



TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

*PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED FTTH
CON EL FIN DE DISTRIBUIR SERVICIO DE
FIBRA ÓPTICA EN LA COMUNIDAD DE
SABANILLAS EN TUXPAN, VERACRUZ PARA
LA EMPRESA DIGY NETWORKS S.A. DE C.V.*

PRESENTA

WENDY JAZMÍN SÁNCHEZ BADILLO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

DIRECTOR DE TESIS

ROCÍO SÁNCHEZ ESCOBAR

DEDICATORIA

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, a los profesores que a lo largo de mi carrera me han brindado los conocimientos necesarios para mi formación como profesional.

A mis asesores que hicieron posible la realización del presente trabajo; Mi asesora la M.I.I. Rocío Sánchez Escobar por la asesoría impartida y la Ing. Gisel Román Cruz por brindarme los conocimientos necesarios en el área de telecomunicaciones.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de este proyecto de titulación. Su apoyo inquebrantable y orientación han sido fundamentales para alcanzar este logro.

En primer lugar, quiero agradecer a mi director de tesis M.I.I. Rocío Sánchez Escobar por su experiencia y guía que fueron fundamentales para dar forma a mi investigación y superar los desafíos que surgieron en el camino.

Agradezco sinceramente a mis profesores y asesores académicos que brindaron valiosas sugerencias y comentarios constructivos que enriquecieron mi trabajo.

Agradezco a mi familia por su amor incondicional y constante apoyo. Su comprensión y aliento fueron la base sobre la cual construí este proyecto.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que participaron en este estudio y proporcionaron información valiosa. Sin su colaboración, este proyecto no habría sido posible.

RESUMEN

En el presente proyecto se desglosa la construcción de una red FTTH con el objetivo de proporcionar acceso a una conectividad de alta velocidad y confiable a todos los hogares de la comunidad de Sabanillas en Tuxpan, Ver. La implementación de esta infraestructura de fibra óptica busca mejorar significativamente la calidad de vida de los residentes al facilitar un acceso rápido a Internet, servicios de transmisión de datos y otras aplicaciones de banda ancha, todo esto mediante la optimización de la red de distribución que permitirá cubrir el área correspondiente. Por otro lado, se realiza un análisis de la rentabilidad del proyecto para la empresa Digy Networks S.A de C.V., ofreciendo una perspectiva de beneficios tanto para la empresa como para el consumidor del servicio.

