

NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADA EN  
EL ESTÁNDAR GPON PARA EL DISTRITO  
DE VILLA EL SALVADOR**

AUTOR

**CHRISTIAN CARLOS DE LA CRUZ COCH  
ACHE**

RECUENTO DE PALABRAS

**14720 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**77204 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**84 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**8.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 11, 2024 8:35 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 11, 2024 8:36 AM GMT-5**

### ● 9% de similitud general

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

- 9% 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.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

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

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: DE LA CRUZ COCHACHE CHRISTIAN CARLOS
D.N.I.: 47003764
Otro Documento:
Nacionalidad: PERUANO
Teléfono: 976714935
e-mail: 2014200657@untels.edu.pe

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

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

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADA EN EL ESTÁNDAR GPON PARA EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR
Fecha de Sustentación: 17-12-2023
Calificación: APROBADO
Año de Publicación: 2024



### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

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

Marcar con una X su elección.

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

Si autorizo  No autorizo

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

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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

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

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

DE LA CRUZ COCHACHE CHRISTIAN CARLOS

APELLIDOS Y NOMBRES

47003764

DNI

Firma y huella:



Lima, 17 de MAYO del 2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

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



**“DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADA EN EL ESTÁNDAR GPON PARA  
EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

DE LA CRUZ COCHACHE, CHRISTIAN CARLOS

ORCID: 0009-0001-5024-5597

**ASESOR**

LOPEZ CORDOVA, JORGE LUIS

ORCID: 0000-0002-3817-6859

**Villa El Salvador**

**2023**



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

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

En Villa El Salvador, siendo las 14:00 horas del día 17 de diciembre de 2023, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DR. ALEX CARTAGENA GORDILLO	CIP N° 133344
Secretario	:	DR. RICARDO JOHN PALOMARES ORIHUELA	CIP N° 105002
Vocal	:	MG. ENRIQUE MANUEL MORÁN MONTOYA	CIP N° 144807

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

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

El Bachiller CHRISTIAN CARLOS DE LA CRUZ COCHACHE

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADA EN EL ESTÁNDAR GPON PARA EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR

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

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

Siendo las 14:30 horas del día 17 de diciembre de 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

SECRETARIO  
DR. RICARDO JOHN PALOMARES ORIHUELA  
CIP N° 105002

PRESIDENTE  
DR. ALEX CARTAGENA GORDILLO  
CIP N° 133344

VOCAL  
MG. ENRIQUE MANUEL MORÁN MONTOYA  
CIP N° 144807

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 mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta. A mis padres, por todo su amor y por motivarme a seguir hacia adelante. También a mis hermanos, por brindarme su apoyo moral en esas noches que tocaba investigar. Y, finalmente, a los que no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso.

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco muy profundamente a mi asesor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	x
INTRODUCCIÓN .....	xi
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 Contexto .....	1
1.1.1 Descripción de la empresa .....	1
1.1.2 Misión y visión de la empresa.....	3
1.1.3 Productos y servicios de la empresa .....	3
1.1.4 Análisis del sector telecomunicaciones .....	6
1.2 Delimitación del trabajo.....	8
1.2.1 Delimitación temporal .....	8
1.2.2 Delimitación espacial del trabajo: .....	8
1.3 Objetivos.....	8
1.3.1 Objetivo general .....	8
1.3.2 Objetivos específicos.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	11
2.2. Marco teórico .....	12
2.2.1 Fibra óptica.....	12
2.2.2 Topologías de la red.....	15
2.2.3 Tecnologías FTTx.....	21
2.2.4 Tecnologías xPON .....	22

2.2.5	Red de acceso de fibra óptica FTTH .....	22
2.2.6	Sistemas Pasivos .....	24
2.2.7	Tipos de fibra óptica y conectores .....	25
2.2.8	Ventajas e inconvenientes de las redes PON .....	26
2.3.	Términos básicos.....	28
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....		32
3.1.	Determinación y análisis del problema.....	32
3.2.	Modelo de solución propuesto .....	35
3.2.1	SLA: acuerdo de nivel de servicio .....	36
3.2.2	Procedimiento de trabajo.....	37
3.2.3	Prediseño .....	39
3.2.3.1	Validación de nodo.....	39
3.2.3.2	Segmentación de celdas .....	39
3.2.3.3	Proyección de rutas troncales y terminales (mufas).....	41
3.2.3.4	Proyección de CTO y Reservas .....	45
3.2.4	Replanteo y validación de rutas.....	48
3.2.5	Elaboración de cuadro de terminales .....	49
3.2.6	Cuadro de empalme .....	49
3.2.7	Validación de diseños.....	50
3.2.8	Contribución a la solución .....	50
3.3.	Resultados .....	51
CONCLUSIONES .....		62
RECOMENDACIONES .....		63
BIBLIOGRAFÍA .....		64

ANEXOS .....	67
Anexo A: Prediseño y diseño final de la red.....	67
Anexo B: Topología de red tipo árbol.....	69
Anexo C: Catastro en CAD para hallar la cantidad de hogares .....	69
Anexo D: Cuadro de terminales de Mufas .....	70
Anexo E: Cuadro de terminales de CTO.....	71
Anexo F: Diagrama de empalme .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Composición de la fibra óptica .....	13
Figura 2 Reflexión interna de luz en la fibra óptica.....	14
Figura 3 Estructura de fibra óptica monomodo y multimodo .....	14
Figura 4 Tipos de topologías de red.....	17
Figura 5 Ejemplo de topología de red punto a punto.....	18
Figura 6 Ejemplo de topología de red punto a multipunto .....	20
Figura 7 Partes de una red FTTH.....	24
Figura 8 Evolución de conexiones a internet fijo en Perú (2002 – 2022) .....	34
Figura 9 Área de ejecución del proyecto .....	35
Figura 10 Pasos para la elaboración de diseños de redes.....	38
Figura 11 Segmentación de celdas en Google Earth para el prediseño .....	40
Figura 12 Distancia máxima de 20m medidos desde 2 frentes del predio .....	40
Figura 13 Mufa GJS3030 .....	44
Figura 14 Caja de empalme GFS-16G.....	46
Figura 15 Software Opticore en donde se crean los códigos de los terminales .....	49
Figura 16 Resultado de la segmentacion de celdas.....	55
Figura 17 Resultado del diseño de la red troncal .....	55
Figura 18 Resultado de la distribución de CTO's .....	57
Figura 19 CTO en la red instalada en Villa el Salvador.....	59

Figura 20 Medición de potencia en la red instalada en Villa el Salvador.....	60
Figura 21 Medición de velocidad de la red en la web Speed Test .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cronograma de la ejecución de una red FTTH en la empresa WIN.....	36
Tabla 2 Tabla SLA.....	37
Tabla 3 Características técnicas de Mufa GJS3030.....	43
Tabla 4 Características técnicas de la caja de empalme GFS-16G .....	46
Tabla 5 Consideraciones según el conteo de casas pasadas.....	47
Tabla 6 Lista de precios de servicios para implementación de red .....	52
Tabla 7 Lista de precios de materiales para implementación de red.....	53
Tabla 8 Penetración del proyecto.....	57

## RESUMEN

El presente trabajo se centra en diseñar una red FTTH basada en el estándar GPON, la cual se ubica en Villa El Salvador en el año 2023. Este trabajo se ejecuta en el contexto de la experiencia profesional en la institución WI Net Telecom S.A.C. (WIN), una empresa comprometida con la expansión de la conectividad de banda ancha en zonas urbanas.

El planteamiento del problema radica en la creciente necesidad de acceder a una red de Internet de alta velocidad. A medida que la demanda de servicios digitales se incrementa, es imperativo diseñar una infraestructura de telecomunicaciones que satisfaga las expectativas de los residentes y promueva el desarrollo social y económico en la región, en este caso el distrito de Villa El Salvador.

La metodología prevista para la solución de este problema involucra un análisis exhaustivo de las necesidades de conectividad en el distrito, la evaluación de la tecnología GPON como solución viable, el diseño de la red FTTH, pruebas piloto y, finalmente, la implementación de la propuesta.

Se espera que, a partir de la implementación de esta red FTTH basada en GPON, se logre una mejora significativa en la calidad y velocidad de los servicios de Internet para los habitantes de Villa El Salvador. Además, se anticipa que esta infraestructura contribuirá al crecimiento económico y al fortalecimiento de la comunidad al facilitar el acceso a la educación en línea, el teletrabajo y otras oportunidades en el entorno digital.

Este estudio representa un paso significativo hacia la construcción de un distrito más conectado y próspero, donde la tecnología se transforma en un instrumento esencial para el avance.

## INTRODUCCIÓN

En el año 2023, el distrito de Villa El Salvador enfrenta un desafío crucial en su búsqueda por un desarrollo sostenible y una mejora en la calidad de vida de sus residentes. En este contexto, el presente estudio se propone abordar la imperante necesidad de diseñar una red FTTH (Fibra hasta el hogar) basada en el estándar GPON (Red óptica pasiva Gigabit) que permita una conectividad de alta velocidad en la región.

Las estadísticas revelan una creciente dependencia de la conectividad a Internet en las actividades cotidianas, desde el trabajo y la educación hasta el entretenimiento y la comunicación. No obstante, Villa El Salvador se enfrenta a desafíos en la infraestructura de telecomunicaciones que obstaculizan el acceso a servicios de calidad. La urgencia de abordar esta cuestión se refleja en el impacto directo que tiene en la inclusión digital y el progreso económico de la comunidad.

El propósito de este trabajo es diseñar una red FTTH basada en el estándar GPON que brinde a los residentes de Villa El Salvador una conectividad confiable y de alta velocidad. Esto no solo mejorará la calidad de vida de la población al facilitar el acceso a servicios esenciales, sino que también impulsará el desarrollo económico y la competitividad del distrito en el contexto actual de transformación digital.

A medida que avanzamos en este estudio, exploraremos los aspectos técnicos, operativos y económicos relacionados con la implementación de esta red FTTH GPON, con el objetivo de proporcionar una solución efectiva a los desafíos de conectividad en Villa El Salvador en el año 2023.

# **CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES**

## **1.1 Contexto**

### **1.1.1 Descripción de la empresa**

WI Net Telecom S.A.C (WIN) es una empresa peruana de telecomunicaciones, se estableció en 2017 con un enfoque fundamental: proporcionar servicios de alta calidad a la comunidad. Se especializa en ofrecer conexiones de internet residencial mediante una red de fibra óptica (FTTH) al 100%, que permite velocidades de hasta 1000 Mbps. Además, brinda servicios de telefonía fija y televisión digital como parte de su oferta integral (Wi-Net Telecom S.A.C., 2023).

Hoy en día la empresa WI NET TELECOM S.A.C. cuenta con una red desplegada en varias zonas del municipio de Lima, tales como: San Miguel, Breña, Cercado de Lima, Independencia, Magdalena del Mar, El Agustino, Puente Piedra, Los Olivos, Ate, Barranco, Comas, San Martín de Porres, Chorrillos, Jesús María, San Juan de Miraflores, Miraflores, Lince, Santiago de Surco, Rímac, Surquillo, San Luis, Lurigancho y la provincia constitucional del Callao; estas localidades se unen utilizando nodos que forman una red en anillo la cual le pertenece a WIN EMPRESAS, esta red es usada por la empresa ya que forma parte del mismo grupo corporativo y esto le permite compartir la infraestructura. WI NET TELECOM S.A.C. tiene una presencia del 30% en el distrito de Villa EL Salvador. Este estudio plantea diseñar una red de acceso basado en el estándar GPON, el cual pretende cubrir no sólo las zonas residenciales centrales de la región sino también las zonas periféricas, agrupándolas en “celdas”, lo que convierte a Villa Salvador en una de las primeras zonas urbanas de Lima, áreas con servicio completo de FTTH. WIN se compromete a brindar a los residentes la oportunidad de

acceder a banda ancha fija de calidad a un precio muy razonable (Pomatanta, 2021).

La empresa WIN cuenta con 3 divisiones de negocios según el tipo de cliente al cual se dirige sus productos: hogar, negocios y empresas. La división hogar se centra en las redes de telecomunicaciones residenciales; la sección negocios ofrece conectividad de alta velocidad utilizando puntos de acceso y una IP pública fija; y finalmente el área de empresas centrada en el ámbito empresarial cuenta con una avanzada red metropolitana de alta velocidad, equipada con tecnología de fibra óptica y un protocolo IP de última generación; esta infraestructura permite a sus clientes alcanzar velocidades excepcionales (Wi-Net Telecom S.A.C., 2023).

Esta empresa peruana desempeña un papel significativo en el sector de las redes de comunicaciones en nuestro país. La empresa se especializa en la implementación y operación de redes de fibra óptica con tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network) para brindar servicios de internet de alta velocidad y otros servicios relacionados en diversas áreas del país. Esto implica la planificación, el diseño y la construcción de infraestructuras de telecomunicaciones de última generación que permitan la transmisión de datos a velocidades ultra rápidas y una mayor calidad de servicio para los hogares y empresas en su área de cobertura (Pomatanta, 2021).

La empresa WIN se ha destacado por su compromiso con la mejora de la calidad de servicio de internet, lo que se alinea con los avances tecnológicos y la creciente demanda de conectividad en la era digital. A través de sus proyectos de implementación de redes FTTH basadas en GPON, Wi Net Telecom S.A.C contribuye al desarrollo tecnológico y la conectividad de las comunidades en las que opera (Pomatanta, 2021).

### **1.1.2 Misión y visión de la empresa**

La misión se enfoca en desafiar las normas convencionales y establecer un estándar excepcional en la experiencia digital que ofrecemos a nuestros clientes. Esta empresa se compromete a garantizar su bienestar al proporcionar servicios de telecomunicaciones de alta calidad. Esto lo hacen con un crecimiento sostenible y eficiente, asegurando que cada paso que den se alinee con la satisfacción y la prosperidad de sus clientes (Wi-Net Telecom S.A.C., 2023).

A medida avanza el tiempo, la visión de esta empresa es ambiciosa y clara. Planean alcanzar un nivel de excelencia tal que se pueda triplicar el valor de la empresa para el año 2027. Quieren convertirse en la empresa de telecomunicaciones más valorada tanto por sus leales clientes como por su talentoso equipo interno. A través de este logro, no solo se impulsa el éxito de la empresa, sino que también contribuyen de manera significativa al desarrollo y progreso del país, desempeñando un papel activo en su crecimiento tecnológico y económico (Wi-Net Telecom S.A.C., 2023).

Los valores de WIN son los siguientes (Wi-Net Telecom S.A.C., 2023):

- Autenticidad
- Empatía
- Innovación
- Confiabilidad
- Pasión

### **1.1.3 Productos y servicios de la empresa**

La empresa WIN ofrece una variedad de productos relacionados al ámbito de las telecomunicaciones:

**Televisión digital:** WIN en Perú ofrece un servicio de televisión digital denominado "WINTV." Este servicio se caracteriza por lo siguiente:

- **Acceso en Dispositivos:** WINTV permite a los usuarios que ya tienen el servicio de Internet 100 % fibra óptica de WIN conectarse en cualquier dispositivo para acceder a su programación de televisión. No se necesitan cables adicionales ni decodificadores, lo que proporciona comodidad y flexibilidad en la visualización de contenidos.
- **Contenido Nacional e Internacional:** WINTV ofrece una amplia gama de contenido televisivo que incluye programación tanto nacional como internacional. Los usuarios pueden disfrutar de una variedad de canales y programas.
- **Funcionalidades Avanzadas:** Este servicio de televisión digital permite a los usuarios grabar sus programas favoritos por hasta 5 horas y retroceder hasta 7 horas en la programación, lo que brinda control sobre lo que se ve y la posibilidad de no perderse ningún contenido importante.

WINTV es el servicio de televisión digital de WIN en Perú que ofrece a los usuarios acceso en múltiples dispositivos, contenido diverso y funcionalidades avanzadas como la grabación y el retroceso en la programación. Esto hace que la experiencia de ver televisión sea más versátil y conveniente para los clientes de WIN (Wi-Net Telecom S.A.C., 2023).

**Telefonía:** el servicio de telefonía digital de WIN en Perú ofrece a los usuarios una solución de comunicación confiable y avanzada. Algunas de las características clave de este servicio incluyen:

- **Llamadas Nacionales e Internacionales:** los clientes de WIN pueden realizar llamadas tanto a nivel nacional como internacional. Esto

brinda la posibilidad de mantenerse conectado con amigos y familiares en todo el mundo.

- **Calidad de Voz:** el servicio de telefonía digital de WIN se destaca por la calidad de voz nítida y confiable, lo que garantiza una experiencia de llamadas satisfactoria.
- **Planes y Tarifas Flexibles:** WIN ofrece una variedad de planes y tarifas para adaptarse a las necesidades de los usuarios. Los clientes pueden seleccionar el plan que mejor se ajuste a su uso telefónico y presupuesto.
- **Funcionalidades Avanzadas:** el servicio de telefonía digital de WIN puede incluir funcionalidades avanzadas como identificador de llamadas, desvío de llamadas y buzón de voz.
- **Compatibilidad con Equipos Actuales:** los usuarios pueden utilizar sus dispositivos de telefonía actuales, lo como teléfonos fijos, con el servicio de telefonía digital de WIN.

WIN en Perú ofrece un servicio de telefonía digital que brinda a los clientes la posibilidad de realizar llamadas nacionales e internacionales con calidad de voz superior, tarifas flexibles y funcionalidades avanzadas para una comunicación efectiva y satisfactoria (Wi-Net Telecom S.A.C., 2023).

**Internet:** El servicio de Internet de la empresa WIN en Perú se caracteriza por su enfoque en la fibra óptica y la alta velocidad. A continuación, se describen sus principales características:

- **Fibra Óptica 100 %:** WIN proporciona conexiones de Internet para el hogar utilizando tecnología de fibra óptica al 100%. Esto asegura una conexión confiable y de alta velocidad que es esencial para satisfacer las demandas de conectividad en la era digital.
- **Altas velocidades:** WIN ofrece una amplia variedad de velocidades de conexión a Internet para adaptarse a las necesidades de los clientes.

