia

Dado que solo se tuvo un ducto se tuvo que realizar una perforación para el pase de fibra hacia la data center de la sede principal con la tubería implementada por parte de Win Empresas como se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Perforación e implementación de tubería

Fuente: Elaboración propia

- Paso 4

Se llega a la data center de la sede principal de la Caja Municipal de Ahorro de Crédito donde se realiza el armado del ODF (distribuidor de fibra óptica) que proporciona interrelación de cable entre las instalaciones de transmisión como se muestra en la Figura 37.

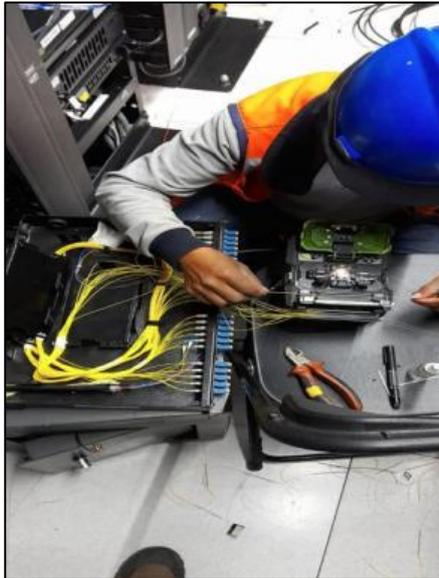


Figura 37. Armado de ODF en la sede principal
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se instala el ODF en el data center para tener una correcta gestión de conexiones como una organización y protección de la fibra oscura así también permite una fácil administración y mantenimiento de la red por su compatibilidad con otros dispositivos como se muestra en la Figura 38.

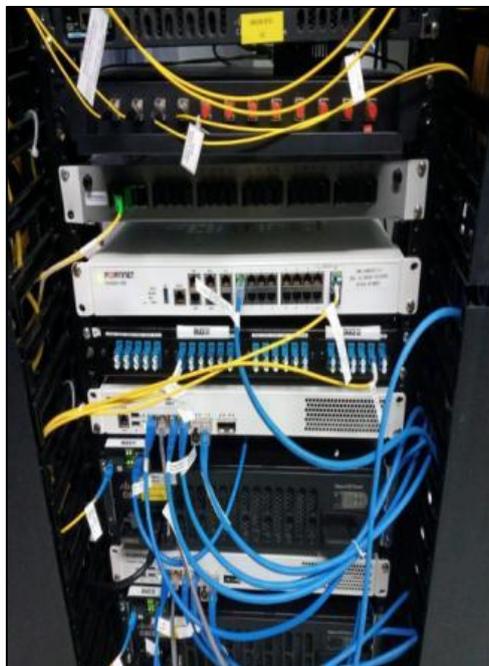


Figura 38. ODF instalado en el data center de la sede principal.
Fuente: Elaboración propia

- ✓ Procedimiento de instalación de equipos en la zona interior de CMAC sede principal.

En la visita técnica realizada a la sede de respaldo de la Caja Municipal de Ahorro de Crédito en Chupaca, no se encontró inconvenientes ni obstrucción para ingresar a su data center, se tenía una infraestructura con ductos para el acceso de la fibra. Se desarrollo de la siguiente manera la instalación.

- Paso 1

Se identifico la infraestructura para el recorrido de la fibra en el predio, ingresando la fibra con las herramientas y equipos necesarios.

- Paso 2

Se ingresa la fibra a la data center donde se realiza el armado del ODF de la sede de respaldo en el distrito de Chupaca, como se mencionó la importancia de este en la sede principal, el armado se muestra en la Figura 39 a continuación.

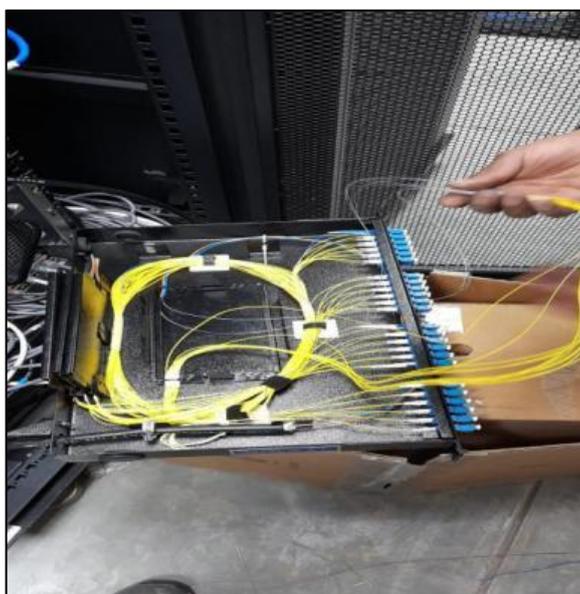


Figura 39. Armado ODF en la sede de respaldo

Fuente: Elaboración propia

- Paso 3

Se instala el ODF en la data center para tener una correcta gestión de conexiones entre otros como se mencionó en la sede principal así también protege a la fibra de daños físicos, polvo y cuentan con mecanismos de bloqueo protegiendo las conexiones y las fibras de manipulaciones desautorizadas como se muestra en la Figura 40.