ABSTRACT

This project breaks down the construction of an FTTH network with the aim of providing access to high-speed and reliable connectivity to all households in the community of Sabanillas in Tuxpan, Ver. The implementation of this fiber optic infrastructure seeks to significantly improve the quality of life of residents by facilitating fast access to the Internet, data transmission services and other broadband applications, all this through the optimization of the distribution network that will cover the corresponding area. On the other hand, an analysis of the profitability of the project for the company Digy Networks S.A de C.V. is carried out, offering a perspective of benefits for both the company and the consumer of the service.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	V
1. INTRODUCCIÓN	27
1.1 ANTECEDENTES	28
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
1.2 JUSTIFICACIÓN	29
1.3 HIPÓTESIS	30
1.5 OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES	30
2. MARCO TEÓRICO	31
2.1 FIBRA ÓPTICA	31
2.1.1 Composición de la fibra óptica	31
2.1.2 Clasificación	32
2.1.3 Ventajas y desventajas de la fibra óptica	33
2.2 ELEMENTOS EN LA RED FTTH	34
2.2.1 Empalmes y conectores	34
2.2.2 Divisor óptico	36
2.2.3 Cajas de empalme	37
2.2.4 Transmisores ópticos	39
2.2.5 Receptores ópticos	40
2.3 EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ÓPTICAS	41
2.3.1 Redes ópticas	41
2.3.2 Redes de fibra óptica existentes	42
2.3.3 Redes ópticas en el tiempo	44
2.4 SOFTWARE Y HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO DE REDES FTTH	48
2.4.1 Análisis FODA	48
2.4.2 Diagrama Ishikawa para el análisis	48
2.4.3 Google Earth en el diseño de redes	49
2.4.4 Software MapMarker	51
2.5 ACTUALIDAD	52
3. ESTADO DEL ARTE	53
4. METODOLOGÍA	30
4.1 DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO	31
4.2 ANÁLISIS ESTRATÉGICO	36
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
5.2 Requerimientos de servicio para los usuarios	44
5.3 Requerimientos de equipos y materiales	51
5.4 Evaluación económica	53
5.5 Diseño final de la red	55
6. CONCLUSIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 COMPOSICIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA	32
FIGURA 2.2 FIBRA MULTIMODO Y MONOMODO	42
FIGURA 2.3 RED HFC	43
FIGURA 2.4 ENLACE PUNTO A PUNTO WDM	45
FIGURA 2.5 ELEMENTOS DE UNA RED TOTAL ÓPTICA	46
FIGURA 2.6 MODELO NUEVO PARA RED TRANSPORTE	47
FIGURA 4.1 METODOLOGÍA PARA DISEÑO DE RED FTTH	30
FIGURA 5.1 DIAGRAMA ISHIKAWA	32
FIGURA 5.2 ANÁLISIS FODA	37
FIGURA 5.3 COMUNIDAD SABANILLAS	37
FIGURA 5.4 LOCALIZACIÓN DE CIERRE PARA SALIDA A DISTRIBUCIÓN	38
FIGURA 5.5 LEVANTAMIENTO	39
FIGURA 5.6 LEVANTAMIENTO	40
FIGURA 5.7 LEVANTAMIENTO	41
FIGURA 5.8 LEVANTAMIENTO	42
FIGURA 5.8 PLANIFICACIÓN	47
FIGURA 5.9 CIERRE TRONCAL	48
FIGURA 5.10 BOSQUEJO DE DISTRIBUCIÓN DE RED	49
FIGURA 5.11 DIAGRAMA DE NODOS	50
FIGURA 5.12 RUTA ÓPTIMA	51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 5.1 COORDENADAS DE POSTERIA	43
TABLA 5.2 DATOS PARA LA PLANEACIÓN	44
TABLA 5.3 PERDIDA DE COMPONENTES PASIVOS	46
TABLA 5.4 REQUERIMIENTO DE EQUIPO Y MATERIALES PARA LA RED	52
TABLA 5.5 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN	53
TABLA 5.6 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN	53
TABLA 5.7 PRESUPUESTO DE VENTAS	54

1. INTRODUCCIÓN

En la era de la información y la comunicación, el acceso a Internet de alta velocidad se ha convertido en un elemento esencial para la vida cotidiana. Las redes de fibra óptica hasta el hogar, conocidas como FTTH, se han posicionado como una solución de vanguardia para satisfacer esta creciente demanda de conectividad en nuestras comunidades.

FTTH, o Fiber to the Home, es una tecnología de conexión de Internet que implica la instalación de cables de fibra óptica directamente en los hogares de los usuarios. A diferencia de las tecnologías tradicionales que utilizan cobre o coaxial, la fibra óptica proporciona velocidades de Internet extremadamente altas y una mayor capacidad de transferencia de datos. Esto significa que las redes FTTH son capaces de ofrecer una experiencia de navegación más rápida y confiable, lo que se traduce en una mayor calidad de vida para las personas.

La implementación de FTTH en comunidades no solo mejora la calidad de vida de los residentes, sino que también impulsa el desarrollo económico y social. Facilita la creación de empleo, atrae inversores y empresas tecnológicas, y abre la puerta a una amplia gama de servicios avanzados, como la telemedicina y la educación a distancia.

(López P., 2018)

Las redes FTTH representan un avance tecnológico fundamental en la conectividad de nuestras comunidades. Ofrecen una experiencia de Internet más rápida y fiable, transforman la forma en que trabajamos y aprendemos, y tienen un impacto positivo en la economía local. El presente proyecto propone la implementación de FTTH en nuestras comunidades como un paso esencial para mantenernos conectados y competitivos en la era digital.

1.1 Antecedentes

En la era actual, la demanda de conectividad de alta velocidad ha aumentado exponencialmente, tanto en hogares como en empresas. Con la creciente dependencia de servicios en línea, la infraestructura de red existente a menudo se ve limitada en términos de ancho de banda y velocidad de conexión. En este contexto, se identifica la necesidad de implementar una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH, por sus siglas en inglés) para satisfacer las demandas actuales y futuras de conectividad de manera eficiente y confiable.

Limitaciones de la Infraestructura Actual: Las redes de acceso tradicionales, basadas en tecnologías como el cable coaxial o el par trenzado, presentan limitaciones significativas en términos de velocidad y capacidad de transmisión de datos. Estas limitaciones afectan negativamente la experiencia del usuario y restringen el despliegue de servicios avanzados, como la transmisión de contenido en alta definición, videoconferencias y aplicaciones interactivas.