Los planes pueden incluir velocidades desde 150 Mbps, lo que permite la transmisión de contenido en línea, juegos en línea y otras actividades de alto ancho de banda sin problemas.

- **Amplia Cobertura:** El servicio de Internet de WIN está disponible en múltiples regiones de Perú, lo que lo hace accesible para una amplia base de usuarios.
- **Conexión Inalámbrica:** Además de la conectividad por cable, WIN también ofrece Internet inalámbrico para el hogar, lo que brinda flexibilidad a los clientes para conectarse de manera inalámbrica en sus hogares.
- **Atención al Cliente:** WIN se enfoca en brindar un servicio de atención al cliente de alta calidad para garantizar que los usuarios tengan soporte y asistencia cuando la necesiten.

En resumen, el servicio de Internet de WIN en Perú se destaca por su uso de fibra óptica al 100 %, velocidades rápidas y una amplia cobertura geográfica. Está diseñado para satisfacer las necesidades de conectividad de los usuarios en un entorno digital en constante evolución (Wi-Net Telecom S.A.C., 2023).

#### **1.1.4 Análisis del sector telecomunicaciones**

El distrito de Villa El Salvador, ubicado en la provincia de Lima, Perú, es un área que ha experimentado un rápido crecimiento poblacional y un aumento en la demanda de servicios de telecomunicaciones. Con el objetivo de satisfacer esta demanda y proporcionar servicios de alta velocidad, se ha planteado la necesidad de diseñar una red FTTH (Fiber to the Home) basada en el estándar GPON (Gigabit Passive Optical Network) en el año 2023.

El diseño de una red FTTH en Villa El Salvador se presenta como una solución óptima para garantizar una conectividad de alta velocidad y

confiable para los residentes y las empresas del distrito. La elección del estándar GPON es estratégica debido a su capacidad para brindar un ancho de banda significativo, lo que es esencial en un entorno de rápido crecimiento y demanda de servicios digitales.

Según la fuente proporcionada por el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) del Perú, el país experimenta un notable crecimiento en conexiones de acceso con fibra óptica a nivel global. En concreto, Perú se ubica como el segundo país con la mayor tasa de crecimiento en este tipo de conexiones a nivel mundial. El aumento en la adopción de conexiones de fibra óptica es un indicativo de la creciente demanda de servicios de alta velocidad y confiabilidad en el sector de las telecomunicaciones en el país. Estas conexiones de fibra óptica ofrecen un ancho de banda significativamente mayor en comparación con otras tecnologías, lo que las hace ideales para soportar las necesidades de conectividad de hogares y empresas. Este logro es un reflejo de los esfuerzos realizados en Perú para mejorar la infraestructura de telecomunicaciones y proporcionar a los ciudadanos acceso a servicios digitales de calidad. Además, el crecimiento de la fibra óptica es esencial para impulsar la transformación digital en el país, respaldando la educación en línea, el trabajo remoto, el acceso a servicios de salud digital y otros aspectos de la vida moderna (OSIPTEL, 2023a).

Este posicionamiento de Perú como líder en crecimiento de conexiones de acceso con fibra óptica subraya la importancia de las inversiones continuas en infraestructura de telecomunicaciones y el compromiso con la mejora de la conectividad en todo el país (OSIPTEL, 2023a).

## **1.2 Delimitación del trabajo**

### **1.2.1 Delimitación temporal**

El proyecto se ejecutó durante tres meses (octubre 2022 - enero 2023).

### **1.2.2 Delimitación espacial del trabajo:**

Se realizó en el distrito de Villa el Salvador, sector 10, entre las avenidas 200 millas y Mariano Pastor Sevilla con Avenida Universitaria y Revolución.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar una red FTTH utilizando tecnología GPON en zonas residenciales de Villa el Salvador.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diseñar la red FTTH usando GPON específicamente en la zona residencial sector 10 en el distrito de Villa el Salvador.
- Realizar pruebas de conectividad y de potencias óptimas para validar la red FTTH.
- Medir las mejoras en la velocidad que traerá a los vecinos del sector 10 al utilizar la red FTTH desplegada por la empresa WI NET TELECOM S.A.C.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

Para fortalecer y profundizar el trabajo actual, hemos considerado los siguientes temas de tesis y propuestas de diseño.

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

El estudio de Rodríguez (2022) se centró en diseñar una red FTTH GPON para mejorar la conectividad en el barrio La Luz de Quito. Utilizaron una metodología que incluyó la identificación de la topología de la red, evaluación de la demanda de ancho de banda, análisis de la infraestructura existente y selección de tecnologías GPON adecuadas. Los resultados demostraron una cobertura efectiva y acceso confiable a servicios de alta velocidad. Además, se observó una mejora en la calidad de la conexión, beneficiando a residentes y empresas. La conclusión principal es que la implementación de una red FTTH GPON en entornos urbanos puede ser exitosa y satisfacer las crecientes demandas de conectividad. Esto respalda la relevancia de un proyecto similar en el distrito de Villa El Salvador en 2023, utilizando el estudio de Rodríguez (2022) como referencia valiosa en la planificación y diseño de la red FTTH en dicho distrito (Rodríguez, 2022).

Un estudio titulado "Diseño y despliegue de una red FTTH en Xirivella" de Colubi (2023), abordó el desafío de implementar una red FTTH en un entorno urbano similar al distrito de Villa El Salvador. El objetivo principal del estudio fue desarrollar una estrategia de diseño de red FTTH que optimizara la cobertura y el rendimiento de la red en Xirivella. Para lograr este objetivo, los autores emplearon una metodología que incluyó la identificación de la topología de la red, la evaluación de la demanda de ancho de banda, el análisis de la infraestructura existente y la selección de tecnologías GPON

adecuadas. Los resultados obtenidos indicaron que el diseño de la red FTTH en Xirivella logró una cobertura eficaz y un acceso confiable a servicios de alta velocidad, beneficiando tanto a los residentes como a las empresas. Se evidenció una mejora en la calidad de la conexión y un aumento en la satisfacción de los usuarios. La conclusión clave del estudio fue que la implementación exitosa de una red FTTH en un entorno urbano puede mejorar significativamente la conectividad y satisfacer las crecientes demandas de banda ancha, lo que respalda la relevancia de abordar un proyecto similar en el distrito de Villa El Salvador en 2023. Este antecedente proporciona una base sólida para el estudio propuesto en Villa El Salvador y puede servir como un referente relevante en la planificación y diseño de la red FTTH en este distrito (Colubi, 2023).

El trabajo de investigación de Blanco (2021) titulado "diseño e implementación de una red FTTH bajo la tecnología GPON adaptada a la red de fibra óptica existente de MDS TELECOM", propuso diseñar una red FTTH eficiente para satisfacer las crecientes demandas de conectividad. El objetivo del estudio fue desarrollar un plan de diseño y despliegue de una red FTTH para dar un servicio de internet residencial que optimizara la cobertura, la velocidad y la calidad del servicio en esta área. La metodología incluyó un análisis exhaustivo de la infraestructura de fibra óptica existente, la evaluación de la demanda de ancho de banda en la zona y la selección de tecnologías GPON adecuadas para la implementación. Los resultados revelaron que la implementación de la red FTTH basada en GPON logró una cobertura efectiva y un acceso confiable a servicios de alta velocidad. La conclusión fundamental del estudio fue que el diseño de una red FTTH basada en GPON era una solución viable y efectiva para mejorar la conectividad en la zona, lo que respalda la importancia de abordar un proyecto similar en 2023 para el beneficio de la comunidad y el desarrollo de la región (Blanco, 2021).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

El estudio de Hurtado (2022) tiene como objetivo la implementación de una red FTTH con tecnología GPON en Yanahuanca, con el fin de mejorar el acceso a servicios de alta velocidad. El proceso incluye la planificación y diseño de la red, el relevamiento geoespacial, la instalación de la infraestructura de fibra óptica y pruebas de funcionamiento. Después de la implementación, se observó un notorio aumento en la velocidad de conexión en los hogares, así como una mejora en la calidad de los servicios de telecomunicaciones. Esto ha impulsado el uso de aplicaciones y servicios en línea. En resumen, el despliegue de una red FTTH con tecnología GPON en Yanahuanca ha demostrado ser una solución eficaz para mejorar el acceso a servicios de alta velocidad y sienta las bases para futuras expansiones de redes de fibra óptica en zonas rurales, contribuyendo al desarrollo tecnológico y la calidad de vida de la población en lugares geográficamente desafiantes como Yanahuanca (Hurtado, 2022).

Pomatanta (20021) en su estudio titulado "Diseño de una red de acceso FTTH basada en el estándar GPON para el distrito de Pueblo Libre", se propuso investigar la implementación exitosa de una red FTTH en un entorno urbano similar al distrito de Villa El Salvador. El objetivo del estudio fue evaluar la eficacia del diseño e implementación de una red FTTH basada en GPON en Pueblo Libre y su capacidad para satisfacer las crecientes demandas de conectividad de alta velocidad. La metodología consistió en un análisis detallado de la topografía, la densidad de población y las necesidades de conectividad en Pueblo Libre, seguido de un diseño de red y despliegue utilizando tecnología GPON. Los resultados demostraron que la red FTTH implementada en Pueblo Libre logró proporcionar conexiones de alta velocidad y una cobertura eficaz, lo que mejoró la calidad de vida de los residentes y fomentó el desarrollo económico en la zona. Como conclusión, el estudio respalda la viabilidad y la eficacia de implementar una

red FTTH basada en GPON en entornos urbanos similares, lo que sugiere que el diseño de una red FTTH para el distrito de Villa El Salvador en 2023 podría tener un impacto positivo en la conectividad y el desarrollo local (Pomatanta, 2021).

Un trabajo titulado "Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino" de Pachas (2018), investigó la viabilidad y efectividad de implementar una red FTTH utilizando el sistema de alcantarillado como infraestructura en un entorno urbano similar al distrito de Villa El Salvador. El objetivo del estudio fue evaluar la factibilidad técnica y económica de esta estrategia para llevar conectividad de alta velocidad a los residentes. La metodología incluyó un análisis detallado de la infraestructura de alcantarillado, pruebas piloto de despliegue de fibra óptica y evaluación de costos. Los resultados mostraron que el despliegue de fibra óptica a través del sistema de alcantarillado era técnicamente viable y ofrecía una opción de bajo costo para expandir la conectividad de alta velocidad. Esto podría tener implicaciones positivas para el diseño de una red FTTH en el distrito de Villa El Salvador en 2023, lo que podría resultar en una conectividad eficiente y asequible para la comunidad (Pachas, 2018).

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1 Fibra óptica**

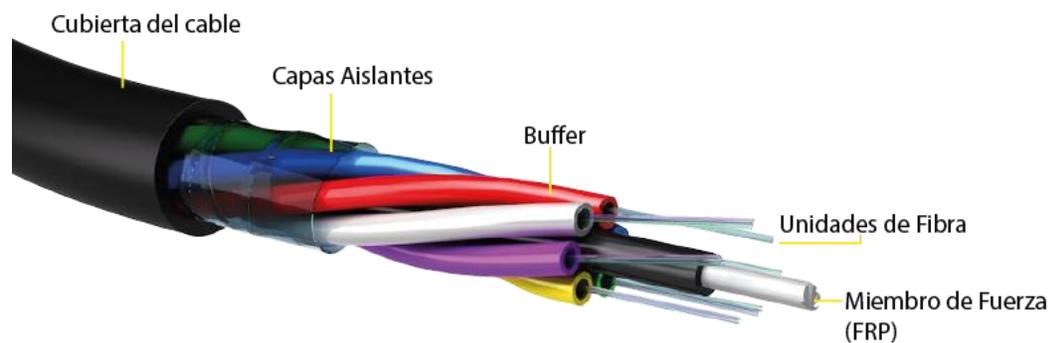
Es un medio de transmisión utilizado en las telecomunicaciones, especialmente en la conexión a Internet. En comparación con los cables tradicionales, los cuales son de cobre, que transmiten pulsos eléctricos, la fibra óptica transmite señales de luz a través de hilos de vidrio o plástico transparente, que son extremadamente delgados, a menudo comparables al

grosor de un cabello humano. Esta transmisión de señales luminosas se realiza mediante láser o LED (Revista ConTexto Universitario, 2020).

Un cable de fibra óptica está compuesto por una cubierta exterior, capas aislantes, buffer, unidades de fibra y un miembro de fuerza como se puede apreciar en la Figura 1.

### Figura 1

#### *Composición de la fibra óptica*

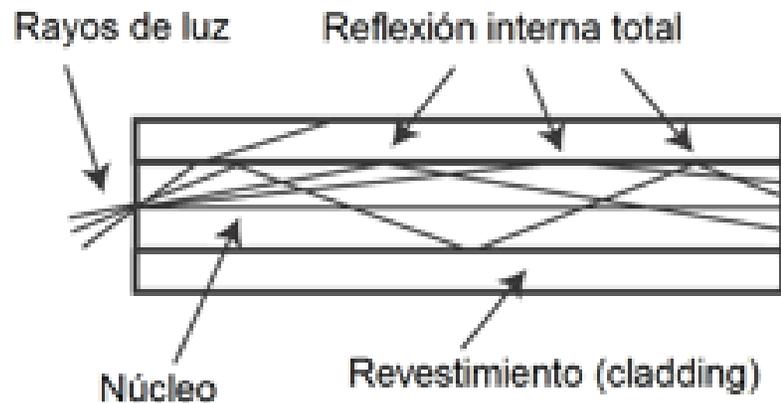


*Nota.* Tomado de WDC NETWORKS, 2022.

La fibra óptica se destaca por su resistencia a las interferencias electromagnéticas, superando a los cables de cobre en calidad de señal y eficiencia de transmisión a larga distancia. Su funcionamiento se basa en procesos físicos como la refracción y la reflexión de la luz. El fenómeno de reflexión de la luz en los hilos de fibra óptica se puede apreciar en la Figura 2 (Revista ConTexto Universitario, 2020).

## Figura 2

### *Reflexión interna de luz en la fibra óptica*

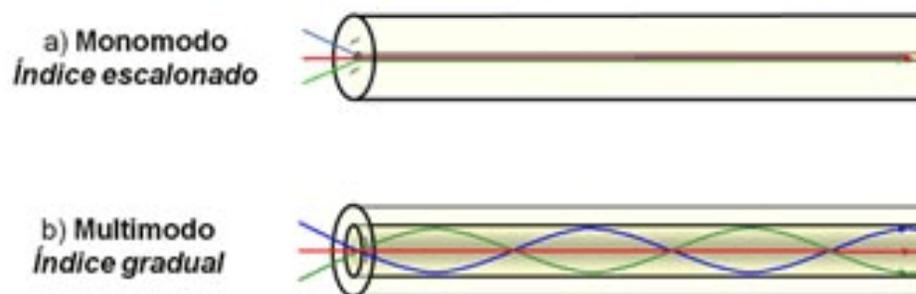


*Nota.* Tomado de The Fiber Optic Association, 2021.

Existen dos tipos de fibras ópticas: monomodo y multimodo como se observa en la Figura 3. La monomodo transmite un solo haz de luz y se utiliza para distancias largas, pudiendo alcanzar hasta 400 kilómetros sin repetidores. La fibra multimodo permite la transmisión de varias señales de luz en un mismo cable y se utiliza para distancias más cortas, siendo más económica y fácil de instalar.

## Figura 3

### *Estructura de fibra óptica monomodo y multimodo*



*Nota.* Tomado de Grupo COFITEL, 2014; DINTEK, 2023.

### **2.2.2 Topologías de la red**

Las topologías de red se refieren a la disposición de los elementos en una red de comunicaciones, incluyendo sus nodos (dispositivos) y las conexiones utilizadas para asegurar la recepción y transmisión de datos de manera segura y eficiente. Estas topologías se dividen en dos niveles: físico y lógico (Tokio School, n.d.).

**Topología de Red Física:** esta se centra en la forma en que se comunican los medios físicos utilizando antenas y cables. Representa la ubicación física de los equipos de la red, donde los conectores indican los cables físicos y los nodos son los dispositivos físicos. Esta disposición física es crucial para evitar interrupciones innecesarias y garantizar una transmisión de datos efectiva y segura (Tokio School, n.d.).

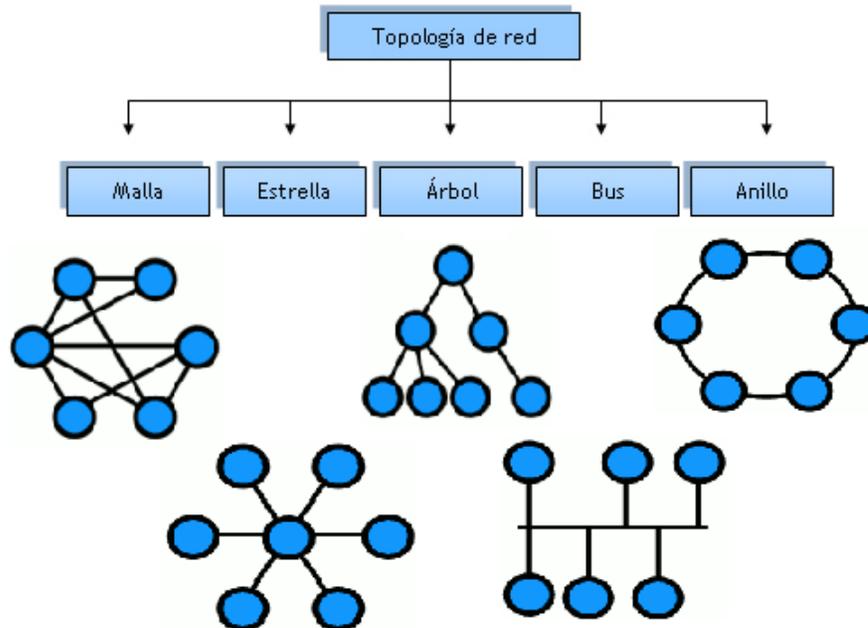
**Topología de Red Lógica:** en este nivel, se describe cómo fluyen los datos y cómo la red transfiere paquetes de datos de un nodo a otro. Se enfoca en la estructura lógica de la red y considera la interconexión de las subredes. La topología lógica es esencial para que la red funcione de manera coherente y eficiente (Tokio School, n.d.).