Figura 40. ODF instalado en el data center del centro de respaldo
Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Validación de los empalmes

Luego de usar la maquina fusionadora y empalmar las fibras, se tiene que validar estos empalmes funcionen correctamente. A continuación, se detalla los pasos para la validación de estos empalmes.

- Paso 1

Se identifica los hilos de fibra óptica empalmadas para su respectiva validación como se muestra en la Figura 41.

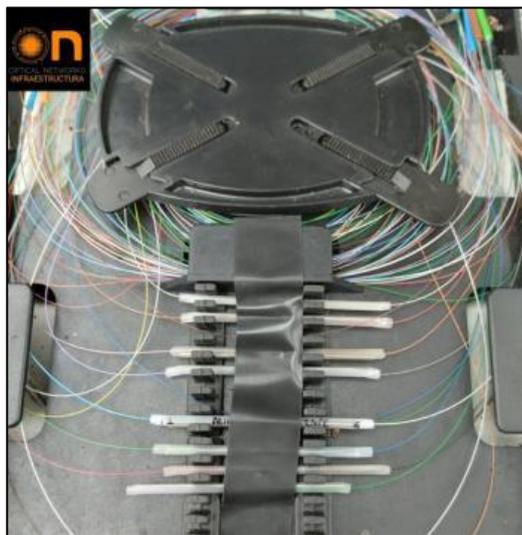


Figura 41. ODF instalado en el data center del centro de respaldo
Fuente: Elaboración propia

- Paso 2

Se configura el Instrumento de fibra óptica (Optical Fiber Instrument), para analizar hilo por hilo de la fibra G652D como se muestra en la Figura 42.



Figura 42. Optical Fiber Instrument
Fuente: Elaboración propia

- Paso 3

Visualizamos los valores, validamos que sean menores y no pasen según los requerimientos dados por la entidad financiera tal como se muestra en la Figura 43.

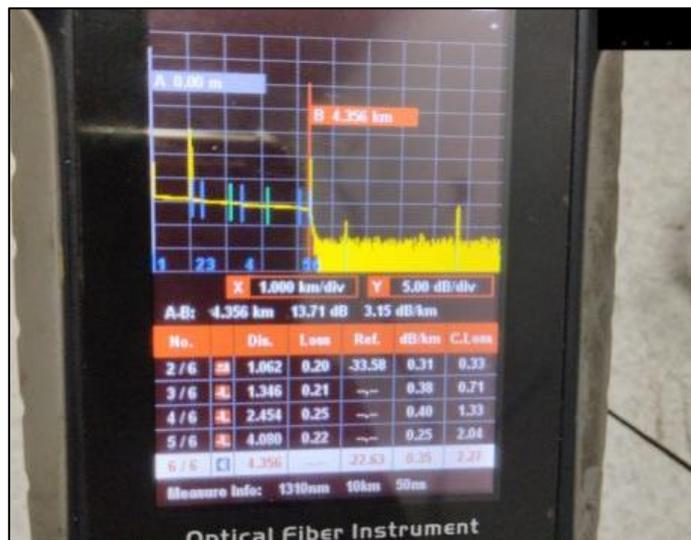


Figura 43. Validación de empalmes con el
Optical Fiber Instrument
Fuente: Elaboración propia

- Paso 4

Ingresamos hilo por hilo al identificador de fibra óptica (Identifier Fiber Optic) que nos permite identificar la fibra, fallos si en caso existan, comprobación de la continuidad del empalme sin necesidad de interrumpir el tráfico de datos en la red. Tal como se visualiza en la Figura 44.



Figura 44. Medición de hilos con el Fiber Optical Identifier
Fuente: Elaboración propia

3.3 Resultados:

Los resultados obtenidos tienen como referencia 3 etapas muy importantes que se describirán a continuación.

3.3.1 Validación de términos de referencia

La entidad financiera detalla los valores necesarios para la aceptación del proyecto en sus términos de referencia.

- Inserción de conector menor a 0.5 dB (atenuación por conector)
- Atenuación por empalme menores a 0.250dB (atenuación por empalme)
- Atenuación promedio empalme 0.100 dB (atenuación promedio)
- Atenuación promedio de cable 0.350 dB*km (atenuación promedio)

Para cumplir con los términos de referencia se utilizó el instrumento OTDR donde se visualiza los valores de pérdidas, reflectancia, atenuación entre otros como se muestra a continuación en la Figura 45.