Demanda Creciente de Ancho de Banda: La creciente popularidad de servicios de transmisión de video, juegos en línea, teletrabajo y educación a distancia ha generado una demanda insostenible para las redes tradicionales. Los usuarios requieren una conexión de alta velocidad y baja latencia para satisfacer sus necesidades digitales, lo que impulsa la necesidad de migrar hacia soluciones más avanzadas y eficientes.

Ventajas de la Tecnología FTTH: La fibra óptica hasta el hogar (FTTH) se destaca como una solución tecnológica capaz de proporcionar velocidades de conexión extremadamente altas y un ancho de banda significativamente mayor en comparación con las tecnologías de acceso convencionales. Además, la fibra óptica es menos susceptible a interferencias electromagnéticas y ofrece una mayor fiabilidad, lo que garantiza una experiencia de usuario más consistente.

1.2 Planteamiento del problema

Actualmente la mayoría de los dispositivos tecnológicos requiere una conexión a internet para lograr su funcionamiento óptimo, de acuerdo con el informe Cisco Visual Networking Index el promedio de dispositivos que necesitan conexión a internet es de 7 dispositivos por persona.

La comunidad de sabanillas se encuentra a 6.1 kilómetros (en dirección Suroeste) de la localidad de Tuxpan de Rodríguez Cano, que es la que más habitantes tiene dentro del municipio, cuenta con un total de 287 habitantes en 87 viviendas; De acuerdo con el sitio “Pueblos América”, en 2020 solo el 11.49% de las viviendas contaba con conexión a internet y para 2023 las viviendas con servicio aumentaron a 76.47%; sin embargo el servicio con el que cuenta la comunidad es por medio de WISP, lo cual representa una limitación en la disponibilidad y velocidad del servicio. El uso de dispositivos inteligentes se ha convertido en una herramienta básica para el desarrollo de actividades tanto educativas como laborales. Por esta razón es imprescindible tener una conectividad óptima y sin interrupciones.

La empresa Digy Networks S.A de C.V. está comprometida con llevar el servicio de internet de fibra óptica a las comunidades rurales donde no se cuente con conexión a internet o aún se utilice la conexión por medio de WISP, contribuyendo a la comunicación de la población a la vez que se pretende incrementar la rentabilidad de la empresa al obtener nuevos clientes en lugares donde otros proveedores no cuentan como servicio.

1.3 Justificación

La comunidad de sabanillas actualmente depende de una infraestructura de comunicación basada principalmente en conexiones a través de WISP. Esto ha resultado en una calidad de conexión insatisfactoria, velocidades de internet lentas y una experiencia poco agradable para los usuarios. Los servicios de video en streaming, y aplicaciones en línea son cada vez más demandados, lo que agrava aún más la insuficiencia de la infraestructura actual. Con la propuesta del diseño de fibra óptica se pretende mejorar significativamente la calidad de la conexión de internet para todos los usuarios, lo que permitirá un acceso más rápido y confiable a servicios en línea.

Mayor satisfacción de los residentes de la comunidad al disfrutar de una experiencia de internet sin interrupciones y con mayor velocidad. Fortalecimiento de la educación en línea y el trabajo, lo que favorecerá el desarrollo profesional y académico de los habitantes de la comunidad.

Dentro de los beneficios para la empresa Digy Networks se pretende expandir la cobertura de servicio, aumentar la rentabilidad y presencia en el mercado de las telecomunicaciones para incrementar la cartera de clientes, la técnica de desarrollo de la empresa está basada en distribuir servicio en zonas de poco alcance donde otros proveedores no llegan y ofrecer al usuario un servicio de calidad.

1.4 Hipótesis

Al desarrollar una red de distribución FTTH se mejorará la calidad del servicio de internet y se eliminaran las interrupciones frecuentes además de ser un proyecto redituable para la empresa Digy Networks S.A. de C.V.

1.5 Objetivos generales y particulares

Objetivo general

Diseñar una red FTTH con el fin de distribuir servicio de fibra óptica en la comunidad de Sabanillas en Tuxpan, Veracruz para la empresa Digy Networks S.A. de C.V.