En última instancia, una red debe estar bien estructurada para garantizar que todos los componentes, como computadoras, impresoras, servidores, hubs, switches, televisores y cámaras de seguridad, se adapten adecuadamente y cumplan con los requisitos para un funcionamiento correcto y seguro. La elección de la topología adecuada puede influir en la capacidad de la red para evitar interrupciones y maximizar el flujo de información. Existen diferentes topologías de red las cuales se muestran en la Figura 4, algunas más eficientes que otras. Esto se mencionará a continuación:

- Topología de Bus: En esta configuración, los dispositivos se comunican a un canal único de forma directa. Los datos fluyen a lo largo del cable a su destino. Es fácil de instalar y permite agregar o quitar dispositivos con facilidad. Sin embargo, puede sufrir dificultades debidas a la congestión, colisiones y bloqueos. Si hay una interferencia en el canal, todos los dispositivos quedan sin conexión.
- Topología de Anillo: Los nodos se organizan en un patrón circular, donde cada nodo se conecta a los dos contiguos. Los datos se transmiten en un anillo, pasando de nodo en nodo hasta llegar al destinatario. Ofrece un buen rendimiento, su instalación es sencilla, pero los nodos no pueden enviar mensajes simultáneamente. La desconexión de un dispositivo afecta a toda la red.
- Topología de Estrella: En esta configuración los dispositivos se comunican a un punto central (hub) que gestiona la conexión. Permite una comunicación eficiente entre estaciones, pero si el nodo central falla, la red queda expuesta a desconexiones.
- Topología de Árbol: Tiene un punto de enlace troncal desde el cual se ramifican otros nodos. Ofrece ventajas como la redundancia y la escalabilidad, siendo adecuada para redes grandes.
- Topología de Malla: Todos los dispositivos están interconectados, lo que garantiza rutas alternativas en caso de fallas. Sin embargo, se requiere un gran número de conexiones.
- Topología Híbrida: Combina diferentes topologías según las necesidades de la instalación, priorizando seguridad y velocidad.
- Topología Mixta: Mezcla múltiples topologías y se adapta a necesidades físicas y requisitos de interconexión.
- Topología Totalmente Conexa: Cada par de nodos tiene un enlace directo, lo que proporciona alta confiabilidad, pero es costosa y se utiliza en aplicaciones militares (Tokio School, n.d.).

**Figura 4**

*Tipos de topologías de red*



*Nota.* Tomado de Barragán, 2012.

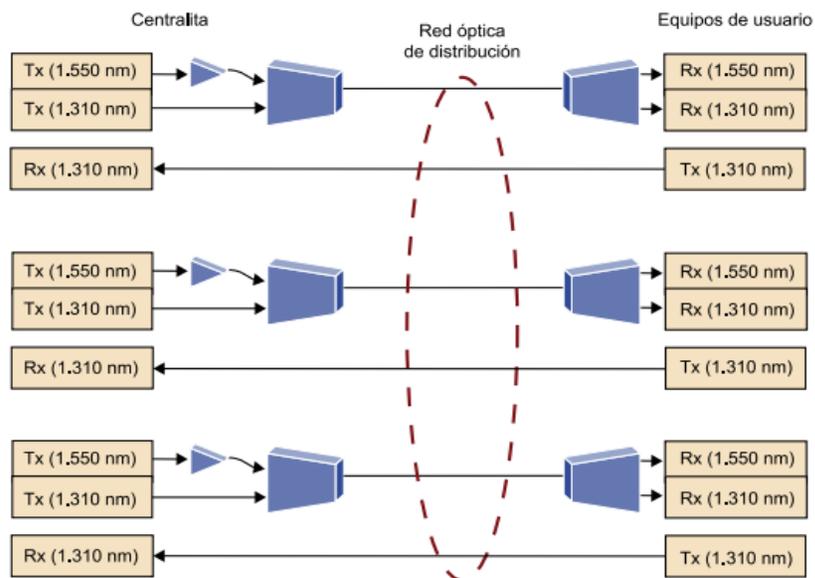
En el caso de las redes de fibra para el hogar (FTTH) existen 2 tipos de topologías de red:

- Topología punto a punto: Las redes ópticas de acceso punto a punto se utilizan para extender los enlaces de larga distancia. En esta configuración, una sola fibra se usa para la comunicación descendente desde la centralita a los usuarios, y otra fibra se utiliza para la comunicación ascendente desde los usuarios hacia la centralita. Cada abonado tiene su propio transmisor y receptor dedicados en la centralita, lo que significa que no se comparte ancho de banda entre diferentes usuarios. Esto proporciona una velocidad de bits de 2.488,32 Mb/s en un sistema típico STM-16/0C-48. Estas redes punto a punto no emplean la multiplexación por división de

longitud de onda, por lo que solo se sirve un canal por fibra. Se utilizan dos longitudes de onda distintas: 1.310 nm para voz y datos digitales, y 1.550 nm para vídeo analógico, como la distribución de televisión por cable. Es importante destacar que el enlace de 1.550 nm es unidireccional, mientras que el de 1.310 nm tiene su fibra de vuelta hacia la centralita. En cuanto a los componentes, se utilizan láseres de modulación directa como transmisores y foto detección directa en la recepción. Estas redes no incluyen amplificación óptica en la planta de distribución, lo que limita la distancia de cada enlace óptico a aproximadamente 100 km. Dado que las redes de acceso típicas tienen distancias máximas de hasta 20 km, usar arquitecturas punto a punto para estas aplicaciones puede resultar costoso, y por eso, las arquitecturas de conexión punto a multipunto son más comunes y eficientes. Un ejemplo de este tipo de topología se puede apreciar en la Figura 5 (Fàbrega & Graells, 2013).

**Figura 5**

*Ejemplo de topología de red punto a punto*

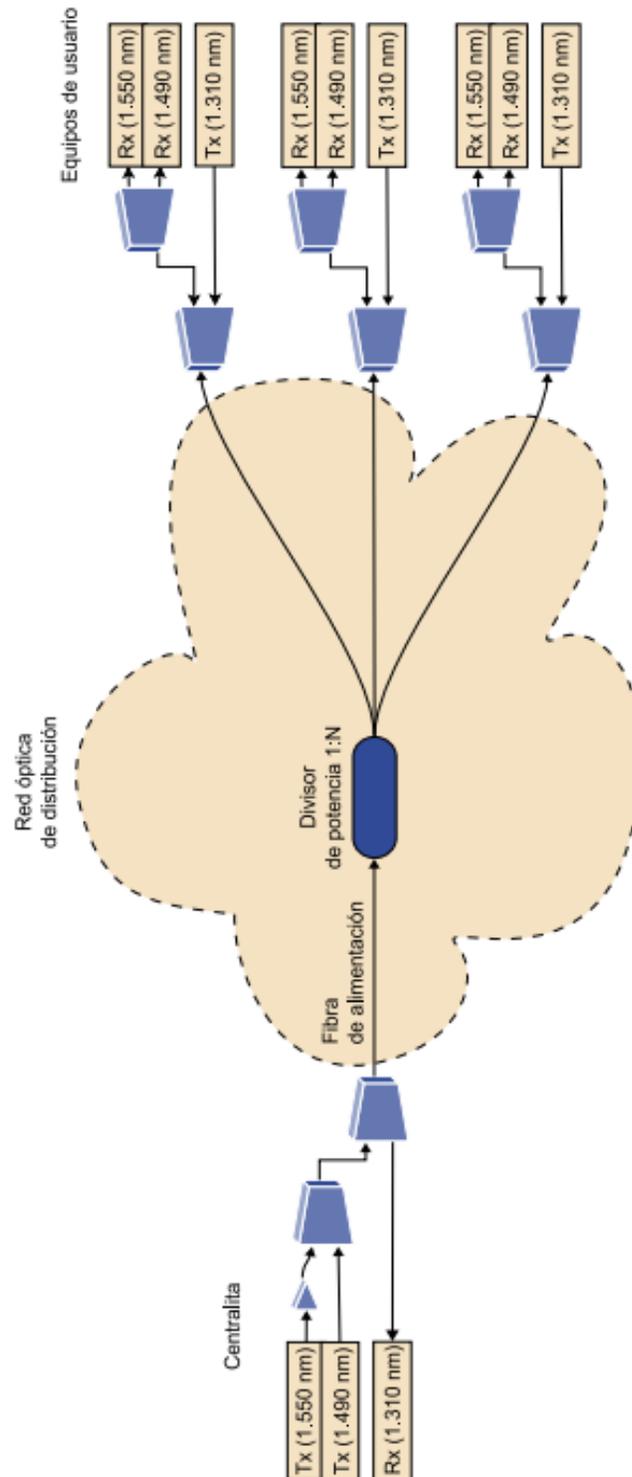


*Nota.* Tomado de Fàbrega & Graells, 2013.

- Topología punto a multipunto: La arquitectura de red punto a multipunto surge como una alternativa a las redes punto a punto. En esta configuración, una centralita se conecta a múltiples usuarios a través de un árbol de fibra, donde cada rama representa un usuario. La red de distribución óptica incluye una fibra de alimentación, una etapa de distribución y fibras que se conectan a los usuarios finales. A diferencia de las redes punto a punto, en las que cada usuario tiene su propio enlace, en las redes punto a multipunto, los clientes comparten el acceso a la centralita mediante multiplexación en el dominio temporal, lo que reduce el ancho de banda efectivo por usuario a medida que se agregan más usuarios. Las normas más populares para estas redes son EPON (Ethernet Passive Optical Network) respaldada por IEEE Ethernet, y GPON (Gigabit Passive Optical Network) respaldada por el ITU. La diferencia principal entre estas normas radica en su arquitectura de protocolo. GPON utiliza ATM para voz, Ethernet para datos y una encapsulación propietaria para otros servicios, mientras que EPON utiliza IP para transmitir datos, voz y vídeo. En ambas normas, se emplean transmisores y receptores de modulación de intensidad y detección directa. Las velocidades de transmisión no son muy altas, por lo que se utilizan láseres de modulación directa de bajo costo. La recepción implica un filtro óptico seguido de foto detección directa, sin preamplificadores ópticos. Estas redes son eficientes para compartir servicios en una arquitectura punto a multipunto. Un ejemplo de red punto a multipunto se puede ver en la Figura 6 (Fàbrega & Graells, 2013).

**Figura 6**

*Ejemplo de topología de red punto a multipunto*



*Nota.* Tomado de Fàbrega & Graells, 2013.

### 2.2.3 Tecnologías FTTx

El avance de la fibra óptica monomodo ha revolucionado la implementación de redes ópticas punto a punto debido a su impresionante capacidad de transmisión de datos. La sustitución de los tradicionales cables de cobre por fibra óptica representa una oportunidad para elevar considerablemente la calidad de servicio (QoS) sin un aumento sustancial en los costos, lo que permite que este tipo de servicio sea accesible para un número cada vez mayor de usuarios.

En el contexto de estas redes, se utiliza ampliamente el término "FTTx," que se desglosa como "Fiber-to-the-x," donde la variable "x" representa diferentes destinos específicos:

- FTTN (Fibra hasta el nodo): En esta configuración, el tramo de fibra óptica finaliza en un nodo ubicado en la calle a una distancia de entre 1,5 y 3 kilómetros del usuario. Este nodo actúa como punto de acceso.
- FTTC (Fibra hasta la cabina): En el caso de FTTC, la fibra llega hasta la acera y, en particular, a una cabina que se encuentra más cercana al usuario, generalmente a una distancia de entre 300 y 600 metros. Esto permite una conectividad más cercana al usuario final.
- FTTB (Fibra hasta el edificio): Aquí, el proveedor de servicios extiende la fibra óptica hasta el cuarto de distribución dentro del edificio. A partir de este punto, la conectividad con el usuario se logra típicamente utilizando pares de cobre, lo que se traduce en una infraestructura híbrida.
- FTTH (Fibra hasta el hogar): En la configuración FTTH, la fibra óptica llega directamente al interior de la vivienda o a la fachada del hogar del usuario, brindando la conectividad más cercana y de mayor velocidad.

Estos enfoques de despliegue de fibra óptica permiten adaptar la red a las necesidades específicas de la ubicación y el acceso del usuario, mejorando

la eficiencia y la calidad del servicio en diferentes escenarios. La expansión de estas tecnologías está impulsando una revolución en las comunicaciones de datos y la conectividad de banda ancha (Ramos, 2019).

#### **2.2.4 Tecnologías xPON**

- EPON (Ethernet Passive Optical Network) es una tecnología de red de acceso óptico que utiliza Ethernet como protocolo de transmisión. Permite utilizar divisores pasivos para compartir ancho de banda a través de fibra óptica y lograr velocidades de hasta 1 Gbps en la transferencia de datos.
- GPON (Gigabit Passive Optical Network) es otra tecnología de red de acceso por fibra óptica que utiliza divisores pasivos y fibra óptica para servicios de telecomunicaciones. Emplea el protocolo GEM (Optical Packet Encapsulation) para transmitir datos, voz y vídeo, ofreciendo velocidades de hasta 2,5 Gbps de bajada y 1,25 Gbps de subida.
- XGPON es una tecnología más avanzada que proporciona velocidades aún más altas, alcanzando hasta 10 Gbps de bajada y 2,5 Gbps de subida. Esta tecnología es ideal para aplicaciones que requieren una mayor capacidad de transmisión, como servicios de video de alta definición y aplicaciones en la nube (Multiplay Telecomunicaciones, 2022).

#### **2.2.5 Red de acceso de fibra óptica FTTH**

La red de acceso FTTH, que se basa en la tecnología de la Red Óptica Pasiva (PON), es una infraestructura de comunicación que se emplea para conectar múltiples ubicaciones a través de una sola fibra óptica sin requerir dispositivos activos de amplificación. Esta red permite que una única fibra óptica sirva para enlazar de 32 a 128 ubicaciones diferentes, creando una topología punto a multipunto. El principal beneficio de la red FTTH radica en

su capacidad para utilizar la fibra óptica monomodo, conocida por su baja atenuación y alto ancho de banda, lo que permite ofrecer un considerable aumento en la capacidad de transmisión de datos en comparación con las tecnologías de banda ancha convencionales. Esto se traduce en un servicio de mayor calidad y un acceso más rápido a Internet para los usuarios. En resumen, la red FTTH basada en PON aprovecha la eficiencia de la fibra óptica monomodo y la arquitectura de divisores ópticos sin alimentación para proporcionar un ancho de banda significativamente mayor en comparación con las tecnologías de banda ancha tradicionales, mejorando así la calidad y la velocidad de conexión a Internet (FS Community, 2021).

Estos componentes son fundamentales en la implementación de redes FTTH y aseguran la conectividad de alta velocidad y confiabilidad para los clientes:

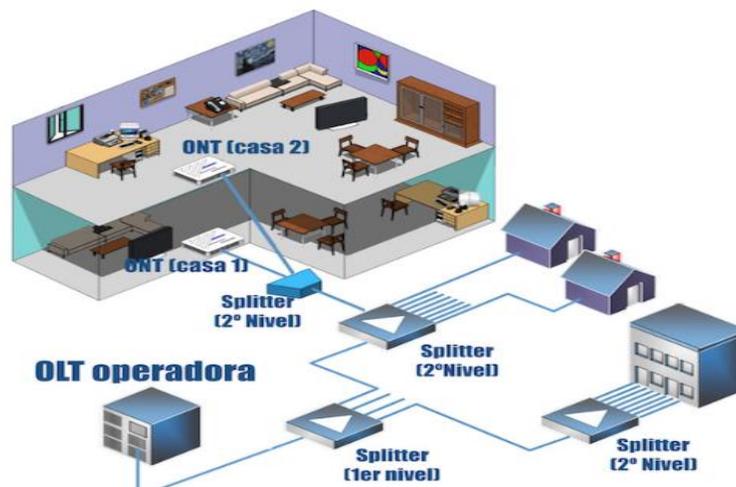
- OLT (Terminal de Línea Óptica): La OLT es el núcleo de la red y se ubica en la oficina central. Sus funciones principales incluyen la gestión del tráfico, control de búfer y asignación de ancho de banda. Una OLT típica tiene tarjetas de línea para la conexión a Internet entrante, tarjetas de sistema para configuración y varias tarjetas GPON que proporcionan puertos para los usuarios. Estas tarjetas GPON son esenciales para la conexión de los clientes a la red.
- Divisor Óptico: divide la potencia de la señal en la red FTTH. Cada enlace de fibra que ingresa al divisor óptico se divide en múltiples fibras en la salida. Esto permite que varios usuarios compartan una única fibra. Los divisores ópticos pasivos son ideales debido a su amplio rango de longitud de onda de operación, baja pérdida y alta fiabilidad. También cumplen una función crucial en la protección y supervivencia de la red.
- ONT (Terminal de Red Óptica): La ONT se encuentra en las instalaciones de los clientes y está conectada a la OLT a través de fibra óptica. La ONT actúa como la interfaz física entre las instalaciones del cliente y la OLT en la oficina central. No contiene

elementos activos en el enlace y es esencial para la conexión de los usuarios a la red FTTH (FS Community, 2021).

En la siguiente Figura 7 se muestra los componentes de una red clásica de tipo FTTH y como se interconectan entre ellos.

**Figura 7**

*Partes de una red FTTH*



*Nota.* Tomado de Josan, 2017.

### 2.2.6 Sistemas Pasivos

Los sistemas pasivos se caracterizan por su independencia de fuentes de energía externas, lo que los distingue de los sistemas activos que demandan alimentación eléctrica continua. Estos sistemas, al eliminar la necesidad de equipos activos y al compartir enlaces de transmisión, ofrecen una reducción significativa en los costos operativos y de mantenimiento. Un elemento crucial en esta infraestructura es el divisor óptico, que desempeña un papel fundamental en la distribución de la conexión FTTH (Fiber To The Home) al usuario final. Estos sistemas son esenciales en la implementación de redes de fibra óptica, ya que eliminan la necesidad de dispositivos activos que

requieren energía eléctrica para funcionar, como amplificadores o repetidores. En cambio, se basan en componentes ópticos pasivos, como los divisores ópticos, que permiten dividir y distribuir la señal de manera eficiente sin necesidad de alimentación externa. El enlace de transmisión, que constituye la columna vertebral de la red de fibra óptica, transporta datos y señales desde el punto central de la red hasta los lugares de destino, como los hogares de los usuarios. En este punto, el divisor óptico desempeña un papel crucial al permitir la entrega de la conexión FTTH (Fiber To The Home) al usuario final. Este componente divide la señal óptica en múltiples trayectos, lo que posibilita la conexión individual de cada usuario a la red sin afectar la calidad ni la velocidad de la conexión (Romaní, 2019).