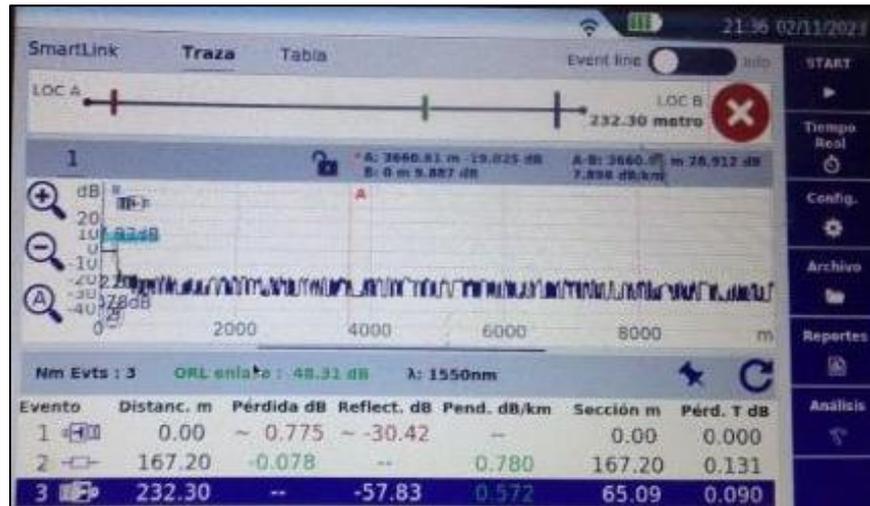


Figura 45. Medición con el OTDR
Fuente: Elaboración propia

El equipo OTDR permitió tener un informe donde se validan los parámetros dados por el personal de campo, a continuación, se muestra los datos obtenidos por el equipo.

3.3.2 Reporte técnico OTDR

Para los reportes se usaron normativas que respaldan los datos obtenidos permitiendo entregar el enlace al usuario final. A continuación, se describe las normativas usadas para el test realizado.

En la Figura 46 se visualiza la normativa de la Comisión Electrotécnica Internacional.

NORMATIVA IEC	CARACTERISTICAS
IEC-60794-1-2 E1	RESISTENCIA A LA TRACCION
IEC 60794-1-2 E3	PRUEBA DE APLASTAMIENTO
IEC 60794-1-2 E4	PRUEBA DE RESISTENCIA
IEC 60794-1-2 E7	PRUEBA DE TORSION
IEC 60794-1-2 F1	CICLOS DE TEMPERATURA
IEC 60794-1-2 E11	PRUEBA DE FLEXION DEL CABLE

Figura 46. Normativa IEC
Fuente: webstore.iec.ch,2021

En la Figura 47 se exhibe la normativa ITU-T que avala los parámetros obtenidos en el reporte técnico.

NORMATIVA ITU-T G.652.D			
Fibre attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Mode field diameter	Wavelength	1310	nm
	Range of nominal values	8.6-9.2	µm
	Tolerance	± 0.4	µm
Cladding diameter	Nominal	125.0	µm
	Tolerance	± 0.7	µm
Core concentricity error	Maximum	0.6	µm
Cladding noncircularity	Maximum	1.0	%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260	nm
Macrobending loss	Radius	30	mm
	Number of turns	100	
	Maximum at 1625 nm	0.1	dB
Proof stress	Minimum	0.69	GPa
Chromatic dispersion parameter	λ _{0min}	1300	nm
	λ _{0max}	1324	nm
3-term Sellmeier fitting (1260 nm to 1460 nm)	S _{0min}	0.073	ps/(nm ² × km)
	S _{0max}	0.092	ps/(nm ² × km)
Linear fitting (1460 nm to 1625 nm)	Minimum at 1550 nm	13.3	ps/(nm × km)
	Maximum at 1550 nm	18.6	ps/(nm × km)
	Minimum at 1625 nm	17.2	ps/(nm × km)
	Maximum at 1625 nm	23.7	ps/(nm × km)
Cable attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Attenuation coefficient (Note 1)	Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 2)	0.40	dB/km
	Maximum at 1383 nm ±3 nm after hydrogen ageing (Note 3)	0.40	dB/km
	Maximum at 1530-1565 nm	0.30	dB/km
PMD coefficient (Note 4,5)	M	20	cables
	Q	0.01	%
	Maximum PMD ₀	0.20	ps/√km

Figura 47. Normativa ITU G.652.D

Fuente: www.itu.int,2021

Los parámetros según la normativa respaldan los resultados del informe técnico para finalizar la entrega del proyecto con la firma del acta del servicio concluido.

La pérdida por empalme y atenuación se calcularon teóricamente a continuación.

Perdida por empalme:

$$P_{em} = 10x \log_{10} \left(\frac{P_s}{P_e} \right) \quad (6)$$

Donde:

P_{em} = Pérdida por empalme

P_s = Pérdida de salida. Potencia de salida

P_e = Pérdida por entrada. Potencia de entrada

Reemplazando los valores se tendría lo siguiente:

$$P_{em} = 10x \log_{10} \left(\frac{24.569}{23.492} \right) = 0.1dB \quad (7)$$

Atenuación total:

$$A_T = 10x \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \quad (8)$$

Donde:

A_T = Atenuación total

P_{in} = Potencia de entrada

P_{out} = Potencia de salida

Reemplazando los valores se tendría lo siguiente:

$$A_T = 10x \log_{10} \left(\frac{27.4}{25.855} \right) = 0.25dB \quad (9)$$

En el OTDR se ingresó un módulo para poder almacenar la información en un documento de formato EXFO. Se uso el método de lanzamiento de bobina que permite aislar o eliminar los eventos fantasmas existentes. Se agregan los cables de conexión y conectores al equipo de medición y estos se empalman con una potencia de inyección empleado por el OTDR.