Objetivos Particulares

- Realizar el levantamiento de infraestructura para la construcción de la red.
- Evaluar los requerimientos de servicio para los usuarios.
- Calcular los requerimientos de equipo y material para la elaboración de la red.
- Evaluar la viabilidad económica del proyecto.
- Elaborar el diseño final de la red FTTH para la comunidad de Sabanillas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fibra óptica

Este es el elemento principal de la red de la que obtuvo su nombre. A la fibra óptica se puede definir como un cable o filamento de vidrio de alta pureza u otro material transparente capaz de transmitir rayos de luz. Es bastante flexible, su grosor es muy inferior y tiene propiedades es necesario llevar haces que lleven información gracias a una serie de reflexiones internas.

(Lattanzi, 2011)

2.1.1 Composición de la fibra óptica

La función general, el comportamiento y la amplitud de una fibra óptica se determinan crucialmente por su geometría física y su índice de refracción. Aunque existen diversos tipos de cintas de fibra óptica, comparten una estructura básica que permite la transferencia de señales ópticas. Todas las fibras ópticas constan de tres capas concéntricas con propiedades distintas:

1. **Núcleo:** Esta es la parte interna de la fibra encargada de guiar las señales ópticas desde la fuente de luz hasta el receptor. Generalmente compuesto de cuarzo ultrapuro, plástico o sílice a altas temperaturas, el núcleo tiene un diámetro pequeño (de 10 a 300 μm), y cuanto mayor es su diámetro, mayor cantidad de luz puede transportar el cable.
2. **Revestimiento:** Situado en el medio de la fibra, rodea y protege el núcleo. Este revestimiento tiene un índice de refracción más bajo que el núcleo, actuando como una capa reflectante similar a un espejo. Su material, generalmente silicio cristalino de alta temperatura, es cuarzo o plástico transparente. Varias capas de plástico se agregan a esta capa para absorber impactos y proteger contra flexiones excesivas, asegurando la resistencia de la fibra.
3. **Recubrimiento:** La capa externa actúa como amortiguador, protegiendo el núcleo y el revestimiento contra daños externos. Hecho de material plástico resistente a la humedad, compresión, roedores y otros peligros ambientales, proporciona protección mecánica al cable contra manipulaciones.

4. A menudo, se divide en dos subcapas: el revestimiento primario y el revestimiento secundario, especialmente cuando se utiliza la fibra al aire libre o bajo tierra.

(Lattanzi, 2011)

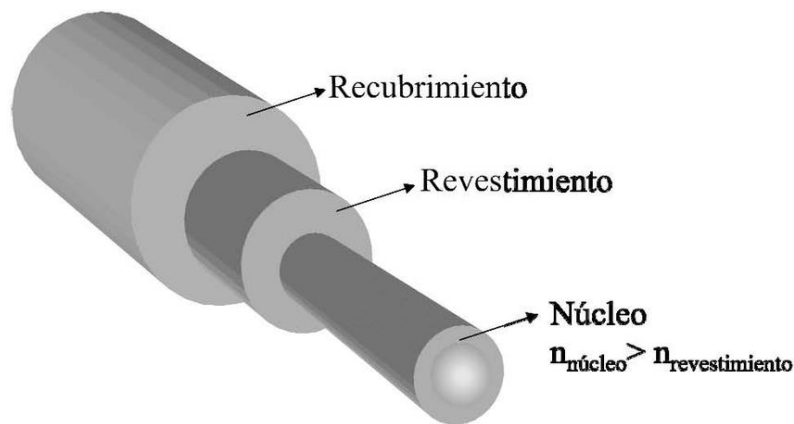


Figura 2.1 Composición de la fibra óptica

Fuente: (Lattanzi, 2011)

2.1.2 Clasificación

Fibra de silicio: Se trata de la variedad más pura de vidrio en su forma cristalina, destacando por su excelente conductividad y capacidad para transportar luz de manera eficiente.

Fibra de vidrio: Esta fibra presenta tanto un núcleo de vidrio como una cubierta óptica con índices de refracción diferentes. Suele tener un diámetro que oscila entre 50 y 70 micras.

Fibra de plástico: Compuesta por un núcleo de metacrilato de metilo y una cubierta óptica de polímero plástico con índices de refracción distintos. Este tipo de fibra proporciona ventajas en términos de uniformidad en el espectro visible, filtrado de rayos ultravioleta e infrarrojo, resistencia mecánica, flexibilidad y facilidad de instalación debido a su peso reducido.