### **2.2.7 Tipos de fibra óptica y conectores**

Un conector es un componente cuya función principal consiste en establecer una conexión o unión entre los extremos de los cables de fibra óptica para facilitar su enlace y desenlace de manera sencilla. Su propósito es asegurar una conexión mecánica precisa entre los núcleos de las fibras para permitir el paso de la luz. Cuando se unen los dos conectores, se logra una interfaz completa. Es crucial que un conector apropiado garantice que no haya ningún espacio de aire entre los dos puntos de conexión. Estos conectores están disponibles en una variedad de formas y tamaños, y se diferencian por sus métodos de acoplamiento, como el sistema de empuje/tirar, y por el tamaño de la contera que utilizan (Mirano, 2019).

- Conector ST: también conocido como "Straight Tip" o "Punta Recta", fue inicialmente concebido por AT&T (American Telephone and Telegraph). Este tipo de conector emplea una contera de 2,5 mm y se caracteriza por tener un cuerpo redondo fabricado tanto en plástico como en metal. Lo que distingue al conector ST es su diseño que incluye un puerto y un conector que se aseguran en su posición

mediante un giro parcial, utilizando un mecanismo similar al sistema de bayoneta. El conector ST es particularmente popular en el ámbito de las redes de fibra óptica multimodo.

- Conector SC: también conocido como "Square Connector" o "Conector Cuadrado", fue desarrollado en Japón y presenta una contera de 2,5 mm destinada a albergar una sola fibra óptica. Su método de conexión se basa en el sistema de empuje/jale. El cuerpo del conector es cuadrado y consta de dos conectores que están unidos mediante un sujetador plástico, permitiendo así la conexión dúplex. La empresa original que diseñó este conector SC fue NTT, una destacada compañía de telecomunicaciones japonesa. Este tipo de conector se utiliza de manera extendida en sistemas de fibra óptica de modo único.
- Conector LC: también conocido como "Little Connector" o "Conector Pequeño", utiliza un mecanismo de conexión basado en un sistema de jale/empuje y presenta un cuerpo cuadrado. Este conector fue desarrollado por Lucent Technologies y es ampliamente reconocido por su tamaño compacto. La configuración del conector LC consta de dos conectores que se unen mediante un sujetador plástico, permitiendo así la conexión dúplex. La contera de este conector es especialmente pequeña, con un diámetro de 1,25 mm, diseñada para satisfacer los requisitos de espacios reducidos. El conector LC ofrece un rendimiento sólido y es altamente recomendado para conexiones de modo único en sistemas de fibra óptica (Mirano, 2019).

## **2.2.8 Ventajas e inconvenientes de las redes PON**

### **Ventajas de las redes PON**

Las redes PON ofrecen numerosas ventajas que las hacen atractivas para ISP y operadores de diferentes tamaños, además de su notable velocidad.

Entre estas ventajas, se destacan:

- **Eficiencia energética sobresaliente:** La principal fortaleza de las redes PON radica en su consumo nulo de energía para el acceso a la red. Solo se requiere energía para la fuente de señal y el receptor. Esta característica reduce la cantidad de componentes eléctricos en el sistema, lo que a su vez disminuye los requisitos de mantenimiento y minimiza el riesgo de fallas en los equipos eléctricos.
- **Amplio ancho de banda:** Las redes PON son capaces de soportar velocidades de tráfico de hasta 100 Gb/s, una hazaña tecnológica que solo unas pocas tecnologías pueden igualar. Por ejemplo, el GPON comercialmente más ampliamente disponible ofrece velocidades de 2,5 Gbps, y el XGSPON alcanza los 10 Gbps.
- **Infraestructura sencilla:** La arquitectura pasiva de las redes PON elimina la necesidad de armarios de cableado, sistemas de refrigeración y componentes electrónicos adicionales. A medida que la tecnología evoluciona, solo es necesario actualizar o reemplazar los dispositivos finales, como el OLT y el ONT/ONU, mientras que la infraestructura de fibra óptica y divisores permanece sin cambios (WDC NETWORKS, 2021).

### **Inconvenientes de las redes PON**

Aunque las redes PON ofrecen notables ventajas, también presentan algunas desventajas que deben tenerse en cuenta:

- **Limitación de alcance:** En comparación con las redes activas, las redes PON tienen un alcance máximo de aproximadamente 40 km, mientras que las redes activas pueden alcanzar hasta 100 km. Esta restricción puede dificultar la solución de problemas de los usuarios de forma remota, ya que las herramientas de prueba pueden verse limitadas por esta distancia.
- **Seguridad:** La seguridad se convierte en un desafío importante en las redes ópticas pasivas. Dado que múltiples usuarios comparten el

mismo medio físico de transmisión, existe un mayor riesgo de fuga de información. Esto subraya la necesidad de implementar medidas de seguridad adicionales, como el cifrado, para proteger los datos transmitidos.

- Capacidad limitada por puerto OLT: Cada puerto OLT en una red PON puede atender hasta 256 usuarios. Aunque algunas OLT ofrecen procesamiento 100% redundante para aumentar la confiabilidad, es esencial considerar las implicaciones en caso de fallo de la OLT. Si no se toman medidas adecuadas, la pérdida de un OLT podría afectar a todos los clientes conectados a él, lo que destaca la importancia de la redundancia en estos sistemas (WDC NETWORKS, 2021).

### **2.3. Términos básicos**

- Fibra Óptica (FO): Se refiere a la comunicación que utiliza cables hechos de hilos extremadamente delgados de plástico o vidrio. La transmisión de datos por medio de la fibra óptica se basa en la propagación de pulsos de luz a través de estos hilos. La característica principal de la fibra óptica es su alta capacidad de transmisión, velocidad y la capacidad de transmitir datos a distancias muy largas sin degradación significativa de la señal.
- Nodo: Se refiere a un punto de conexión que facilita la transmisión de información entre diferentes dispositivos o sistemas en una red. Este término se utiliza para describir ubicaciones direccionables en una red de comunicaciones que proporcionan servicios de procesamiento de sistema principal. Los nodos pueden ser físicos o virtuales y desempeñan un papel crucial en la facilitación del intercambio de datos a lo largo de rutas de red.
- Caja de terminal óptica (CTO): Es un componente utilizado en redes de fibra óptica para la interconexión de cables de fibra y la distribución de señales ópticas. Suele instalarse en el extremo de la red de acceso y es

el punto de conexión entre la red de distribución de fibra y las redes de acceso del cliente. La CTO protege y alberga empalmes y conectores ópticos, lo que facilita la terminación y distribución de la señal óptica hacia los hogares o negocios.

- Mufa: Se refiere a un componente utilizado en redes de telecomunicaciones, especialmente en redes de fibra óptica. La mufa es un dispositivo de protección y cierre que se utiliza para empalmar o conectar cables de fibra óptica, garantizando la integridad de las conexiones y protegiendo las fibras ópticas de factores ambientales como la humedad y la suciedad.
- Patch panel: Es un dispositivo de red utilizado en centros de datos y salas de servidores para facilitar la conexión y gestión de cables. Un patch panel consta de puertos o conectores en su parte frontal y cables en su parte posterior. Los cables conectados en el patch panel pueden ser cables de red, cables de fibra óptica u otros tipos de cables de datos. La función principal de un patch panel es organizar y distribuir las conexiones de red de manera ordenada y accesible.
- Rack: Es una estructura metálica diseñada para albergar equipos, sistemas, y dispositivos electrónicos utilizados en redes y telecomunicaciones. Este armario proporciona un espacio organizado y seguro para montar diversos componentes como servidores, conmutadores, routers, equipos de almacenamiento entre otros.
- Red FTTH: Una red de acceso de fibra óptica que llega directamente a los hogares de los usuarios, brindando alta velocidad y ancho de banda. "La red FTTH proporciona una conexión de alta velocidad a través de fibra óptica hasta el hogar".
- Estándar GPON (Gigabit Passive Optical Network): Un protocolo de red de fibra óptica que permite la transmisión de datos, voz y video a través de una arquitectura de red pasiva. "GPON es un estándar ampliamente utilizado para la implementación de redes de fibra óptica".

- Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA): Es un contrato formal entre un proveedor de servicios y un cliente que establece los parámetros y estándares que deben cumplirse en la prestación de un servicio. Este acuerdo define aspectos clave como la calidad, disponibilidad, tiempo de respuesta y otros compromisos para garantizar la satisfacción del cliente. En el ámbito de las telecomunicaciones, el SLA es esencial para monitorizar y mantener los niveles de servicio acordados, asegurando una experiencia consistente y confiable para los usuarios.
- HP: Los HP son los hogares que tienen cobertura dentro del plano de una red de telecomunicaciones. Estos hogares pueden obtener el servicio de internet de la red expuesta en el plano.
- Google Earth: se utiliza como una herramienta valiosa para visualizar y graficar redes de comunicaciones, especialmente en el ámbito de las comunicaciones. Permite representar de manera gráfica la cobertura de señales, antenas y ubicaciones estratégicas para la planificación y optimización de redes.
- DWG: Que significa "DraWinG", se refiere a un formato de archivo informático de dibujo computarizado. Este formato es utilizado en su mayoría por el programa AutoCAD, desarrollado por la compañía Autodesk. Los archivos DWG contienen datos de diseño en dos y tres dimensiones, y son ampliamente utilizados en la industria para representar planos y diseños técnicos.
- KMZ (Keyhole Markup Language Zipped): se utiliza para la creación de archivos que contienen información geoespacial. Estos archivos, comprimidos en formato KMZ, son empleados para representar datos de fibra óptica, ubicación de torres de telecomunicaciones, o realizar ruteados.
- Sifón eléctrico: Un sifón en postes eléctricos generalmente se refiere a un sistema de drenaje o desagüe instalado en la parte superior de los postes para evitar la acumulación de agua y garantizar la integridad de la infraestructura eléctrica. Este componente ayuda a prevenir posibles

daños causados por la humedad, protegiendo así los equipos y cables eléctricos contra posibles problemas relacionados con la presencia de agua.

- RRU: Se refiere a "Radio Remote Unit" o "Unidad de Radio Remota" en español. Es un componente clave en las estaciones base de telecomunicaciones móviles. Su función principal es realizar la amplificación y procesamiento de señales de radiofrecuencia de manera remota, cerca de la antena de transmisión.
- dBm: (decibelios mili vatios) es una unidad de medida utilizada para expresar la potencia de una señal en relación con un nivel de referencia de una mili vatio. Es una forma de medir la potencia de señal de manera logarítmica, lo que significa que los cambios en dBm representan proporciones exponenciales de potencia.
- Penetración activa: es una tasa comercial que muestra la cantidad de hogares máximos que se pueden atender en un área determinada.
- Street view: es una herramienta disponible dentro de Google Maps que permite visualizar una ubicación mediante fotografías panorámicas a pie de calle.

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

### **3.1. Determinación y análisis del problema**

En la actualidad, internet se ha vuelto esencial para una amplia gama de actividades, desde la comunicación hasta la búsqueda de información, la lectura de noticias y el intercambio de documentos laborales. Este énfasis en la conectividad destaca la necesidad crítica de contar con una infraestructura de telecomunicaciones robusta que permita el estudio, el trabajo y la investigación de manera eficaz. Sin embargo, es imperativo reconocer que, debido a la geografía diversa de Perú, estas condiciones no están uniformemente disponibles en todo el territorio. La falta de acceso a una infraestructura de calidad en algunas áreas presenta desafíos significativos, destacando la importancia de abordar de manera estratégica estas disparidades para garantizar que todos los ciudadanos, independientemente de su ubicación geográfica, tengan igualdad de oportunidades en la era digital.

El acceso a Internet ha adquirido un papel fundamental en nuestra vida cotidiana, siendo esencial para servicios que nos proporcionan velocidades de conexión elevadas y acceso instantáneo a la información mientras exploramos la red. En las últimas dos décadas, el tráfico global de datos ha experimentado un crecimiento notable, multiplicándose considerablemente. Cada vez que utilizamos dispositivos en línea, la información que recibimos viaja a velocidades extraordinarias, alcanzando hasta 200,000 kilómetros por segundo y recorriendo distancias considerables. Este aumento exponencial en la demanda de conectividad ha generado la necesidad imperante de mejorar y expandir la infraestructura de datos, con el fin de satisfacer las crecientes necesidades de la comunidad digital en constante expansión.

El incremento de las redes de telecomunicación en Perú es un tema cada vez más relevante. Según OSIPTEL, se proyecta que para 2024, Perú tendrá 4 millones de

conexiones de Internet fijo, de las cuales 1.6 millones serán de fibra óptica. A pesar de ser un signo positivo de avance tecnológico, este crecimiento plantea desafíos considerables en el país (OSIPTEL, 2022).

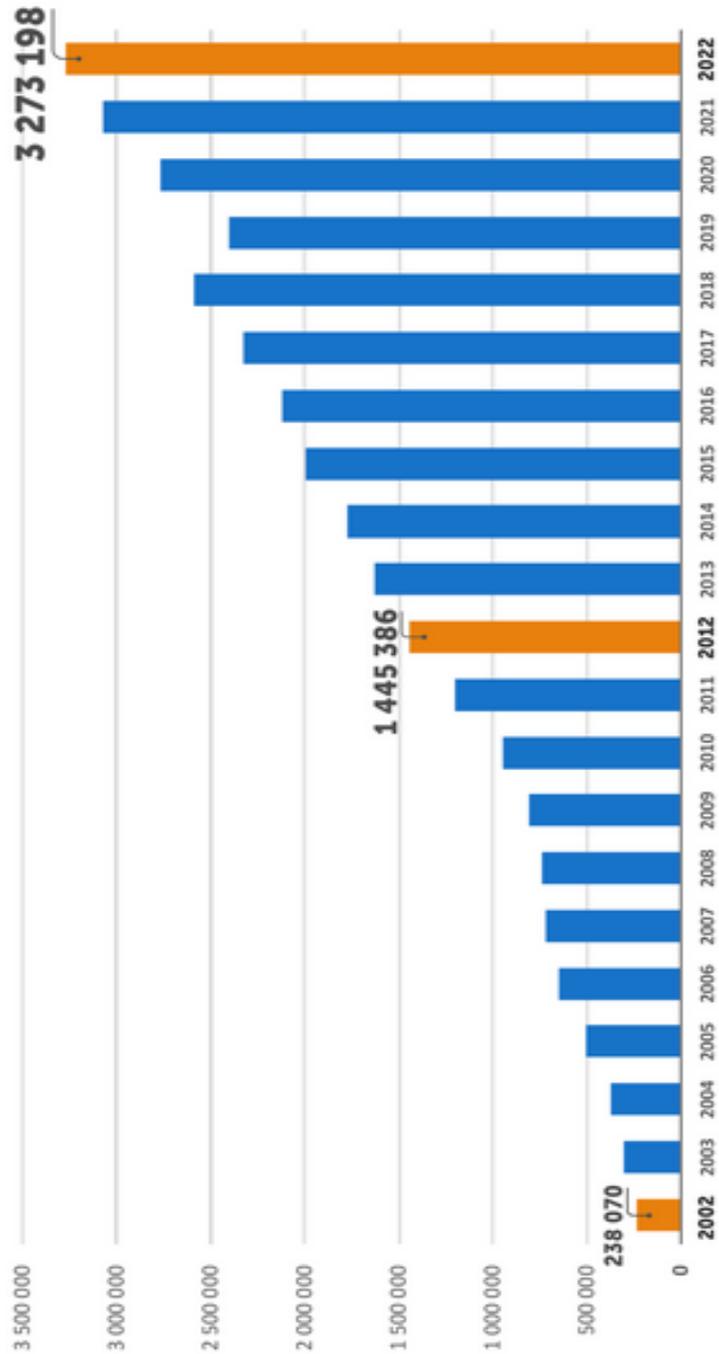
El aumento de las redes de telecomunicación en Perú plantea desafíos clave que incluyen:

- **Accesibilidad y Calidad de Servicios:** Garantizar que todos los ciudadanos, incluso los que viven en áreas remotas, tengan acceso a servicios de calidad es una preocupación fundamental. Esto requiere una expansión de la infraestructura de telecomunicaciones para llegar a áreas rurales y de difícil acceso.
- **Infraestructura Sólida:** El crecimiento de la demanda de datos y servicios de comunicación exige una infraestructura robusta y confiable. Esto implica una inversión significativa en tecnología y el mantenimiento constante de las redes para garantizar su funcionamiento óptimo.
- **Seguridad Cibernética:** Con un mayor número de conexiones de Internet fijo, la seguridad cibernética se vuelve crítica. A medida que se expanden las redes, la superficie de exposición a amenazas y ataques cibernéticos también aumenta, lo que hace esencial implementar medidas sólidas de seguridad para proteger la infraestructura y los datos.

Estos desafíos reflejan la complejidad y la importancia de garantizar un acceso equitativo, una infraestructura confiable y una seguridad cibernética sólida en el contexto de la expansión de las redes de telecomunicación en Perú. En la Figura 8 se puede observar el incremento progresivo de las conexiones de internet fijo en el Perú desde el año 2002 hasta el año 2022, evidenciando la creciente demanda de este servicio en nuestro país (OSIPTEL, 2022).

**Figura 8**

*Evolución de conexiones a internet fijo en Perú (2002 – 2022)*



*Nota.* Tomado de OSIPTEL, 2023b.