Se presenta a continuación la medición sobre el enlace que se implementó desde la sede principal y el centro de respaldo en la Figura 48



Figura 48. Cantidad de empalmes en el enlace

Fuente: Elaboración propia

En el informe OTDR se visualiza lo siguiente:

Los parámetros obtenidos, la pérdida promedio de todo el enlace, pérdida promedio por empalme y la pérdida máxima por empalme.

La potencia inyectada que es de 27.4dB, teniendo como resultado lo que se aprecia en la Figura 48 enmarcada con la letra M. Se tiene una atenuación por empalme de 0.221 dB/km y una pérdida promedio de 0.215 dB/km.

Existen 17 eventos en los cuales se realizaron empalmes para conectarse a la red. Los marcadores a y A nos indican el área lineal que analizo el equipo de medición de igual manera el b, B. Esto permite obtener el 4-Point Event Loss (Pérdida de 4

puntos de evento) como también obtener la reflectancia máxima de -68.8 dB. Esta reflectancia máxima es la relación de la luz de entrada y la luz reflejada.

En A-B ORL visualizamos la pérdida óptica de retorno del tramo total de la fibra.

Para tener mejor detalle se realiza un informe técnico que se muestra continuación en la Figura 49.

Informe OTDR (1550 nm (9 μm))						 Correcto
Tabla de eventos						
Tipo	N.º	Pos./L. (km)	Pérdida (dB)	Reflectancia (dB)	Atenuación (dB/km)	Acumulativo (dB)
Primer conector		-0.9940	---	-55.8		---
Sección		0.9940	0.191		0.192	---
Reflexivo	1	0.0000	0.338	-50.1		0.338
Sección		0.1241	0.018		0.143	0.356
No reflexivo	2	0.1241	0.100			0.456
Sección		0.5407	0.101		0.187	0.558
No reflexivo	3	0.6647	0.091			0.648
Sección		0.5824	0.114		0.195	0.762
No reflexivo	4	1.2472	0.044			0.806
Sección		0.3685	0.071		0.193	0.877
Positivo	5	1.6157	-0.049			0.827
Sección		0.5533	0.097		0.176	0.924
No reflexivo	6	2.1690	0.036			0.961
Sección		1.3320	0.250		0.188	1.211
No reflexivo	7	3.5010	0.079			1.289
Sección		1.6068	0.307		0.191	1.596
No reflexivo	8	5.1078	0.078			1.674
Sección		0.7534	0.142		0.188	1.816
No reflexivo	9	5.8612	0.100			1.916
Sección		0.3077	0.046		0.151	1.962
No reflexivo	10	6.1689	0.201			2.163
Sección		1.6511	0.300		0.181	2.463
No reflexivo	11	7.8200	0.061			2.524
Sección		0.3039	0.058		0.190	2.582
Positivo	12	8.1239	-0.073			2.509
Sección		2.1006	0.419		0.200	2.928
No reflexivo	13	10.2245	0.071			2.999
Sección		0.6546	0.104		0.159	3.103
No reflexivo	14	10.8791	0.053			3.156
Sección		8.0314	1.531		0.191	4.687
Reflexivo	15	18.9105	0.342	-55.6		5.029
Sección		0.2089	0.046		0.218	5.074
No reflexivo	16	19.1194	0.068			5.142
Sección		0.2355	0.030		0.127	5.172
Reflexivo	17	19.3550	---	-20.9		5.172

Figura 49. Informe Técnico del OTDR

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 49 se visualiza cada evento con sus parámetros minuciosamente según la distancia que se encuentra cada uno de estos. Se describen a continuación:

Existen 17 empalmes que se muestra la parte de sección comenzando desde el primero. Se describe la longitud de sección de fibra es decir la distancia.

El parámetro Pos. / Longitud hace referencia a la longitud que se tiene entre el inicio de la trama de fibra y el evento.

Las pérdidas fueron calculadas por la herramienta en su unidad dB, muestra el resultado de empalmes y conectores.

Reflectancia: Solo se tiene reflectancia en el primer conector y el evento 15 y 17 es decir estos eventos hay empalmes y conectores que dieron mayor atenuación.

Atenuación: Se tuvo la atenuación esperada, incluso un poco menor de la requerida. La medición indica la perdida/distancia en toda la fibra.

El acumulativo nos indica las pérdidas de los eventos visibles acumuladas mas no los no visibles hasta el fin de la fibra.

En la Figura 50 se ilustra la frecuencia usada por el equipo OTDR de la marca EXFO donde se ingresó el módulo para tener el informe explicado en el párrafo anterior.



Figura 50. Configuración de parámetros
Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 51, se visualiza los valores de la medición obtenidos por el equipo OTDR. Teniendo como resultado los umbrales que cumplen con los términos de referencia y requerimientos por la entidad financiera CMAC.