Fibras de núcleo líquido: Representan una tecnología más reciente y constan de un núcleo líquido recubierto por una capa óptica de polímero. Su grosor es mayor en comparación con otros tipos de fibras (3-8 mm), y su principal aplicación se centra en la iluminación en modo monofibra.(Millan, 2008)

2.1.3 Ventajas y desventajas de la fibra óptica

Ventajas

- Instalación sencilla.
- Alta velocidad de transmisión de datos.
- Conexión directa de centrales a empresas.
- Amplio ancho de banda.
- La fibra óptica, al ser delgada y flexible, es más liviana y ocupa menos espacio que el cable coaxial y el cable par trenzado.
- Acceso continuo e ilimitado las 24 horas del día sin congestiones.
- La fibra óptica permite navegar por Internet a velocidades de hasta 2 millones de bps, una hazaña impensable en los sistemas convencionales, donde la mayoría de los usuarios se conecta a velocidades de 10mbps, 100mbps o 1000mbps.
- Transmisión de video y sonido en tiempo real.
- La materia prima para su fabricación es abundante en la naturaleza.
- Compatible con la tecnología digital.
- Ofrece una gran seguridad, ya que la intrusión en una fibra óptica es fácilmente detectable por el debilitamiento de la energía luminosa en la recepción, además de no irradiar nada, lo cual es especialmente útil para aplicaciones que requieren alto nivel de confidencialidad.
- Resiste el calor, el frío y la corrosión.
- Varios cables de fibra óptica pueden agruparse para crear una manguera que transporte grandes cantidades de tráfico, siendo inmune a interferencias.
- Insensibilidad a la interferencia electromagnética, a diferencia de los alambres telefónicos que pueden perder parte de su señal.

- Solo las personas que viven en las áreas de la ciudad donde ya está instalada la red de fibra óptica pueden suscribirse. (Jason, 2021)

Desventajas

- La conexión de fibra óptica implica un costo elevado, ya que las empresas no tarifican por el tiempo de uso, sino por la cantidad de información transferida a dispositivos conectados a Internet, medido en bytes.
- La instalación de fibra óptica tiene un costo significativo.
- Comparativamente, el costo es alto en relación con otros tipos de cables.
- Existe fragilidad en las fibras ópticas.
- Es crucial alinear con extrema precisión los diminutos núcleos de los cables al realizar empalmes para evitar pérdidas excesivas de señal.
- La reparación de un cable de fibra roto presenta dificultades.
- Se requiere personal altamente especializado para llevar a cabo fusiones y empalmes de fibra óptica. (Jason, 2021)

2.2 Elementos en la red FTTH

2.2.1 Empalmes y conectores

En términos generales, los empalmes se emplean para unir tramos de fibra óptica, mientras que los conectores se utilizan para vincular las fibras a dispositivos finales como la ONT o el router, o para establecer conexiones en puntos de distribución. La elección entre un tipo de empalme o conector se basa en las necesidades específicas de la red FTTH y la instalación, considerando factores como la pérdida de inserción, la facilidad de instalación y la durabilidad. En las redes FTTH, tanto los empalmes como los conectores son componentes cruciales para asegurar la integridad y la calidad de las conexiones de fibra óptica. (Altamar, 2021)

Empalmes en Redes FTTH:

- **Empalme Mecánico:** En este tipo de empalme, se unen directamente los extremos de dos fibras ópticas mediante un dispositivo que alinea y conecta físicamente ambas fibras. Estos empalmes son empleados para la reparación de cables dañados o para unir segmentos de fibra óptica.
- **Empalme por Fusión (Splicing):** En el empalme por fusión, los extremos de dos fibras ópticas se funden, creando así una fibra continua. Este proceso, altamente preciso, se utiliza con frecuencia en la instalación de nuevas redes FTTH. Los empalmes por fusión ofrecen una pérdida de inserción baja, siendo ideales para garantizar la transmisión ininterrumpida de datos.
- **Caja de Empalmes (Splice Box):** Estas cajas se emplean para resguardar tanto empalmes como conexiones de fibra óptica. Ofrecen un entorno seguro y libre de polvo, preservando la integridad de las fibras unidas. (Altamar, 2021)

Conectores en Redes FTTH:

- **Conector SC (Subscriber Connector):** Los conectores SC son frecuentes en redes FTTH y se caracterizan por un mecanismo de enganche y desenganche con una forma cuadrada que proporciona una pérdida de inserción baja. Su aplicación principal es la conexión de cables de fibra óptica a dispositivos como la ONT o el router.
- **Conector LC (Lucent Connector):** Los conectores LC son de menor tamaño y adoptan una forma similar a los conectores RJ-45 empleados en cables Ethernet. Son especialmente útiles en espacios reducidos y suelen emplearse en equipos de telecomunicaciones y routers.
- **Conector ST (Straight Tip):** Estos conectores, con una carcasa cilíndrica, se utilizan principalmente en redes locales. Aunque menos comunes en FTTH, todavía se encuentran en algunos dispositivos de red.
- **Conector MPO (Multi-fiber Push-On):** Los conectores MPO se utilizan para conectar múltiples fibras en aplicaciones de alta densidad, como en centros de datos y edificios de oficinas. Aunque no son tan frecuentes en conexiones de usuario final en FTTH, son esenciales para entornos con altas demandas.

- **Conector de Terminación Rápida (Quick-Connect):** Estos conectores están diseñados para instalaciones más rápidas y sencillas, aunque pueden tener una pérdida de inserción ligeramente superior en comparación con los conectores tradicionales.

(Altamar, 2021)

2.2.2 Divisor óptico

Los divisores ópticos representan elementos cruciales en las redes FTTH al posibilitar la distribución de la señal de fibra óptica desde una fuente única hacia varios usuarios finales. Estos dispositivos desempeñan un papel esencial en la configuración de arquitecturas punto a multipunto, ya que permiten compartir eficientemente la señal óptica.

Conocidos también como divisores de luz o de fibra, estos dispositivos tienen la función de fragmentar la señal de fibra óptica en múltiples señales más tenues, posibilitando así que una señal única pueda ser compartida entre diversos usuarios o dispositivos. Este proceso resulta fundamental en la implementación de FTTH, donde se busca llevar la señal de fibra desde un nodo central hacia múltiples hogares o empresas. (Molero, 2010)

Tipos de Divisores Ópticos:

1. **Divisor Óptico Pasivo (PON, por sus siglas en inglés - Passive Optical Network):**
En FTTH, los divisores pasivos, como los utilizados en la tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network) o EPON (Ethernet Passive Optical Network), se utilizan comúnmente. Estos divisores son pasivos porque no requieren energía eléctrica para funcionar. Los divisores pasivos dividen la señal de fibra en múltiples caminos sin amplificarla, lo que permite compartir el ancho de banda de manera eficiente entre varios usuarios.
2. **Divisor Óptico Activo:** A diferencia de los divisores pasivos, los divisores activos amplifican la señal óptica antes de dividirla. Estos se utilizan en algunas arquitecturas FTTH, como las redes punto a punto, y requieren energía eléctrica para funcionar. (Molero, 2010)

Aplicaciones de los Divisores Ópticos en FTTH:

Los divisores ópticos se utilizan en diversos puntos de la red FTTH:

- **En el Nodo Central:** El nodo central es el punto donde la señal óptica se divide en múltiples direcciones para llegar a los hogares de los usuarios.
- **En los Puntos de Distribución:** Los divisores ópticos se utilizan en puntos de distribución intermedios para subdividir aún más la señal antes de llegar a los hogares individuales.
- **En las Cajas de Empalme:** En algunos casos, los divisores ópticos se alojan en cajas de empalme donde se realizan empalmes con cables de fibra óptica y se distribuye la señal hacia los hogares.
- **En los Terminales de Usuario:** En el hogar del usuario, los divisores ópticos se utilizan para separar la señal óptica en múltiples conexiones, lo que permite la conexión de dispositivos como la ONT (Optical Network Terminal) que se encarga de convertir la señal óptica en una señal eléctrica utilizada por dispositivos como routers y computadoras. (FS COMMUNITY, 2023)

2.2.3 Cajas de empalme

Las cajas de empalme, también conocidas como cajas de derivación, son componentes fundamentales en las redes de fibra óptica, incluyendo las redes FTTH (Fiber to the Home). Estas cajas se utilizan para proteger, organizar y empalmar las fibras ópticas, lo que es esencial para mantener la integridad de la señal y facilitar el mantenimiento de la red. Aquí tienes información sobre las cajas de empalme en redes FTTH:

Funciones de las Cajas de Empalme:

1. **Protección de las Fibras Ópticas:** Las cajas de empalme están diseñadas para proteger las delicadas fibras ópticas contra factores ambientales como el polvo, la humedad, la suciedad y los daños mecánicos. Esto asegura que las señales ópticas se mantengan intactas y sin interferencias.
2. **Organización de las Fibras:** Estas cajas proporcionan un espacio organizado para empalmar y derivar las fibras ópticas. Esto facilita el acceso y el mantenimiento de las conexiones y los empalmes en la red.