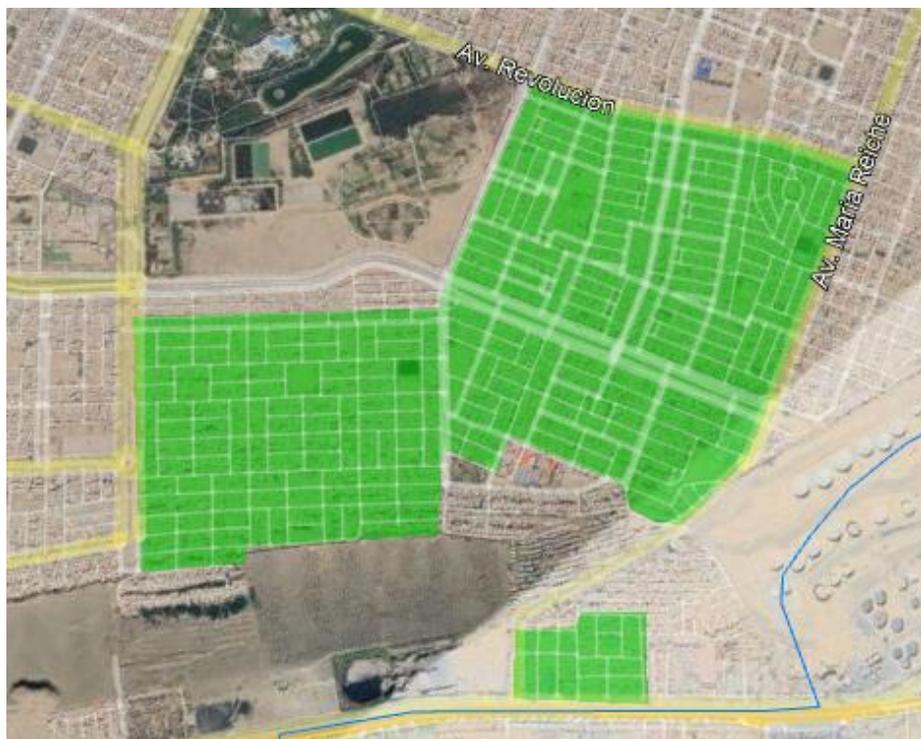
WIN es un operador de internet de nacionalidad peruana con 100 % fibra óptica. Dada la gran demanda de servicio, la empresa ha escogido al distrito de Villa el Salvador como unos de los primeros puntos de expansión en el área de lima sur para instalar en los hogares de la zona el servicio de fibra óptica.

### 3.2. Modelo de solución propuesto

La propuesta busca abordar los desafíos previamente identificados, mejorando la conectividad en este sector específico mediante la implementación de una red FTTH basada en la tecnología GPON. Este enfoque permitirá una notable mejora en el ancho de banda y la transmisión de datos, contribuyendo así a satisfacer las necesidades de conectividad centrada en una zona específica del distrito de Villa El Salvador. Este sector se delimita entre las avenidas 200 Millas, Mariano Pastor Sevilla, Avenida Universitaria y Revolución, como se visualiza en la Figura 9.

**Figura 9**

*Área de ejecución del proyecto*



### 3.2.1 SLA: acuerdo de nivel de servicio

Se elabora un cuadro detallado que presenta las actividades específicas para el diseño de una red FTTH como se muestra en la Tabla 1. Este cronograma de actividades es desarrollado internamente por la empresa WIN e incluye, para cada tarea, los entregables asociados y el tiempo estimado necesario para su ejecución.

**Tabla 1**

*Cronograma de la ejecución de una red FTTH en la empresa WIN*

N Actividad	Días													
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	
Solicitud de plan de crecimiento														
Adjudicación directa														
Validación de nodo														
Elaboración de prediseño														
Replanteo de rutas														
Realización de códigos de rotulados														
Rotulado de KMZ														
Elaboración de cuadro de empalmes														
Validación de diseño														

En algunas de estas actividades se tienen que entregar determinada documentación, la cual se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2***Tabla SLA*

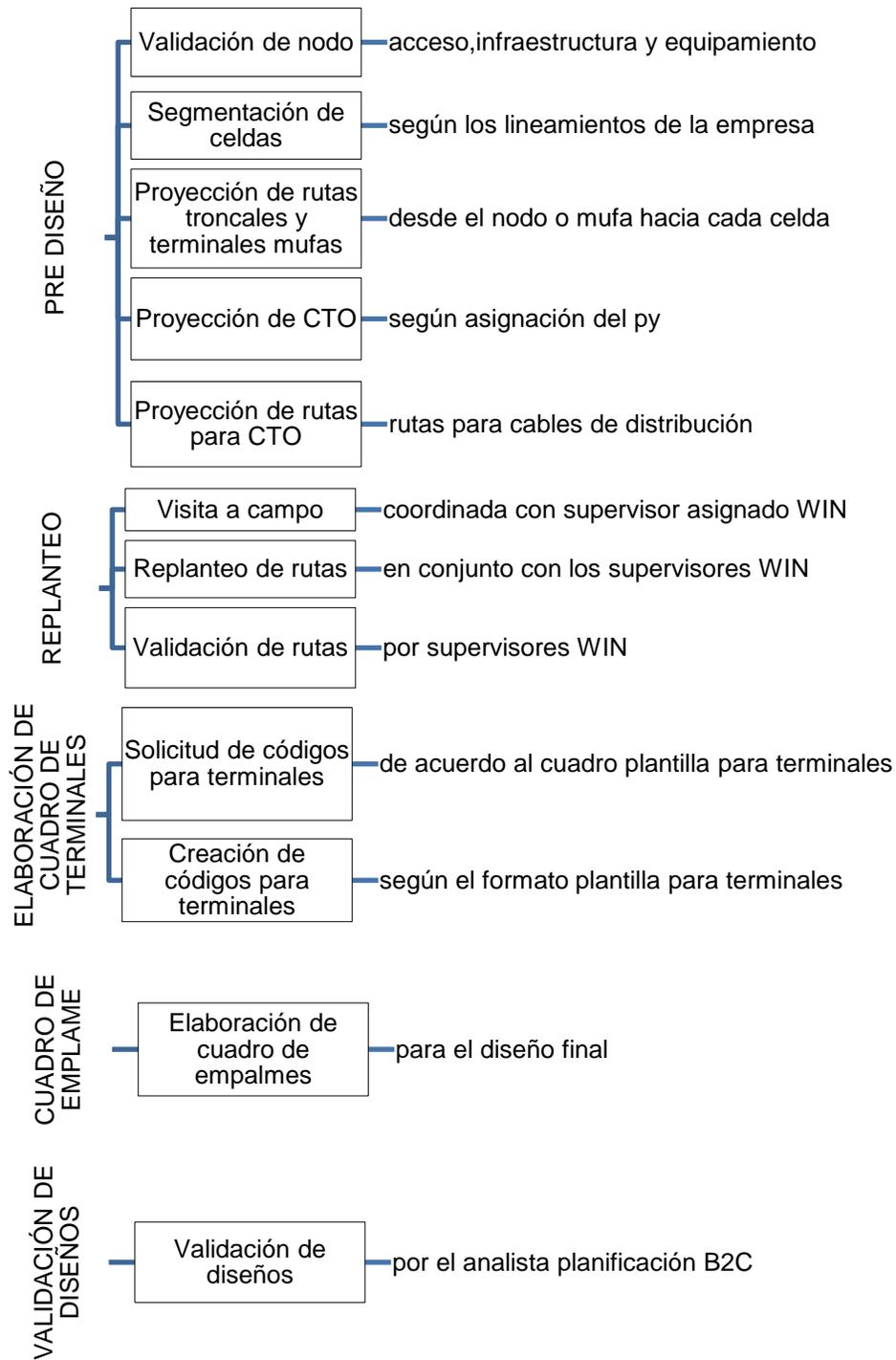
<b>Actividades</b>	<b>Entregables</b>
Solicitud de plan de crecimiento (1)	1. Área a diseñar 2. Cantidad CTO
Adjudicación Directa (2)	Correo de adjudicación
Validación del nodo (3)	Correo de aceptación.
Elaboración Pre diseño (4)	Prediseño de rutas.
Replanteo de rutas (5)	1. Archivo KMZ de la red 2. Partida de red
Realización de códigos de rotulados (6)	1. Cuadro de terminales CTO. 2. Cuadro de terminales MUFAS.
Rotulado de KMZ (7)	1. Cuadro de terminales CTO. (Códigos) 2. Cuadro de terminales MUFAS. (Códigos)
Elaboración de cuadro de empalmes	1. Cuadro de empalmes diseño pext. 2. Informe
Validación Diseño (9)	Correo de validación.

### **3.2.2 Procedimiento de trabajo**

En la empresa WIN se siguen los siguientes pasos para la elaboración de diseño para nuevas redes de fibra óptica como se muestra en el diagrama de la Figura 10.

**Figura 10**

*Pasos para la elaboración de diseños de redes*



El tiempo estándar estimado para cada una de estas actividades es el siguiente:

- Validación de nodo: 2 días
- Prediseño: 2 días
- Replanteo: 5 días
- Envío de códigos terminales: 1 día
- Diseño y digitalización: 2 días
- Validación de diseños: 1 día

### **3.2.3 Prediseño**

#### **3.2.3.1 Validación de nodo**

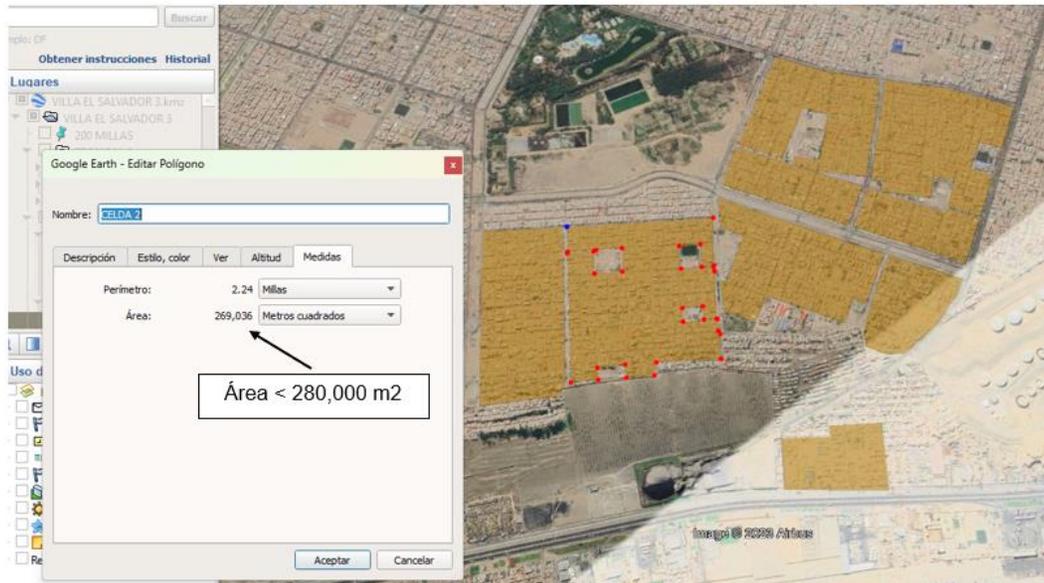
La validación de un nodo en una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) es esencial para garantizar un rendimiento óptimo y la fiabilidad del servicio. Se realizará una propuesta de validación de acceso, infraestructura y equipamiento del nodo a utilizar, esta propuesta se envía por correo al área de redes e infraestructura para su aprobación. En caso su respuesta sea negativa, se analizará usar otro nodo más cercano y se solicitará nuevamente su validación

#### **3.2.3.2 Segmentación de celdas**

La segmentación para la dimensión de las celdas en el diseño deberá de tener una cobertura máxima de 280 000 m<sup>2</sup> como se muestra en la Figura 11, no se debe dejar zonas sin coberturas. La segmentación deberá de considerar como límites geográficos, avenidas principales, avenidas metropolitanas, avenidas con doble vía, avenida con vías auxiliares y toda avenida o calle cuya extensión de cruce sea mayor a 20m, medidos desde 2 frentes del predio. Como podemos apreciar en la Figura 12.

**Figura 11**

*Segmentación de celdas en Google Earth para el prediseño*



**Figura 12**

*Distancia máxima de 20m medidos desde 2 frentes del predio*



### 3.2.3.3 Proyección de rutas troncales y terminales (mufas)

Consideraciones para la proyección de terminales en planos de diseño FTTH

- El punto de inicio para la proyección de troncales será desde nodo proyectado. De no haber un nodo proyectado, deberá de considerarse un punto de referencia indicado por el responsable de la asignación de diseños.
- La topología de diseño es tipo árbol, los niveles de divisor óptico son 2, nivel 1 (S 1x4) y nivel 2 (S 1x16).
- Para la proyección de cables troncales de 96H/48H deberá de utilizarse las siguientes capas:
  - ❖ Infraestructura existente en la zona, esto es, apoyos declarados con la concesionaria, postes propios, cámaras de comunicaciones propias existentes, rutas existentes de cableado. De no contar con esta información deberá de solicitarla al responsable de la asignación de diseños.
  - ❖ Se utilizará el Street view en Google Earth para proyectar las rutas.
  - ❖ No se podrá hacer uso de postes de concesionaria eléctrica con cables de alta, media y baja tensión; solo se podrá considerar si el paso de un nuevo cableado no incumple con DMS, 3m, 1.5m y 0.6m respectivamente. De no poder utilizar estos postes eléctricos en la ruta a proyectar, deberá de proyectarse postes propios en la berma del frente a los postes con líneas eléctricas.
  - ❖ No se podrá hacer uso de postes con sifones eléctricos, de ser el caso será necesario proyectar postes de apoyo adyacentes con una separación de 1m como mínimo.
  - ❖ Es necesario considerar postes propios proyectados a instalar para los cruces americanos, medios tramos o tramos flojos.

- ❖ La distancia máxima para la proyección de postes será en calles de 50m y avenidas principales de hasta 60m de separación.
  - ❖ Las mufas a proyectarse podrán ubicarse en el cable de 96H, así como también en el cable de 48H.
  - ❖ Se deberá dimensionar el número de cables troncales según la cantidad de CTO.
  - ❖ La cantidad máxima de CTO por cable troncal es de 288 CTO, esto representa el 75% de hilos asignados solo para clientes residenciales. El otro 25% se reservarán para atender clientes en edificios, condominios y mantenimiento.
  - ❖ El cable troncal de 96H deberá de proyectarse según la asignación de celdas y capacidad máxima de atención de CTO por troncal.
  - ❖ El cable troncal de 48H proyectado tendrá como punto de inicio a las mufas proyectadas en cable troncal de 96H.
  - ❖ El cable troncal de 48H podrá proyectarse con más de una Mufa en su recorrido, esto es por la topología tipo árbol de nuestra red.
- Proyección de Mufas: La proyección de Mufas se basa en la cantidad máxima de CTO que pueden atender. Cada Mufa puede alojar hasta 24 CTO, lo que equivale a 6 divisores ópticos de primer nivel 1x4.
  - Número de Mufas: La cantidad de rutas de 24H por celda depende del número de Mufas planificadas y la cantidad de CTO dimensionadas en cada celda.
  - Las MUFAS y CTO podrán ubicarse en postes propios y/o compartidos con la empresa eléctrica local, siempre que se cuente con la autorización correspondiente
  - Criterio para Divisor óptico de 1x4: Los divisores ópticos de primer nivel de 1x4 se alojarán en cada Mufa proyectada, con un máximo de 6 divisores ópticos por Mufa.

- La separación entre los cables de comunicación y de media tensión es de 1.8 metros
- La separación entre los cables de comunicación de otras empresas o servicios es de 10 cm
- La distancia de separación entre los cables de energía (baja tensión) y los cables de comunicación es de 0.6 m.
- Para realizar el prediseño de la red se considera la utilización de la mufa GJS3030. Las características de este equipo se muestran en la Tabla 3 y la mufa se ve en la Figura 13.

**Tabla 3**

*Características técnicas de Mufa GJS3030*

Ítem		Especificación	Remark	
Dimensiones (HxD mm)		450 x $\Phi$ 230	—	
Peso (kg)		4.2-4.8	—	
Nivel de protección		IP68	—	
Condiciones ambientales		Temperatura: -20 hasta +60°C Humedad: 0 hasta 100% RH	—	
Max. entrada de cable	Tamaño del cable	$\Phi$ 8-17.5mm	4 cables/lado	Se requiere información sobre el diámetro exterior del cable
		$\phi$ 10-17 mm	2 cables/lado	
Max. empalmes de fibra	Fibra única	144	24 empalmes/bandeja	

*Nota.* Tomado de ZTT Cable, 2022.

## Figura 13

*Mufa GJS3030*



*Nota.* Tomado de ZTT Cable, 2022.

Consideraciones para la cuantificación y metrajes en Cable de 48H y Cable de 96H

- Lineales = Según trazo km.
- Reservas para ingreso a nodo = 150m.
- Reservas de Tendido = 50m.
- Reservas de Cruce = 60m.
- Reservas de Mufa = 20m.
- Reservas de contingencia por replanteos = x.
  - ❖ Si x esta entre 0 y 200 m, x = 20m
  - ❖ Si x esta entre 200 y 1000 m, x = 30m
  - ❖ Si x es mayor de 1000m, x = 50m

Considerar estos metrados para dimensionar los cables de 48H y 96H en las líneas troncales.

### Totales:

- Cable 96H = (Lineal) + (01 Reserva ingreso a nodo) + (# x Reservas de Tendido) + (# x Reservas de Cruce) + (# x Reservas de Mufa) + (01 Reservas de contingencia por replanteos)
- Cable 48H = (Lineal) + (# x Reservas de Tendido) + (# x Reservas de Cruce) + (# x Reservas de Mufa) + (01 Reservas de contingencia por replanteos)

### **3.2.3.4 Proyección de CTO y Reservas**

Consideraciones para la proyección de CTO en planos de diseño FTTH

- Número de CTO (Cajas de Terminación Óptica): Se debe asignar un número de CTO por cada celda que sea múltiplo de 4. Esto se hace para optimizar la cantidad de divisores ópticos de primer nivel (1x4) en las MUFAS.
- Los números de CTO deben asignarse de manera secuencial, comenzando desde el número 1 y siguiendo en orden para cada celda. Además, los números de CTO deben ser correlativos y continuos según las rutas de cables proyectadas. Por ejemplo, en una celda con 3 rutas, cada una podría contener 8 CTO en serie (ruta 1: CTO 1-8, ruta 2: CTO 9-16, etc.).
- Evitar la instalación de 2 CTO en poste de la empresa eléctrica, de haber necesidad por demanda en la zona, se instalará un poste propio.
- La CTO se instalará en cruceta parte superior e interior de la reserva.
- Para realizar el prediseño de la red se considera la utilización de la caja de empalme (CTO) GFS-16G. Las características de este equipo se muestran en la Tabla 4 y la caja de empalme se puede observar en la Figura 14.