Umbrales de correcto/incorrecto	
	1550 nm (9 μm)
Pérdida por empalme (dB)	0.250
Pérdida por conector (dB)	0.500
Reflectancia (dB)	-45.0
Atenuación de la sección de fibra (dB/km)	0.220

Parámetros de la prueba	
	A – B
Longitud de onda (nm)	1550 nm (9 μm)
Alcance (km)	25.0000
Pulso (ns)	275
Duración (s)	60

Configuración de la prueba			
	A – B	Longitudes de onda de la macrocurvatura	Pérdida delta por macrocurvatura (dB)
IOR	1.465000	1310 nm - 1550 nm	0.500
Retrodispersión (dB)	-81.87		
Factor helicoidal (%)	1.00		
Umbral de detección de pérdida por empalme (dB)	0.020		
Umbral de detección de reflectancia (dB)	-72.0		
Umbral de detección de final de fibra (dB)	5.000		

Figura 51. Umbrales finales del equipo OTDR
Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Fichas técnicas y pruebas

Se anexa un informe de la fibra empleada en el servicio, esto muestra a detalle los valores de manera específica en hilo de fibra y empalme.

Las pruebas reflectométricas como el PMD y CD se realizaron en primer turno y segundo turno, se anexa los valores que validan el correcto funcionamiento del servicio tanto en el día y noche.

Se realizó un protocolo de prueba sobre cada hilo solicitado en cada sede de CMAC, la sede principal y el centro de respaldo. Se cumplió con los valores mínimos requeridos los cuales se evidencian en el anexo del OTDR, así como el PMD-CD.

En la Figura 52, se puede visualizar los hilos que fueron habilitados para los enlaces. CMAC solicitó 3 enlaces y cada enlace necesita de dos hilos habilitados, en total se le da 6 hilos habilitados los cuales fueron medidos por la prueba PMD y CD. Se realizó medidas en el día y en la noche porque se tiene distintos comportamientos por el tipo de material de la fibra y guía de ondas como se explicó

en las bases teóricas. Se identifico la fibra monomodo rotulando con el buffer 2 de color amarillo.

Desarrollo del Protocolo MEDICIÓN											
Equipos de Medición											
NODO DE MEDICION A			NODO DE MEDICION B								
Nodo A:		HUANCAYO		Nodo B:		CHUPACA					
Equipo:		FTB-5500B-EI		Equipo Fuente:		FLS-5834A-EI					
S/N Equipo:		817321		S/N Equipo Fuente:		820331					
Buffer	NÚMERO FIBRA	Medida Diurna A => B (ps/√Km)	Medida Nocturna A => B (ps/√Km)	Promedio (ps.√Km)	Buffer	NÚMERO FIBRA	Medida Diurna A => B (ps/√Km)	Medida Nocturna A => B (ps/√Km)	Promedio (ps/√Km)		
	1					25					
	2					26					
	3					27					
	4					28					
	5					29					
	6					30					
	7					31					
	8					32					
	9					33					
	10					34					
	11					35					
	12					36					
	13					37					
	14					38					
	15	0.028	0.017	0.02		39					
	16	0.006	0.008	0.01		40					
	17	0.009	0.012	0.01		41					
	18	0.006	0.015	0.01		42					
	19	0.023	0.042	0.03		43					
	20	0.010	0.029	0.02		44					
	21					45					
	22					46					
	23					47					
	24					48					
Coef PMD MAX		0.03		PMD MAX		0.14		Nombre Archivo		HUANCAYO - CHUPACA	
OBSERVACIONES:						SIN OBSERVACIONES, RESULTADOS DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS					
						Los hilos medidos en el nodo HUANCAYO son del 15 al 20 y en el nodo CHUPACA son del 1 al 6					

Figura 52. Prueba PMD con hilos habilitados
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la Figura 52 son importantes para determinar la velocidad de comunicación para el enlace de 19,355 metros. Se requiere transmitir 10Gbps a mas por lo que la ITU recomienda un PMD máximo de $0.2 \text{ ps} / \sqrt{\text{km}}$. Se tiene un PMD máximo de $0.14 \text{ ps} / \sqrt{\text{km}}$ en los hilos habilitados para la entidad financiera.

A continuación, en la Figura 53 se exhibe la prueba PMD donde se visualiza la variación de la señal transmitida en cuanto al tiempo de llegada.



Figura 53. Prueba de Desviación Modal de Polarización
Fuente: Elaboración propia

No se tiene una señal demasiado alta por lo que no existirá distorsión de la señal que limite la alta transmisión de 10Gbps que se requiere.

$$PMDcoef = \frac{Desviacion\ Modal\ de\ Polarizacion\ Maxima}{Duracion\ de\ la\ señal} * 100 \quad (10)$$

Reemplazando los valores se obtiene:

$$PMDcoef = \frac{0,014}{60} * 100 = 0,08\ ps/\sqrt{km} \times nm \quad (11)$$

En comparación con el valor arrojado por el equipo de medición es menor. Esto debido a que el equipo promedia los resultados de cada hilo medido.

La prueba de dispersión cromática se visualiza a continuación en la Figura 54.



Figura 54. Prueba Dispersión Cromática

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 54 se visualiza en la parte horizontal la longitud de onda que su unidad es en nanómetros(nm). En la zona vertical encontramos dos valores que serían la dispersión y el retardo de grupo.

La curva que se visualiza es el slope que representa o caracteriza la variación de dispersión cromática. Este valor asegura una transmisión eficiente y minimizar la distorsión de la señal.

Se tiene la lambda zero que identifica en esa longitud de onda se anulan las dispersiones.