3. **Seguridad:** Las cajas de empalme a menudo cuentan con cerraduras o sellos para proteger el acceso no autorizado y garantizar la seguridad de la red de fibra óptica.

(HONE OPTICAL FIBER Y MORE, 2021)

Tipos de Cajas de Empalme:

- **Cajas de Empalme en Derivación:** Estas cajas se utilizan para empalmar fibras ópticas de manera directa, lo que permite conectar dos segmentos de fibra de manera segura y protegida.
- **Cajas de Empalme en Derivación con Bandejas:** Las bandejas se utilizan para organizar y proteger los empalmes. Las fibras se empalman en las bandejas, que se deslizan dentro de la caja de empalme. Esto facilita el acceso a las conexiones y empalmes.
- **Cajas de Empalme en Derivación sin Bandejas:** En este caso, las fibras se empalman directamente en la caja sin el uso de bandejas. Estas cajas son más simples y adecuadas para aplicaciones con un menor número de fibras.
- **Cajas de Empalme de Domo:** Estas cajas tienen una forma de cúpula y se utilizan comúnmente en aplicaciones aéreas, como en postes telefónicos. Proporcionan protección contra condiciones climáticas adversas.

(HONE OPTICAL FIBER Y MORE, 2021)

Ubicaciones de las Cajas de Empalme en FTTH:

En los Nodos de Distribución: Las cajas de empalme se encuentran en los nodos de distribución, donde la señal óptica se divide para llegar a los hogares de los usuarios. Aquí se realizan empalmes y conexiones antes de distribuir la señal.

En los Puntos de Distribución: En redes FTTH con arquitectura punto a punto, las cajas de empalme se instalan en puntos de distribución intermedios para subdividir la señal hacia los hogares individuales.

En los Hogares de los Usuarios: En algunos casos, especialmente en entornos de FTTH de propiedad privada o en aplicaciones empresariales, se pueden instalar cajas de empalme en los hogares de los usuarios.

2.2.4 Transmisores ópticos

Los transmisores ópticos son componentes esenciales en las redes de fibra óptica, incluyendo las redes FTTH. Estos dispositivos se encargan de convertir señales eléctricas en señales ópticas (luz) para su transmisión a través de las fibras ópticas.

Funciones de los Transmisores Ópticos:

Los transmisores ópticos tienen dos funciones principales:

1. **Modulación de la Luz:** Los transmisores ópticos modulan una señal eléctrica de entrada, lo que significa que varían la intensidad de la luz emitida de acuerdo con la información que se está transmitiendo. Esto se logra utilizando tecnologías como el diodo láser (LD) o el diodo emisor de luz (LED).
2. **Inyección de la Señal Óptica en la Fibra:** Una vez que la señal eléctrica se ha modulado, el transmisor óptico emite luz hacia la fibra óptica, inyectando así la señal en la fibra para su transmisión. Esto es crucial para el transporte de datos a través de la red FTTH.

Tipos de Transmisores Ópticos:

1. **Diodo Emisor de Luz (LED):** Los LEDs son dispositivos más simples y económicos utilizados en aplicaciones de corta distancia. Aunque ofrecen una menor velocidad de transmisión y alcance que los láseres, son adecuados para aplicaciones como redes locales y comunicaciones a corta distancia en FTTH.
2. **Diodo Láser (LD):** Los diodos láser son dispositivos más avanzados y ampliamente utilizados en redes de fibra óptica de larga distancia, incluyendo FTTH. Los láseres son capaces de proporcionar una mayor velocidad de transmisión y un alcance más largo que los LEDs. Existen diferentes tipos de diodos láser, como los diodos láser de cavidad vertical (VCSEL) y los diodos láser de emisión continua (FP-LD).

Ubicación de los Transmisores Ópticos en FTTH:

Los transmisores ópticos se ubican en el nodo central de la red FTTH, donde se inyecta la señal óptica en la fibra óptica. A partir de aquí, la señal se distribuye a través de la red hasta llegar a las ONT (Optical Network Terminals) en los hogares de los usuarios. Cada ONT recibe la señal óptica y la convierte nuevamente en señales eléctricas que pueden ser utilizadas por los dispositivos del usuario, como routers y computadoras.