**Tabla 4**

*Características técnicas de la caja de empalme GFS-16G*

Ítem	Especificación
Dimensiones (H*W*D mm)	226 x 190 x 31
Peso neto (kg)	0.194
Color	Negro
Material	ABS
Capacidad de empalme de una bandeja (núcleos)	26 (Doble capa de funda protectora termo retráctil)
Capacidad divisoria de una bandeja (PCS)	2 (PLC 1X8, 0.9mm fibra, 60x7x4mm) o 1 (PLC 1X16, 0.9mm fibra, 60x12x4mm)
Máximo (PCS)	1
Por defecto (PCS)	1

*Nota.* Tomado de Yangtze Company, 2020.

**Figura 14**

*Caja de empalme GFS-16G*



*Nota.* Tomado de Yangtze Company, 2020.

- La proyección de rutas para cables de 24H comienza desde las Mufas y conecta en serie los CTO según los criterios de cada ruta. Se deben seguir criterios específicos al proyectar postes para el cable de 24H, evitando el uso de postes eléctricos de alta, media y baja tensión. Además, se deben considerar postes propios para cruces, tramos cortos y otros escenarios.
- De acuerdo al conteo de hogares pasados para el diseño FTTH deberán considerar lo indicado en tabla. En la Tabla 5 se muestra que para los hogares pasados se obtuvo un promedio de 65% de penetración en cuanto a las redes FTTH considerando que en todos los lotes se tomó 1 puerto habilitado.

**Tabla 5**

*Consideraciones según el conteo de casas pasadas*

<b>Tipo</b>	<b>FTTH (penetración)</b>	<b>Consideraciones</b>
Planta horizontal	65 %	Todos los lotes se toman 1 PH

Consideraciones para la cuantificación y metrajes en Cable de 24H

- Lineales = Según trazo kmz.
- Reservas de Tendido = 50m.
- Reservas de Cruce = 60m.
- Reservas de CTO = 20m.
- Reservas de contingencia por replanteos = x.
  - ❖ Si x esta entre 0 y 200 m, x = 20m
  - ❖ Si x esta entre 200 y 1000 m, x = 30m
  - ❖ Si x es mayor de 1000m, x = 50m

Considerar estos metrados para dimensionar los cables de 24H en las líneas de distribución.

Totales:

Cable 24H = (Lineal) + (# x Reservas de Tendido) + (# x Reservas de Cruce) + (# x Reservas CTO) + (01 Reservas de contingencia por replanteos)  
CTO, se dimensiona el número de CTO según cables de 24H proyectados.

Proyección de reservas, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se proyectarán reservas de tendido en promedio cada 500m; de haberse proyectado una mufa, no será necesario proyectar reserva de tendido sino más bien hasta el siguiente intervalo.
- Se proyectarán reservas de 60m antes de cada cruce de avenida o calle principal con más de 30m de separación.
- La reserva de FO que se deja en cada MUFA y CTO será de 20m, y esta debe de respetar un diámetro entre 48 y 50 cm.

### **3.2.4 Replanteo y validación de rutas**

El diseño debe tener en cuenta el riesgo eléctrico y guardar las distancias normadas para cruce de redes de baja, media y alta tensión (según el manual Procedimientos Planta Externa WIN).

Esta etapa se realiza en conjunto con el supervisor encargado del proyecto de la empresa WIN, se evalúa la ruta propuesta. Se realizan cambios en las rutas, de ser necesario, y se da la validación de estas.

En el proceso de validación de rutas se toma en cuenta los siguientes puntos:

- No utilizar postes con sifones eléctricos.
- No utilizar postes en mal estado.
- No utilizar postes con transformadores eléctricos.
- No utilizar postes con alta saturación de cables de otros operadores.
- En caso de no tener postes en la ruta planteada, modificar la ruta hacia la ubicación de los postes más cercanos.

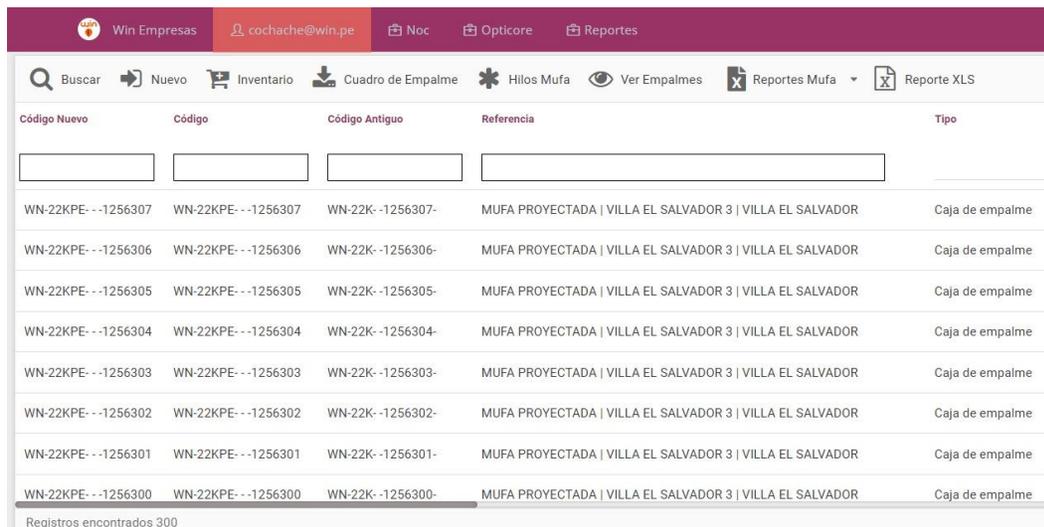
### 3.2.5 Elaboración de cuadro de terminales

Se realiza la solicitud para la creación de códigos para terminales CTO y mufas. Esta etapa se realiza con ayuda del software Opticore el cual se muestra en la Figura 15, el software mencionado crea de forma automática estos códigos según la ruta diseñada. Para crear los códigos de terminales es necesario ingresar en el programa la siguiente información:

- Nombre del proyecto
- Coordenadas del terminal
- Tipo de terminal (MUFA O CTO)
- Nodo validado
- Estado del terminal

**Figura 15**

*Software Opticore en donde se crean los códigos de los terminales*



The screenshot shows the Opticore software interface. At the top, there is a navigation bar with the following items: Win Empresas, cochache@win.pe, Noc, Opticore, and Reportes. Below this is a search bar and a menu with options: Nuevo, Inventario, Cuadro de Empalme, Hilos Mufa, Ver Empalmes, Reportes Mufa, and Reporte XLS. The main area displays a table with the following columns: Código Nuevo, Código, Código Antiguo, Referencia, and Tipo. The table contains 10 rows of data, all with the same 'Referencia' value: 'MUFA PROYECTADA | VILLA EL SALVADOR 3 | VILLA EL SALVADOR'. The 'Tipo' column for all rows is 'Caja de empalme'. At the bottom of the table, it says 'Registros encontrados 300'.

Código Nuevo	Código	Código Antiguo	Referencia	Tipo
WN-22KPE--1256307	WN-22KPE--1256307	WN-22K-1256307-	MUFA PROYECTADA   VILLA EL SALVADOR 3   VILLA EL SALVADOR	Caja de empalme
WN-22KPE--1256306	WN-22KPE--1256306	WN-22K-1256306-	MUFA PROYECTADA   VILLA EL SALVADOR 3   VILLA EL SALVADOR	Caja de empalme
WN-22KPE--1256305	WN-22KPE--1256305	WN-22K-1256305-	MUFA PROYECTADA   VILLA EL SALVADOR 3   VILLA EL SALVADOR	Caja de empalme
WN-22KPE--1256304	WN-22KPE--1256304	WN-22K-1256304-	MUFA PROYECTADA   VILLA EL SALVADOR 3   VILLA EL SALVADOR	Caja de empalme
WN-22KPE--1256303	WN-22KPE--1256303	WN-22K-1256303-	MUFA PROYECTADA   VILLA EL SALVADOR 3   VILLA EL SALVADOR	Caja de empalme
WN-22KPE--1256302	WN-22KPE--1256302	WN-22K-1256302-	MUFA PROYECTADA   VILLA EL SALVADOR 3   VILLA EL SALVADOR	Caja de empalme
WN-22KPE--1256301	WN-22KPE--1256301	WN-22K-1256301-	MUFA PROYECTADA   VILLA EL SALVADOR 3   VILLA EL SALVADOR	Caja de empalme
WN-22KPE--1256300	WN-22KPE--1256300	WN-22K-1256300-	MUFA PROYECTADA   VILLA EL SALVADOR 3   VILLA EL SALVADOR	Caja de empalme

### 3.2.6 Cuadro de empalme

- El formato para presentar el cuadro de empalme será en una hoja de cálculo de Excel y se debe tener previamente el diseño de red FTTH.

- En el cuadro de empalme se designa los hilos a fusionar entre los cables de 96H, 48H y 24H según el diseño realizado para habilitar las CTO.
- Empalmes para los cables de 48H y 24H hilos serán al 100 %, considerando desde las MUFAS hasta las CTO para cada cable de distribución.
- Los tramos donde sea necesario realizar empalmes rectos se realizará al 100 % de los hilos mediante un terminal o MUFA

### **3.2.7 Validación de diseños**

Luego de tener el diseño de la red completo, se envía para su revisión por parte de un analista del Área de planificación de red, quien es el encargado de dar la validación final del diseño.

### **3.2.8 Contribución a la solución**

La investigación llevada a cabo demuestra un sólido dominio de competencias y habilidades adquiridas durante mi formación profesional, evidenciando una integración efectiva de conocimientos de diversos cursos. El enfoque en el diseño de la red refleja la aplicabilidad práctica de los conocimientos obtenidos.

- Fundamentos de Fibra Óptica: Se ha aplicado los principios fundamentales de la fibra óptica para desarrollar una red que aproveche las capacidades de transmisión de datos a través de fibras ópticas, proporcionando alta velocidad y ancho de banda.
- Redes de Comunicación: La competencia en el diseño de redes de comunicación se evidencia en la planificación y estructuración de una infraestructura eficiente que conecta a los usuarios en el distrito.

- Telecomunicaciones: Los conocimientos adquiridos en este curso han sido esenciales para comprender los principios básicos de las telecomunicaciones, permitiendo al autor desarrollar una red coherente y eficaz.
- Comunicaciones Ópticas y Redes Ópticas: La investigación refleja la especialización en comunicaciones ópticas y redes, lo que indica la aplicación de tecnologías avanzadas para la transmisión de datos mediante sistemas ópticos.
- Gestión y Dirección de Empresas: La inclusión de este curso demuestra la comprensión sobre la importancia de la gestión eficiente de proyectos, considerando aspectos económicos y organizativos en el despliegue de la red FTTH.

Se ha sintetizado de manera efectiva los conocimientos teóricos en la implementación práctica de una solución que responde a las necesidades de conectividad en un contexto específico. Además, la revisión de literatura actualizada subraya el compromiso con la actualización constante, incorporando las últimas tendencias y estándares en redes FTTH y GPON. En conclusión, la investigación refleja una contribución valiosa al campo de las telecomunicaciones y redes, evidenciando la aplicación integral de habilidades multidisciplinarias adquiridas durante su formación académica.

### **3.3. Resultados**

Siguiendo el procedimiento y las consideraciones antes mencionadas se logra obtener el diseño de la red FTTH basada en tecnología GPON que se va a implementar.

Como resultado se obtiene la lista de servicios en la Tabla 6 y materiales necesarios para el montaje de esta red en la Tabla 7; además, el costo total de la implementación del proyecto.

**Tabla 6***Lista de precios de servicios para implementación de red*

<b>Partidas de servicio para planta externa</b>	<b>U.M.</b>	<b>P.U.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Total</b>
Diseño de Planta Externa	Km	S/ 180.00	49	S/ 8,820.00
Instalar identificadores	Unidad	S/ 1.60	482	S/ 771.20
Instalar cable mensajero y accesorios	Mts	S/ 0.95	9632	S/ 9,150.40
Instalar cable o acometida de f.o. en postes / canalización (> 1000 mts)	Mts	S/ 1.66	48159.1	S/ 79,944.11
Instalar cable de f.o. en nodo	Mts	S/ 1.96	150	S/ 294.00
Instalar cruceta en poste	Unidad	S/ 11.20	300	S/ 3,360.00
Devanar cable con mensajero o cables existentes	Mts	S/ 3.70	4816	S/ 17,819.20
Empalme de fo en caja terminal (mufa)	Unidad	S/ 17.00	760	S/ 12,920.00
Empalme de f.o. en patch pannel / opticom	Unidad	S/ 17.00	96	S/ 1,632.00
Instalar conjunto de terminación odf / patch pannel para f.o. en nodo	Unidad	S/ 76.50	2	S/ 153.00
Instalar jumper ó pigtail en nodo	Unidad	S/ 12.80	96	S/ 1,228.80
Instalar caja de empalme (mufa)	Unidad	S/ 46.00	300	S/ 13,800.00
Manipulación caja de empalme o mufa	Unidad	S/ 44.10	300	S/ 13,230.00
Preparación cable de f.o para sangrado de 96, 48, 24, 12 y 04 fibras	Unidad	S/ 110.00	300	S/ 33,000.00
Preparación cable para fusión en cámara, poste, nodo de 96, 48, 24, 12, 04 fibras	Unidad	S/ 60.00	116	S/ 6,960.00
Terminación cable de f.o. en nodo	Unidad	S/ 60.00	1	S/ 60.00
<b>TOTAL SERVICIO</b>				<b>S/ 203,142.71</b>

**Tabla 7***Lista de precios de materiales para implementación de red*

<b>Materiales planta externa</b>	<b>U.M.</b>	<b>P.U.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Total</b>
F. óptica ADSS 96 SM-Span 100 G652D	Mts	S/ 5.23	5505.3	S/ 28,803.73
F. óptica ADSS 48 SM-Span 100 G652D	Mts	S/ 3.10	8661.1	S/ 26,873.66
F. óptica ADSS 24 SM-Span 100 G652D	Mts	S/ 2.17	33992.7	S/ 73,682.58
Hebilla Acerrada 1/2 Band-It	Und	S/ 0.80	6104	Incluye
Cinta Band it (Fleje d/Acero 1/2)	Mts	S/ 2.94	7325	Incluye
Fleje de acero inox. 1/2" Simelca (30.48 m)	Und	S/ 3.50	0	Incluye
Hebilla 1/2 pulg acero inox. Simelca	Mts	S/ 0.90	0	Incluye
Portalínea con aislador de 4mm con pin de 1/2	Und	S/ 5.99	2752	S/ 16,470.72
Preformado de 2 hilos para f.o adss 12h (azul)	Und	S/ 5.78	0	S/ -
Preformado de 2 hilos para f.o adss 24h (negro)	Und	S/ 5.78	1943	S/ 11,220.83
Preformado 2 hilos para f.o adss 48h (verde)	Und	S/ 5.78	495	S/ 2,858.63
Preformado 2 hilos para f.o adss 96h (rojo)	Und	S/ 5.78	315	S/ 1,820.70
Templador Tipo P	Und	S/ 3.44	0	S/ -
Cruceta Metálica para FO	Und	S/ 35.70	300	S/ 10,710.00
Brazos expansores de 1 m	Und	S/ 31.86	300	S/ 9,558.00
Brazos expansores de 80 cm	Und	S/ 24.91	0	S/ -
Brazos expansores de 60 cm	Und	S/ 22.73	0	S/ -
Brazos expansores de 40 cm	Und	S/ 19.80	0	S/ -

<b>Materiales planta externa</b>	<b>U.M.</b>	<b>P.U.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Total</b>
Cinta aislante negra	Und	S/ 4.18	49	Incluye
Chapa tensora de 3 pernos	Und	S/ 8.93	161	S/ 1,436.93
Grillete de Acero (medio tramo 3/16")	Und	S/ 0.48	0	S/ -
Grillete de Acero (medio tramo 1/8")	Und	S/ 0.48	0	S/ -
Cable de acero recubierto con PVC de 1/8" (3-4mm)	Mts	S/ 0.74	9632	S/ 7,079.52
Cable de acero recubierto con PVC de 3/16" (4-5mm)	Mts	S/ 1.03	0	S/ -
Cintillo Negro (30 cm)	Und	S/ 0.10	964	Incluye
Cintillos de 10cm	Und	S/ 0.02	1928	Incluye
Etiqueta para f.o. color naranja con lamina de proteccion	Und	S/ 1.00	482	Incluye
Alambre para devanado	Und	S/ 0.74	4816	S/ 3,577.81
Soporte tipo J	Und	S/ 5.25	544	S/ 2,856.00
Pig Tail 0.9UM SM-LC 1.5m	Und	S/ 1.36	96	Incluye
Protector Empalme Termoc. 1.2x60mm	Und	S/ 0.79	856	Incluye
Cintillos Blanco Rotulador de 10 cm	Und	S/ 0.06	1028	Incluye
Cintillos de 20 cm	Und	S/ 0.06	180	Incluye
Manga tipo domo 144 hilos ztt 450x230mm (gjs3030)	Und	S/ 285.00	28	S/ 7,980.00
Patch Panel 48 Termi 48-01RU (incluy. Acopladores LC, minibandejas, patch pannel, soporte p/cable)	Und	S/ 657.91	2	S/ 1,315.81
Ordenador horizontal frontal 2 ru panduit- negro -wmpf1e	Und	S/ 127.10	0	S/ -
Divisor óptico PLC 1x4 Sin Conector	Und	S/ 17.75	72	S/ 1,278.00
Caja de empalme cto de 16 core	Und	S/ 88.20	272	S/ 23,990.40

<b>Materiales planta externa</b>	<b>U.M.</b>	<b>P.U.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Total</b>
Patch cord de f.o. monomodo SC/APC simplex 3.0mm de 3 mts	Und	S/ 7.12	75	S/ 533.89
Divisor óptico plc 1x16	Und	S/ 67.12	272	S/ 18,256.64
Acoplador de f.o monomodo SC/APC simplex verde	Und	S/ 1.43	4352	S/ 6,223.36
<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>S/ 256,527.19</b>

Además, como resultado se genera la segmentación de celdas en la Figura 16 y el diseño de la red troncal en la Figura 17 mostradas en un plano en el área de implementación de la red.