3.3.4 Parámetros y costos

Se compara los resultados obtenidos en el enlace donde se identifica una diferencia con los valores obtenidos. Se exhiben en la Tabla 1 los parámetros de red obtenidos.

Tabla 1. Parámetros del enlace de fibra oscura

PARAMETROS DEL ENLACE	IDEAL	SIN EQUIPO OTDR	CON EQUIPO OTDR
Pérdida por empalme	0	0.1 dB	0.061 dB
Pérdida promedio de empalme	0	0.1 dB	0.061 dB
Atenuación	0	0.25 dB	0.22 dB

Fuente: Elaboración propia

Para las pruebas de Dispersión de modo de polarización se exhibe en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de Dispersión de modo de polarización

DISPERSION DE MODO DE POLARIZACION	IDEAL	SIN EQUIPO OTDR	CON EQUIPO OTDR
PMD	0	$0.08 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}} \times \text{nm}$	$0.01 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}} \times \text{nm}$
Coeficiente PMD	0	$0.2 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$	$0.14 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$

Fuente: Elaboración propia

Para las pruebas de Dispersión Cromática se tiene dos valores el lambda zero que significa en ese punto las dispersiones se anulan y el slope se exhibe en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros de la Dispersión Cromática

DISPERSION DE MODO DE POLARIZACION	IDEAL	CON EQUIPO OTDR
Lambda zero	-	1326,717 nm
Slope	-	$1.789551 \text{ ps}/(\text{nm}^2)$

Fuente: Elaboración propia

Los costos de Win Empresas comparados con las demás compañías que brindan el servicio en el departamento de Junín. Win empresas por tener una infraestructura de red en el departamento tiene los mejores costos ante los otros operadores de red y proveedores de servicio de internet.

A continuación, se muestra en la Tabla 4 los costos de los distintos operadores que participaron en la licitación de la entidad financiera.

Tabla 4. Costos de Red de Fibra Oscura

Empresas	Servicio	Costo Mensual (\$)
WIN EMPRESAS	FIBRA OSCURA	\$1,170.00
MOVISTAR	FIBRA OSCURA	\$5,500.00
IPT	FIBRA OSCURA	\$3,000.00
FIBERLUX	FIBRA OSCURA	\$2,500.03
GTD	FIBRA OSCURA	\$2,000.00
ENTEL	FIBRA OSCURA	\$2,200.00
BITEL	FIBRA OSCURA	\$3,200.00
CLARO	FIBRA OSCURA	\$7,000.00

Fuente: Elaboración propia

4 CONCLUSIONES

- El diseño soluciona los problemas que enfrenta el usuario Caja Municipal de Ahorro de Crédito con el fin de incrementar la velocidad y seguridad de transmisión y así mejorar los procesos de comunicación con sus sedes remotas a pesar de perder conexión en su sede principal.
- La implementación de una red de fibra oscura para distancias largas de 20 km, permitirá a la empresa privatizar su red con mayor seguridad y siempre tener sus datos en la nube entre su sede principal y el centro de respaldo a pesar de perder conexión en una de estas. Se tuvo un enlace de 19,355 metros que permitirán velocidades de 10Gbps.
- Las pruebas OTDR, PMD Y CD lograron caracterizar la fibra que cumpla los estándares y verificar la ficha técnica de esta. Los parámetros validados fueron menores en algunos casos de los que se solicitaba. El resultado fue satisfactorio porque cumplió con los requerimientos dados por la entidad. Se presento los resultados en un informe con los datos de la prueba reflectométrica PMD-CD concluyendo el proyecto y la conformidad del cliente.
- En el momento de introducir la fibra óptica en las avenidas se presentan varios inconvenientes, como disponibilidad de licencias, postes saturados de fibra entre otros. Esto crea una correlación directa entre el trabajo de solución interno de Win Empresas y el plazo de entrega indicado en el contrato.
- La entidad financiera tiene ahora un servicio de red de fibra oscura que le permite estar conectado en la nube así ocurra agentes externos en su conexión permitiendo hacer consultas sin inconvenientes, lo que antes no podía realizarlo.

5 RECOMENDACIONES

- El profesional debe dar prioridad a los detalles del proyecto, es clave cumplir con todos los requerimientos y minimizar los parámetros que se indica por la entidad.
- Certificar una fibra requiere tener colaboradores calificados con conocimientos y estudios sobre el uso de las herramientas de medición caso contrario puede quedar observado por el usuario final.
- Los conectores usados para el proyecto fueron de 10Gbps, con el paso del tiempo estos pueden quedar desfasados donde se necesitará mejores conectores que tendrán menor costo.
- Se pueden utilizar conectores de mayor potencia y mayor ancho de banda para poder reducir los parámetros de perdidas, pero cabe mencionar que estos podrían alterar las pruebas de dispersión cromática y dispersión por modo de polarización.
- Buscar nuevas tecnologías de conexiones para data center, como puede ser en la nube que no puedan ser vulneradas y controladas por un usuario tercero.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (APA)

- Bob Chomycz. (2015). *Fiber Optic Installer's Field manual: Vol. Second* (MC Graw Hill).
- Diego Javier Endara Estévez. (2021). *Análisis, Diseño y Simulación de una red FTTH GPON para la Población de la Parroquia de Checa de la Ciudad de Quito* [Tesis de Maestría]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/20181/Tesis%20Diego%20Endara.pdf?sequence=1>
- Hugo Omar Grazzini. (2020). *Fibras Ópticas: Conceptos teóricos y Aplicaciones prácticas* (Primera). Universitas.
- Rajiv Ramaswami & Kumar N. Sivarajan & Galen H. Sasaki. (2010). *Optical Networks A Practical Perspective*(Third Edition). Morgan Kaufmann.
- John M. Senior. (2009). *Optical Fiber Communications Principles and Practice* (Third edition). Prentice Hall Europe.
- Junior Freddy Janampa Huaman. (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* [Tesis]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1791>
- Marco Jesus Pachas Matias. (2018). *Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino* [Tesis]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13945>
- Oscar Edilberto Valdez Romero. (2016). *Diseño de la Red de Fibra Óptica Metropolitana para una empresa internet service provider (ISP)* [Tesis]. Universidad San Ignacio Loyola.
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/627d49f8-5f0f-4887-92bb-dc36aaaf2258/content>
- Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016). *Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. Enfoque UTE*, 7(4), 16–30.
<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.111>
- Santiago Prieto Reinoso. (2018). *Red de fibra óptica hasta el hogar, con servicio triple play, para nuevos abonados de la empresa SERPORMUL S.A., en el cantón Biblián, provincia del Cañar*. [Tesis]. Universidad Católica de Cuenca.

<https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c7bead41-6947-4f62-9d14-d791c367ecee/content>

Wilmer E. Suarez. (2019). Fibra Óptica. Universidad Fermin Toro, 1–14.

Unión Internacional de Telecomunicaciones

<https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=13076&lang=es>

Comisión Electrotécnica Internacional

https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60794-1-2%7Bed5.0.RLV%7Den.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Ficha Técnica de la Fibra óptica

Item		Construction		
Total fiber number (cores)	6	12	24	
Number of loose tube (ea)	3	6	6	
Number of filler (ea)	2	0	0	
Number of fiber per tube (core)	2	2	4	
Tube material	PBT (Polybutylene Terephthalate)			
Filler material	PE string			
Central strength member	FRP (Fiber Reinforced Plastic) with or without PE			
Water blocking material	Water blocking yarns			
Wrapping tape	PET tape			
Tensile elements	Aramid yarns			
Outer sheath material	Black color polyethylene			
Cross sectional area (mm ²)	64	68	68	
Overall diameter (mm)	9.0	9.3	9.3	
Breaking strength (kN)	4.3	4.7	4.7	
Weight (kg/km)	60	67	67	
Minimum bending radius	20times x cable diameter			
Min. Bending radius	Installation	O.D X 15 times		
	Operation	O.D X 20 times		
Temperature range	Installation	- 30 °C to +60 °C		
	Operation	- 40 °C to +70 °C		
	Storage	- 40 °C to +75 °C		
Stringing tension	0.86kN	0.94kN	0.94kN	
Max. Rated cable load	2kN	2.1kN	2.1kN	
Approx. Cable breaking strength	4.3kN	4.7kN	4.7kN	

Anexo 2. Materiales en la implementación

MATERIAL	MODELO
FIBRA OPTICA MONOMODO	ADSS G.652D
CONECTORES	LC, SC, ST, MTP, RJ45-10Gbps
PANELES DE CONEXION	S/N
GABINETES	S/N
ODF	S/N
CAJA DE PASE	S/N
FUSIONADORA-OTDR	MODELO MAX-730C-SM2-EA

Anexo 3. Reporte de prueba CD primer turno

Wavelength (nm)	Dispersion (ps/nm)	Dispersion Coef. (ps/(nm*km))	RGD (ps)	Fitted RGD (ps)	RGD Deviation (ps)	Used
1530.00	297,492	15,400	0,00	-3,589	3,590	Yes
1531.00	298,698	15,400	293,24	294,506	1,270	Yes
1532.00	299,901	15,500	591,37	593,805	2,440	Yes
1533.00	301,102	15,600	886,87	894,307	7,440	Yes
1534.00	302,301	15,600	1187,92	1196,009	8,090	Yes
1535.00	303,499	15,700	1494,36	1498,909	4,550	Yes
1536.00	304,694	15,700	1793,07	1803,005	9,940	Yes
1537.00	305,888	15,800	2098,32	2108,297	9,980	Yes
1538.00	307,079	15,900	2410,61	2414,780	4,170	Yes
1539.00	308,269	15,900	2715,57	2722,454	6,880	Yes
1540.00	309,456	16,000	3025,78	3031,317	5,540	Yes
1541.00	310,642	16,100	3344,46	3341,367	3,090	Yes
1542.00	311,826	16,100	3654,33	3652,601	1,730	Yes
1543.00	313,008	16,200	3969,28	3965,018	4,260	Yes
1544.00	314,188	16,200	4287,71	4278,616	9,090	Yes
1545.00	315,366	16,300	4597,25	4593,394	3,860	Yes
1546.00	316,542	16,400	4914,66	4909,348	5,310	Yes
1547.00	317,717	16,400	5230,14	5226,478	3,660	Yes
1548.00	318,889	16,500	5546,32	5544,781	1,540	Yes
1549.00	320,060	16,500	5865,31	5864,256	1,050	Yes
1550.00	321,229	16,600	6185,51	6184,900	0,610	Yes
1551.00	322,396	16,700	6508,31	6506,712	1,600	Yes
1552.00	323,561	16,700	6832,03	6829,691	2,340	Yes
1553.00	324,724	16,800	7154,52	7153,833	0,690	Yes
1554.00	325,885	16,800	7481,90	7479,138	2,760	Yes
1555.00	327,045	16,900	7805,62	7805,603	0,020	Yes
1556.00	328,202	17,000	8130,39	8133,226	2,840	Yes
1557.00	329,358	17,000	8462,22	8462,007	0,210	Yes
1558.00	330,512	17,100	8788,00	8791,942	3,940	Yes
1559.00	331,664	17,100	9117,01	9123,030	6,020	Yes
1560.00	332,815	17,200	9452,52	9455,270	2,750	Yes
1561.00	333,963	17,300	9777,10	9788,659	11,560	No