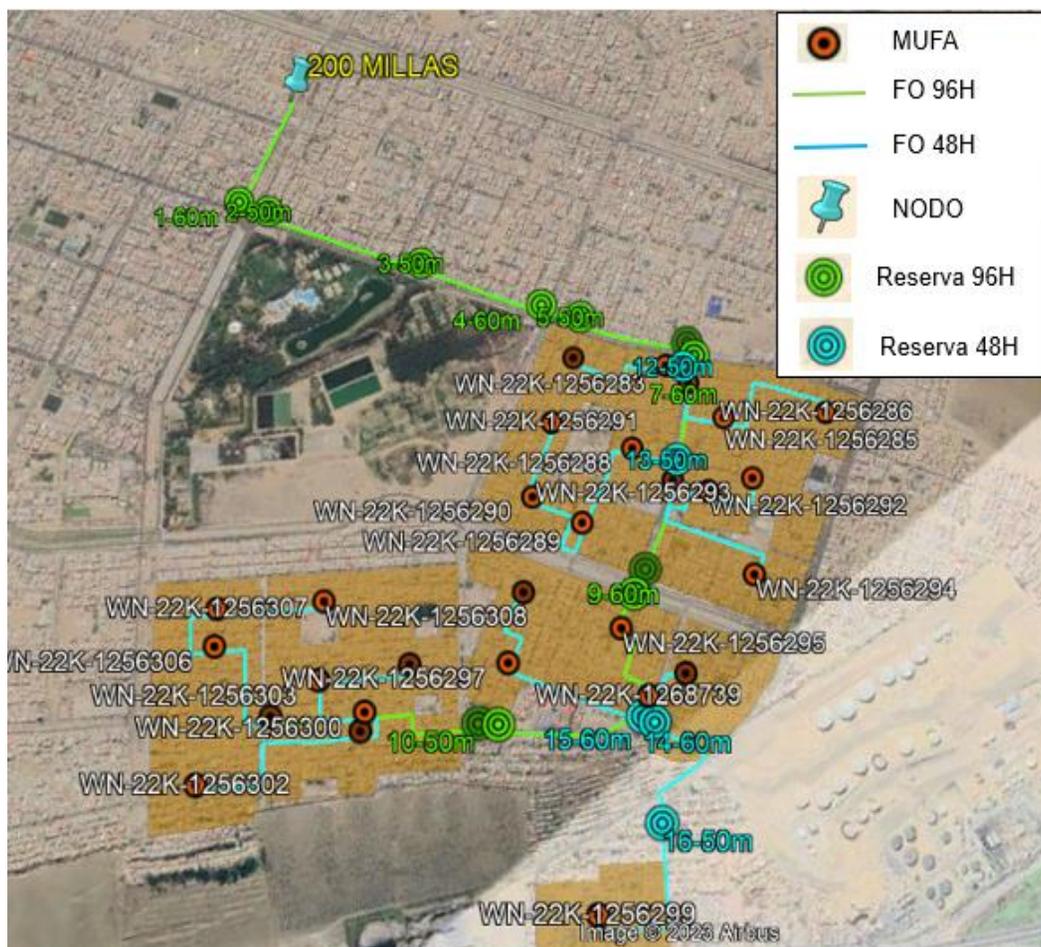
**Figura 16**

*Resultado de la segmentacion de celdas*



**Figura 17**

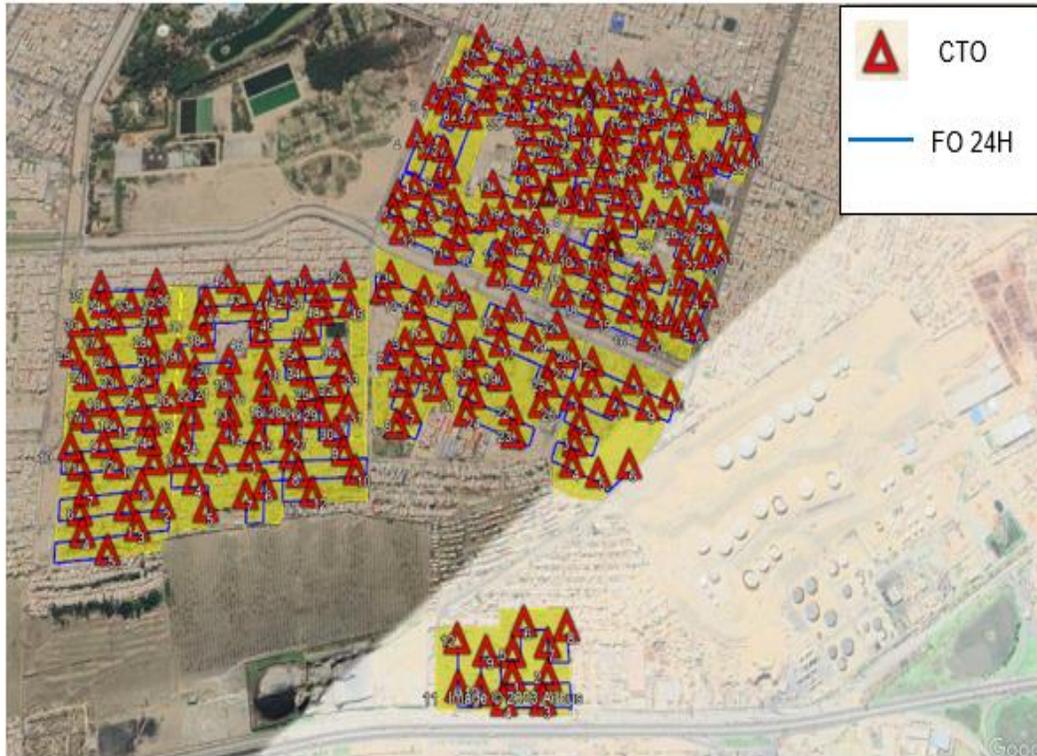
*Resultado del diseño de la red troncal*



Con lo antes mencionado se obtiene la distribución de CTO's en el área de distribución de la red tal como se muestra en la Figura 18.

**Figura 18**

*Resultado de la distribución de CTO's*



Luego de la ejecución del proyecto, se obtiene los siguientes resultados en cuanto a la penetración del proyecto mostrado en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Penetración del proyecto*

<b>Celda</b>	<b>Área m<sup>2</sup></b>	<b>Cantidad de CTO</b>	<b>Puertos activos</b>	<b>Cantidad de hogares</b>	<b>Penetración activa</b>
Celda 1	188319	36	576	879	66 %
Celda 2	271857	52	832	1323	63 %
Celda 3	176350	32	512	744	69 %
Celda 4	86768	12	192	213	90 %

<b>Celda</b>	<b>Área m<sup>2</sup></b>	<b>Cantidad de CTO</b>	<b>Puertos activos</b>	<b>Cantidad de hogares</b>	<b>Penetración activa</b>
Celda 5	84803	20	320	577	55 %
Celda 6	173072	40	640	1005	64 %
Celda 7	74269	20	320	504	63 %
Celda 8	205261	48	768	1374	56 %
Celda 9	68790	12	192	217	88 %
<b>TOTAL</b>		<b>272</b>	<b>4352</b>	<b>6836</b>	<b>64 %</b>

Investigaciones previas han demostrado que la implementación de redes FTTH basadas en GPON puede proporcionar velocidades de carga y descarga significativamente altas, lo que es esencial para mejorar la calidad de servicio de internet en los hogares. Además, estas redes son ideales para la transmisión de datos, voz y video en alta definición, lo que las convierte en una elección viable para satisfacer las crecientes demandas de conectividad en la era digital.

Se ha propuesto un diseño de red FTTH utilizando el estándar GPON para el distrito de Villa El Salvador en 2023. Este diseño busca optimizar la infraestructura de red en la localidad y brindar a los residentes acceso a servicios de alta velocidad y confiabilidad. Además, el diseño considera la expansión futura de la red para acomodar las necesidades cambiantes de los usuarios en la era digital.

En la Figura 19 se observa la ubicación de una de las CTO instalada en la red en Villa el Salvador, así como su código en la tapa de la caja.

## Figura 19

*CTO en la red instalada en Villa el Salvador*



En la Figura 20 se aprecia como se realizan pruebas de intensidad en las CTO de la red para garantizar que la potencia se encuentre dentro del rango permitido por la empresa. La empresa tiene como lineamiento un rango de -10 dbm hasta -21 dbm.

## Figura 20

*Medición de potencia en la red instalada en Villa el Salvador*



Para medir la velocidad de la red de internet en los hogares de la zona, se utiliza la página web Speed Test; con ello, se obtiene como resultado la velocidad de la red FTTH como se muestra en la Figura 21. Speedtest no solo mide la velocidad de descarga y carga, sino también evalúa la latencia de la conexión, proporcionando una visión integral del rendimiento de la red. La plataforma es accesible a través de su sitio web oficial ([speedtest.net](http://speedtest.net)) y ofrece aplicaciones gratuitas para dispositivos de escritorio y móviles, lo que permite a los usuarios realizar pruebas desde diferentes dispositivos. Speedtest es ampliamente utilizado en todo el mundo y es reconocido por su fiabilidad en la medición de la velocidad de Internet. La prueba se realiza en servidores cercanos al usuario para obtener resultados más precisos.

**Figura 21**

*Medición de velocidad de la red en la web Speed Test*



Es fundamental destacar que, en el contexto actual, se pueden encontrar oportunidades de empleo en el campo de las redes FTTH basadas en GPON, lo que demuestra la relevancia y la demanda de expertos en este campo. Se requieren profesionales con habilidades en el diseño de redes FTTx y la implementación de tecnologías GPON para garantizar la efectiva construcción y operación de estas infraestructuras de telecomunicaciones.

## CONCLUSIONES

1. El estudio logró diseñar una red FTTH utilizando tecnología GPON de manera efectiva para las zonas residenciales en Villa El Salvador. El despliegue de esta infraestructura permitirá a los residentes acceder a servicios de Internet de alta velocidad y mayor calidad.
2. Se enfocó en el diseño de la red FTTH GPON en el Sector 10 de Villa El Salvador, lo que demuestra un compromiso con la mejora de la conectividad en una ubicación específica. Esto facilitará un acceso más rápido y estable a Internet para los residentes de esta área.
3. Durante el estudio, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas de conectividad y se optimizaron los niveles de potencia para garantizar un rendimiento óptimo en el usuario final. Esto asegura que la red esté preparada para brindar una experiencia de alta calidad.
4. Se pudo constatar que la implementación de la red FTTH GPON basada en el estándar GPON por WI NET TELECOM S.A.C. generará mejoras sustanciales en la velocidad de conexión para los residentes del Sector 10 de Villa El Salvador. Esto tendrá un impacto positivo en la vida cotidiana y en la capacidad de acceder a servicios en línea de manera eficiente.

## RECOMENDACIONES

1. **Búsqueda de Profesionales del Campo:** Explorar oportunidades laborales en el sector de fibra óptica FTTH en Villa El Salvador proporcionará información práctica sobre las necesidades del mercado y permitirá establecer contactos clave en la industria. Esto facilitará la obtención de información de expertos para enriquecer el estudio.
2. **Estudio de Factibilidad Económica:** Realizar un análisis detallado de costos y beneficios proporcionará una visión clara de la viabilidad económica del proyecto. Considerar presupuestos disponibles, fuentes de financiamiento y proyecciones financieras ayudará a tomar decisiones informadas. Esto garantizará la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.
3. **Consultas con la Comunidad:** Realizar encuestas y consultas con la comunidad de Villa El Salvador es esencial para comprender las necesidades específicas de los usuarios. Obtener retroalimentación directa ayudará a ajustar el diseño de la red según las demandas reales de los residentes locales.
4. **Análisis de Proyectos Similares en Otras Locaciones:** Estudiar proyectos similares implementados en otras ubicaciones proporcionará perspectivas valiosas sobre desafíos comunes y soluciones efectivas. Esto permitirá anticipar posibles obstáculos y adoptar enfoques probados.
5. **Integración de Tecnologías Emergentes:** Considerar la integración de tecnologías emergentes, como inteligencia artificial o automatización, puede mejorar la eficiencia y la gestión de la red FTTH. Explorar innovaciones en el campo garantizará que el diseño sea robusto y a prueba de futuros avances tecnológicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barragán, J. (2012). *Tutoría Virtual: Topologías*.  
<https://uhu.es/antonio.barragan/content/5topologias>
- Blanco, G. (2021). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM*.
- Colubi, M. (2023). Diseño y despliegue de una red FTTH en Xirivella. *Escuela Politécnica Superior de Gandia*.
- DINTEK. (2023). *Fiber Optic Types: Multimode and Singlemode*.  
<https://www.dintek.com.tw/index.php/Articles/Fiber-optic-types-multimode-and-singlemode.html>
- Fàbrega, J., & Graells, S. (2013). Topologías de redes de fibra óptica y gestión de fallos. *Sistemas de Comunicación Ópticos*, 38.
- FS Community. (2021). *la red de acceso FTTH con GPON*.  
<https://community.fs.com/es/article/an-overview-of-gpon-ftth-access-network.html>
- Grupo COFITEL. (2014). *Diferentes tipos de fibra óptica*.  
<https://www.c3comunicaciones.es/diferentes-tipos-de-fibra-optica/>
- Hurtado, I. (2022). Desarrollo de una Red FTTH con Tecnología GPON para el Acceso de Telecomunicaciones en Hogares de la Ciudad de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión, Departamento Pasco. *Universidad Tecnológica Del Perú*.
- Josan, M. (2017). *Cómo funciona una conexión de fibra. GPON y FTTH*. NASeros.  
<https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/>
- Mirano, V. (2019). Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON para la urbanización Las Flores del distrito de San Juan de Lurigancho. *Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur*, 0(0), 1–120.  
<http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/166>
- Multiplay Telecomunicaciones. (2022). *¿Cuál es la diferencia entre las tecnologías EPON, GPON Y XGPON?* <https://multiplay.com.pe/blog/ver/cual-es-la-diferencia-entre-las-tecnologias-epon-gpon-y-xgpon/>

- Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones. (2022). *Perú contaría con 4 millones de conexiones de internet fijo al 2024, de los cuales 1.6 millones serían de fibra óptica*. <https://www.osiptel.gob.pe/portal-del-usuario/noticias/osiptel-peru-contaria-con-4-millones-de-conexiones-de-internet-fijo-al-2024-de-los-cuales-1-6-millones-serian-de-fibra-optica/>
- Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones [OSIPTTEL]. (2023a). *Perú es el segundo país con mayor tasa de crecimiento de conexiones de acceso con fibra óptica a nivel global*. <https://www.gob.pe/institucion/osiptel/noticias/789097-peru-es-el-segundo-pais-con-mayor-tasa-de-crecimiento-de-conexiones-de-acceso-con-fibra-optica-a-nivel-global>
- Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones [OSIPTTEL]. (2023b). *Día de las Telecomunicaciones: conexiones a internet fijo crecieron en más de 1200 % en los últimos veinte años en Perú*. <https://www.gob.pe/institucion/osiptel/noticias/758887-dia-de-las-telecomunicaciones-conexiones-a-internet-fijo-crecieron-en-mas-de-1200-en-los-ultimos-veinte-anos-en-peru>
- Pachas, M. (2018). Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de EL Agustino. *Pontificia Universidad Católica Del Perú*, 152. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10153>
- Pomatanta, J. (2021). Diseño de una red de acceso FTTH basada en el estándar GPON para el distrito de Pueblo Libre. In *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/17700>
- Ramos, A. V. (2019). *Diseño e implementación de una red de acceso con fibra óptica utilizando tecnología VDSL/FTTx para mejorar los servicios de telecomunicaciones, de la Corporación Nacional De Telecomunicaciones Empresa pública en Guano*. 147.
- Revista ConTexto Universitario. (2020). *Fibra Óptica: ¿Qué es y para qué se utiliza?* Universidad Nacional de La Pampa. <https://contexto.unlpam.edu.ar/index.php/articulos/analisis/105-fibra-optica-que->