Anexo 4. Reporte de prueba CD segundo turno

Wavelength (nm)	Dispersion (ps/nm)	Dispersion Coef. (ps/(nm*km))	RGD (ps)	Fitted RGD (ps)	RGD Deviation (ps)	Used
1530,00	297,449	15,400	0,00	-2,049	2,050	Yes
1531,00	298,653	15,400	291,22	296,003	4,780	Yes
1532,00	299,856	15,500	598,18	595,257	2,920	Yes
1533,00	301,057	15,600	887,13	895,714	8,580	Yes
1534,00	302,255	15,600	1183,33	1197,370	14,040	Yes
1535,00	303,452	15,700	1489,76	1500,223	10,460	Yes
1536,00	304,647	15,700	1795,38	1804,273	8,890	Yes
1537,00	305,840	15,800	2101,57	2109,516	7,950	Yes
1538,00	307,030	15,900	2411,31	2415,951	4,640	Yes
1539,00	308,219	15,900	2714,39	2723,576	9,190	Yes
1540,00	309,406	16,000	3027,67	3032,389	4,720	Yes
1541,00	310,592	16,100	3345,46	3342,388	3,070	Yes
1542,00	311,775	16,100	3653,74	3653,572	0,170	Yes
1543,00	312,956	16,200	3970,71	3965,937	4,770	Yes
1544,00	314,135	16,200	4289,68	4279,483	10,200	Yes
1545,00	315,313	16,300	4600,73	4594,207	6,520	Yes
1546,00	316,489	16,400	4916,96	4910,108	6,850	Yes
1547,00	317,662	16,400	5230,81	5227,184	3,630	Yes
1548,00	318,834	16,500	5545,81	5545,432	0,380	Yes
1549,00	320,004	16,500	5864,01	5864,851	0,840	Yes
1550,00	321,172	16,600	6184,86	6185,440	0,580	Yes
1551,00	322,338	16,700	6507,89	6507,195	0,700	Yes
1552,00	323,503	16,700	6830,61	6830,116	0,490	Yes
1553,00	324,665	16,800	7158,02	7154,200	3,820	Yes
1554,00	325,826	16,800	7481,76	7479,446	2,310	Yes
1555,00	326,985	16,900	7804,07	7805,852	1,780	Yes
1556,00	328,142	17,000	8130,46	8133,416	2,960	Yes
1557,00	329,297	17,000	8462,59	8462,136	0,450	Yes
1558,00	330,451	17,100	8788,67	8792,010	3,340	Yes
1559,00	331,602	17,100	9119,58	9123,037	3,460	Yes
1560,00	332,752	17,200	9452,84	9455,214	2,370	Yes
1561,00	333,900	17,300	9777,04	9788,541	11,500	No

Anexo 5. TAIHAN FIBER OPTICS SPEC NO. TFO-OPTIC-81101A



SPEC NO. TFO- OPTIC-81101A(Rev.9)

2.2 General Design

Its optical properties are achieved through a germanium doped silica based core with a pure silica cladding. An acrylate protective coating is applied over glass cladding to provide the necessary maximum fiber lifetime.

2.3 Construction

Mode field diameter at 1310nm	$9.2 \pm 0.7 \mu\text{m}$
Mode field concentricity error	$< 0.8 \mu\text{m}$
Cladding diameter	$125 \pm 1 \mu\text{m}$
Cladding non-circularity	$< 2\%$
Primary coating material	UV curable acrylate
diameter	$250 \pm 15 \mu\text{m}$

2.4 Optical characteristics

Attenuation at 1310nm	$\leq 0.36 \text{ dB/km.}$
at 1550nm	$\leq 0.22 \text{ dB/km}$
Dispersion at 1310nm	$< 3.5 \text{ ps}/(\text{nm.km})$
at 1550nm	$< 18 \text{ ps}/(\text{nm.km})$
Zero dispersion wavelength	1300nm ~ 1324nm
Zero dispersion slope	$< 0.093 \text{ ps}/(\text{nm}^2.\text{km})$
Cable cut off wavelength	$< 1260\text{nm}$