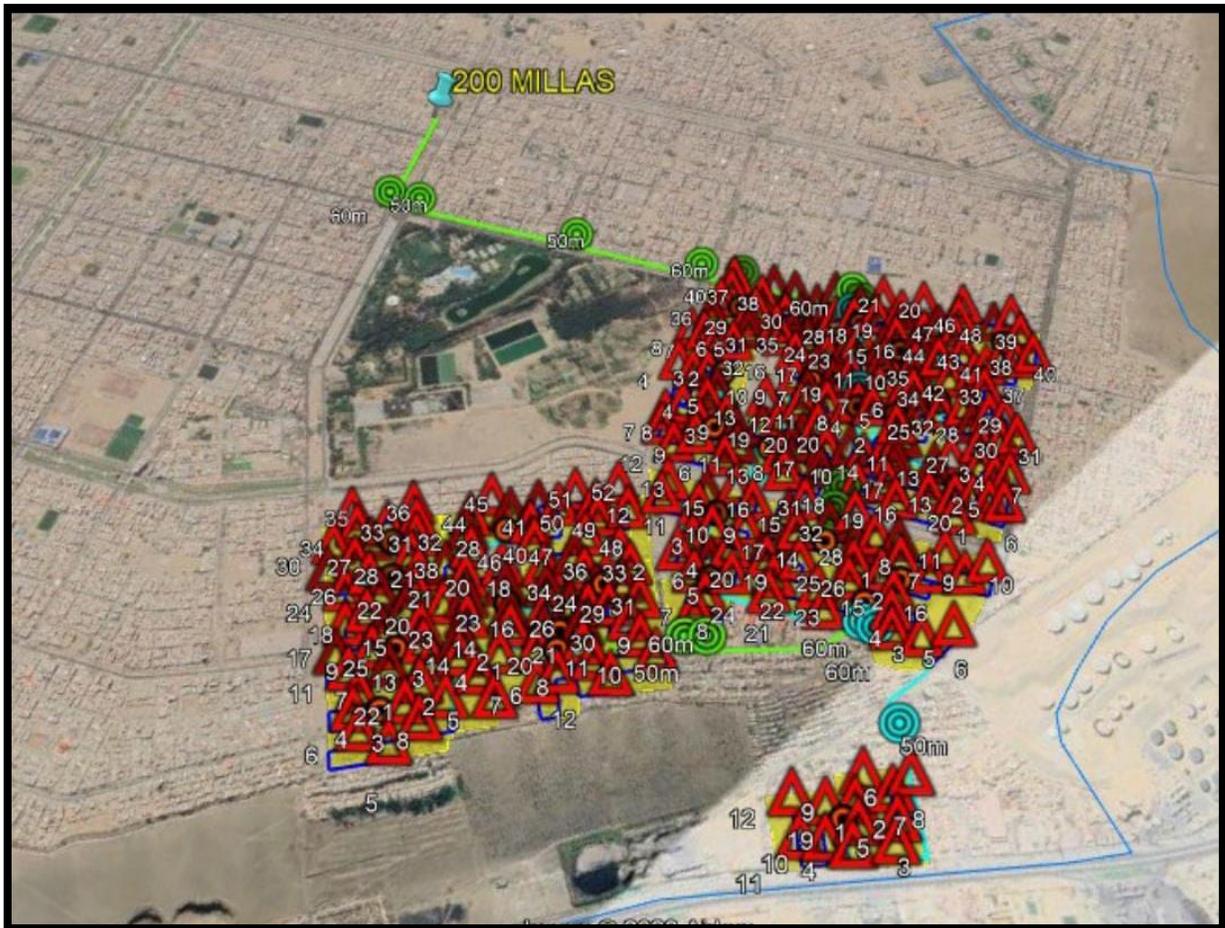
es-y-para-que-se-utiliza

- Rodriguez, E. (2022). Diseño de una red FTTH GPON de la empresa TELERAPID S.A. para la ciudad de Quito en el barrio La Luz. *Universidad Politecnica Salesiana Sede Quito, 8.5.2017, 2003–2005.*
- Romaní, J. (2019). *Implementación de una red de Fibra Óptica Pasiva como parte del Sistema de Videovigilancia de la Municipalidad Provincial de Sullana. 73.*
- The Fiber Optic Association, I. (2021). *FOA Reference Guide To Fiber Optics.* [https://www.thefoa.org/ESP/Fibra\\_optica.htm](https://www.thefoa.org/ESP/Fibra_optica.htm)
- Tokio School. (n.d.). *Topologías de red: ¡todo lo que necesitas saber!* 2022. Retrieved October 29, 2023, from <https://www.tokioschool.com/noticias/topologias-red/>
- WDC NETWORKS. (2021). *Ventajas de las redes PON.* <https://wdcnetlam.com/redes-con-fibra-optica/>
- WDC NETWORKS. (2022). *Fibra óptica: guía definitiva.* <https://wdcnetlam.com/fibra-optica/>
- Wi-Net Telecom S.A.C. (2023). *Planes de Internet para tu Hogar | Win Internet.* [https://win-internet.com.pe/?tsource=4583&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjw-eKpBhAbEiwAqFL0mk2oEa4862kngFOR3NbQvMP3jq\\_UyqC3RA--1m2DsOpo7zgLKFo9zxoCE78QAvD\\_BwE](https://win-internet.com.pe/?tsource=4583&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw-eKpBhAbEiwAqFL0mk2oEa4862kngFOR3NbQvMP3jq_UyqC3RA--1m2DsOpo7zgLKFo9zxoCE78QAvD_BwE)
- Yangtze Company. (2020). *Technical Specification Fiber Optic Cable Distribution Box GFS-16G. Yangtze Optical Fibre and Cable Joint Stock Limited Company.*
- ZTT Cable. (2022). *Technical Specification Joint Closure. 1–8.*

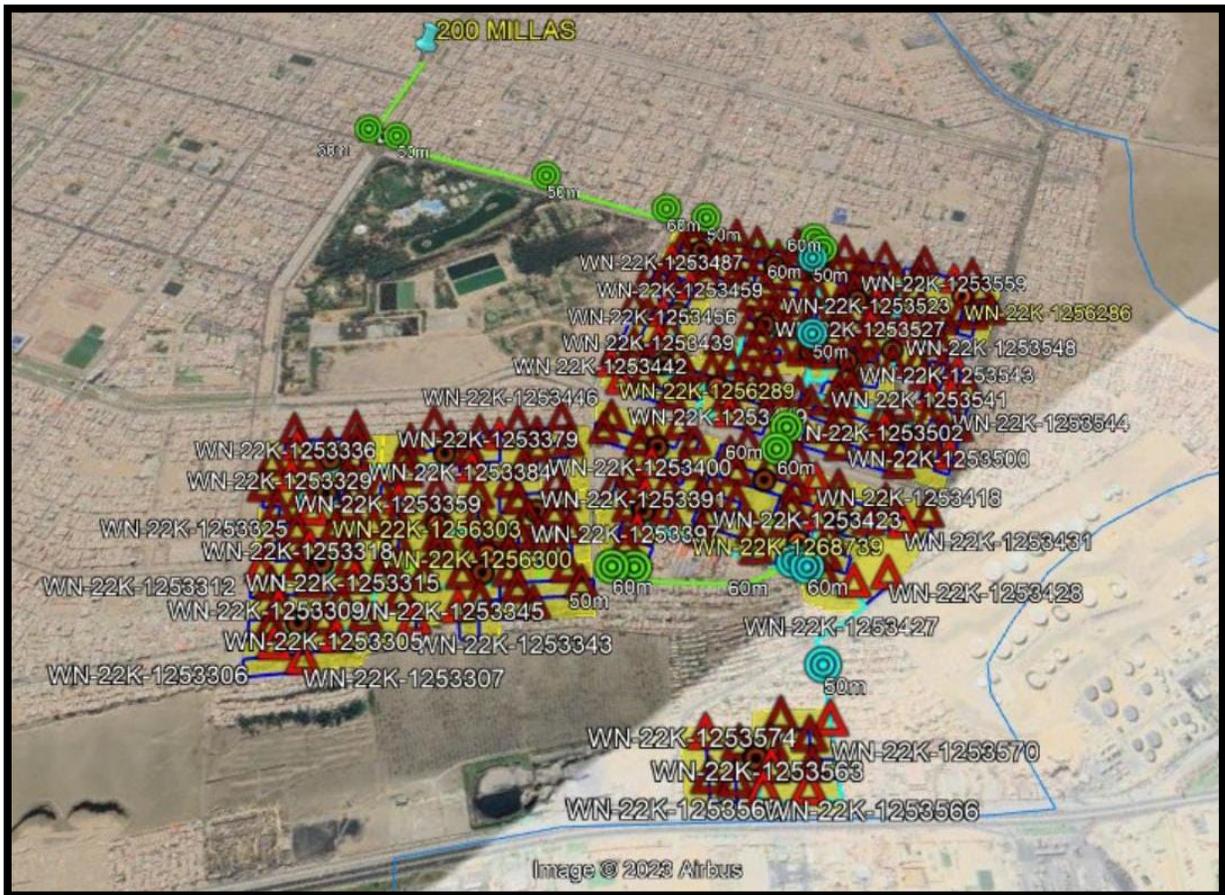
# ANEXOS

## Anexo A: Prediseño y diseño final de la red

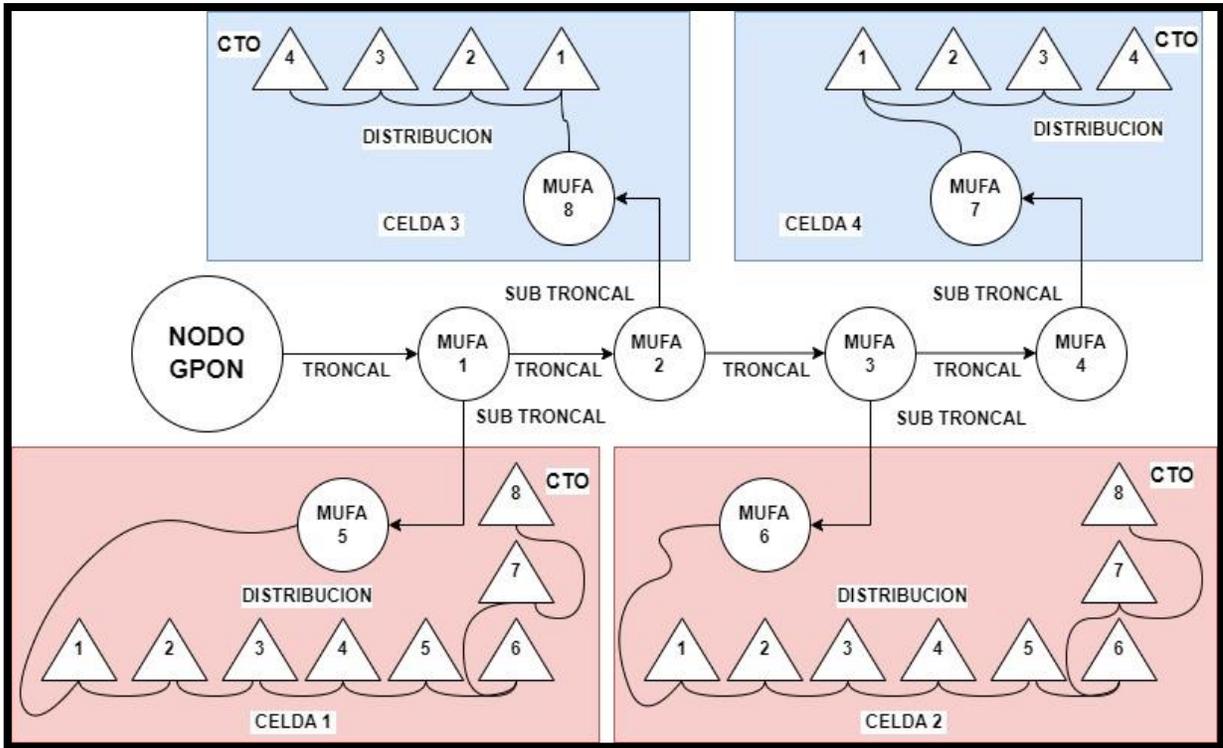
Prediseño de la red



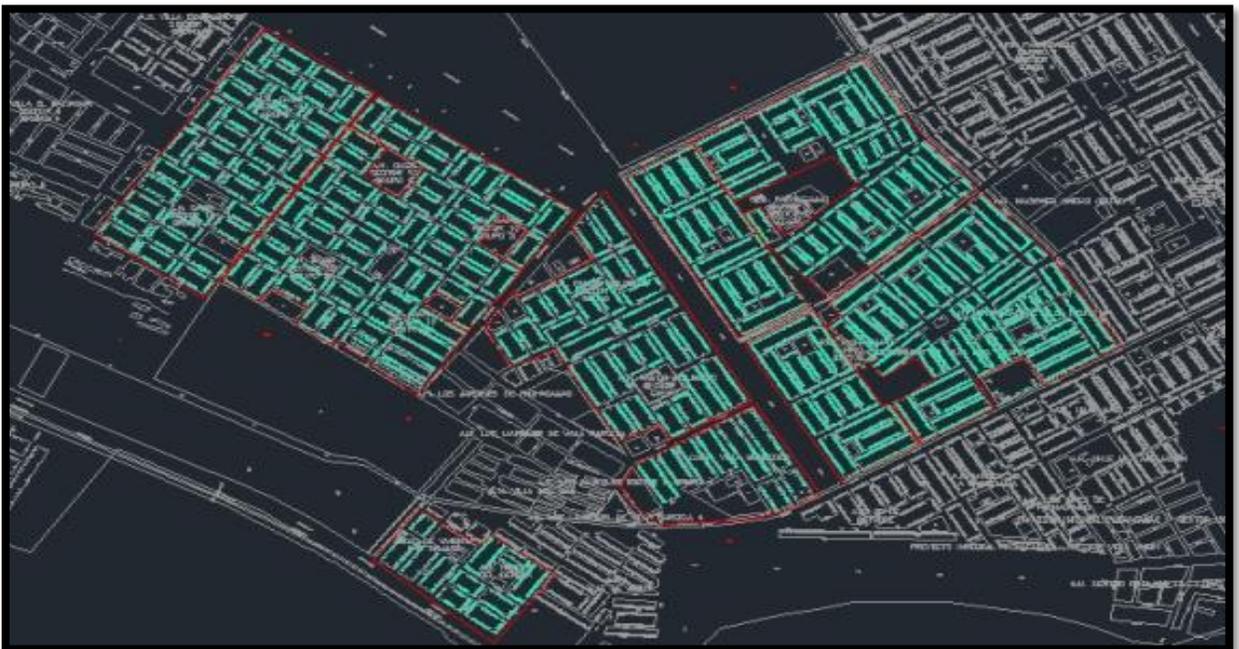
Diseño final de la red



## Anexo B: Topología de red tipo árbol



## Anexo C: Catastro en CAD para hallar la cantidad de hogares



## Anexo D: Cuadro de terminales de Mufas

PROYECTO	NODO ASOCIADO	ID	CODIGO	CELDA	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PROVINCIA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	1	WN-22K-1253303	CELDA 1	-12.24036361	-76.93665023	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	2	WN-22K-1253304	CELDA 1	-12.24086079	-76.93592171	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	3	WN-22K-1253305	CELDA 1	-12.24087348	-76.93665471	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	4	WN-22K-1253306	CELDA 1	-12.24019316	-76.93777132	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	5	WN-22K-1253307	CELDA 1	-12.24086094	-76.93747442	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	6	WN-22K-1253308	CELDA 1	-12.23976496	-76.93759501	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	7	WN-22K-1253309	CELDA 1	-12.23948938	-76.93724177	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	8	WN-22K-1253310	CELDA 1	-12.24020464	-76.93611898	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	9	WN-22K-1253311	CELDA 1	-12.23888076	-76.93640375	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	10	WN-22K-1253312	CELDA 1	-12.2384334	-76.93707454	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	11	WN-22K-1253313	CELDA 1	-12.2389409	-76.93710237	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	12	WN-22K-1253314	CELDA 1	-12.23944772	-76.93638119	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	13	WN-22K-1253315	CELDA 1	-12.23994341	-76.93560155	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	14	WN-22K-1253316	CELDA 1	-12.23951843	-76.93546699	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	15	WN-22K-1253317	CELDA 1	-12.23914021	-76.93525463	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	16	WN-22K-1253318	CELDA 1	-12.23865648	-76.93596115	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	17	WN-22K-1253319	CELDA 1	-12.23802094	-76.93649896	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	18	WN-22K-1253320	CELDA 1	-12.23808595	-76.93594534	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	19	WN-22K-1253321	CELDA 1	-12.23858787	-76.93524373	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	20	WN-22K-1253322	CELDA 1	-12.23906412	-76.93453834	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	21	WN-22K-1253323	CELDA 1	-12.23802975	-76.9442809	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	22	WN-22K-1253324	CELDA 1	-12.23832795	-76.93476388	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	23	WN-22K-1253325	CELDA 1	-12.23788055	-76.93542594	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	24	WN-22K-1253326	CELDA 1	-12.23731922	-76.9359278	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	25	WN-22K-1253327	CELDA 1	-12.2366476	-76.93597579	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	26	WN-22K-1253328	CELDA 1	-12.23735494	-76.93532927	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	27	WN-22K-1253329	CELDA 1	-12.23661265	-76.9353272	LIMA	LIMA
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	28	WN-22K-1253330	CELDA 1	-12.23758238	-76.93428996	LIMA	LIMA

## Anexo E: Cuadro de terminales de CTO

PROYECTO	NODO	ID PREDISEÑO	CODIGO	TIPO DE MUFA	MODELO	MARCA	LATITUD	LONGITUD	ESTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	1	WN-22K-1256282	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23990329	-76.92148101	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	2	WN-22K-1256283	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23904312	-76.92222957	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	3	WN-22K-1256284	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23746912	-76.92337988	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	4	WN-22K-1256285	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24119331	-76.921388325	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	5	WN-22K-1256286	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24276446	-76.91923619	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	6	WN-22K-1256287	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24162669	-76.92347901	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	7	WN-22K-1256288	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24032856	-76.92374642	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	8	WN-22K-1256289	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24101845	-76.92596918	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	9	WN-22K-1256290	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23970435	-76.92652868	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	10	WN-22K-1256291	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23867603	-76.92520302	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	11	WN-22K-1256292	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.2424156	-76.92295627	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	12	WN-22K-1256293	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24287064	-76.92186645	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	13	WN-22K-1256294	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24474692	-76.92345598	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	14	WN-22K-1256295	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24366771	-76.92688266	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	15	WN-22K-1256296	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24550036	-76.92635361	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	16	WN-22K-1256297	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24256467	-76.92956297	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	17	WN-22K-1256298	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24145375	-76.92820636	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	18	WN-22K-1256299	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24837686	-76.93147477	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	19	WN-22K-1256300	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24128735	-76.93297936	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	20	WN-22K-1256301	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24158193	-76.9333229	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	21	WN-22K-1256302	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24010732	-76.93709928	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	22	WN-22K-1256303	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23997641	-76.93340098	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	23	WN-22K-1256304	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.24107132	-76.9314576	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	24	WN-22K-1256305	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23917973	-76.93595397	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	25	WN-22K-1256306	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23769779	-76.9349163	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	26	WN-22K-1256307	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23697719	-76.93435011	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	27	WN-22K-1256308	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.23850368	-76.93218737	PROYECTADO
VILLA EL SALVADOR 3	200 MILLAS	28	WN-22K-1268739	CAJA DE EMPALME	DOMO 144H	ZTT	-12.245337	-76.927398	PROYECTADO

## Anexo F: Diagrama de empalme