En resumen, los transmisores ópticos son esenciales para la transmisión de datos a través de las redes FTTH. Su capacidad para modular señales eléctricas en señales ópticas y su ubicación en el nodo central de la red permiten que la información sea transmitida de manera eficiente y confiable hasta los usuarios finales. (Fernández, 2018)

2.2.5 Receptores ópticos

Estos dispositivos desempeñan un papel fundamental al convertir señales ópticas (luz) en señales eléctricas, permitiendo a los usuarios finales acceder a los servicios de comunicación a través de la fibra óptica. A continuación, te proporciono información sobre los receptores ópticos y su función en las redes FTTH:

Funciones de los Receptores Ópticos:

Los receptores ópticos cumplen dos funciones principales:

1. **Recepción de la Señal Óptica:** Su tarea principal es capturar la señal óptica que viaja a través de la fibra óptica. Esto implica detectar la luz modulada que transporta la información.
2. **Conversión a Señal Eléctrica:** Una vez que la señal óptica ha sido recibida, el receptor óptico la convierte en una señal eléctrica que puede ser procesada y utilizada por los dispositivos electrónicos, como routers, computadoras o teléfonos.

Tipos de Receptores Ópticos:

1. **Fotodiodos:** Los fotodiodos son componentes fotodetectores que convierten la luz óptica en corriente eléctrica. Son utilizados en aplicaciones que requieren una respuesta rápida y son adecuados para detectar señales en redes FTTH de corta distancia.
2. **Fotodiodos de Avalancha (APD):** Los fotodiodos de avalancha son una variante de los fotodiodos que proporcionan una mayor ganancia de señal. Se utilizan en aplicaciones que requieren una mayor sensibilidad y alcance en redes FTTH de larga distancia.

3. **Fototransistores:** Los fototransistores son otro tipo de componentes fotodetectores que amplifican la señal óptica. Son adecuados para aplicaciones que requieren una mayor ganancia de señal.
4. **Receptores Coherentes:** En algunas redes FTTH avanzadas, se utilizan receptores coherentes que pueden detectar y procesar señales ópticas con información más compleja, como la modulación de fase y la polarización. Estos receptores se utilizan en aplicaciones de alta capacidad y alta velocidad. (Fernández, 2018)

Ubicación de los Receptores Ópticos en FTTH:

Los receptores ópticos se encuentran en las ONT (Optical Network Terminals) instaladas en los hogares de los usuarios dentro de una red FTTH. La ONT desempeña la función de transformar la señal óptica en una señal eléctrica, que posteriormente puede ser aprovechada por los dispositivos del usuario, tales como routers, computadoras y teléfonos.

En síntesis, los receptores ópticos son elementos fundamentales para que los usuarios finales tengan acceso a los servicios de comunicación en las redes FTTH. Al llevar a cabo la conversión de señales ópticas a señales eléctricas, posibilitan que los dispositivos electrónicos utilicen la información transmitida a través de la fibra óptica. (Fernández, 2018)

2.3 Evolución de las redes de ópticas

2.3.1 Redes ópticas

Las fibras ópticas desempeñan un papel fundamental en los sistemas de telecomunicaciones, ya que facilitan la transmisión eficiente de grandes volúmenes de datos a largas distancias y altas velocidades. Estos cables son especialmente valiosos en la transmisión de información debido a su capacidad para evitar interferencias eléctricas. Además, encuentran aplicaciones en redes de área local donde se exige resistencia y confiabilidad elevadas.

Una fibra óptica constituye un medio de transmisión compuesto por un delgado filamento de material transparente, ya sea vidrio o plástico, a través del cual se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. La fuente lumínica puede ser un láser o un diodo emisor de luz (LED). El haz de luz permanece completamente confinado y se desplaza por el núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión mayor que el ángulo crítico de reflexión total, obedeciendo la ley de Snell.

La fórmula simple utilizada calcula el ángulo de refracción de la luz al pasar por la interfaz entre dos medios transmisores de luz con diferentes índices de refracción. Los distintos trayectos que puede seguir un haz de luz dentro de una fibra óptica son denominados modos de propagación, y basándose en estos modos, existen dos tipos de fibras ópticas: multimodo, que permite el paso de varios haces de luz, y monomodo, que posibilita el paso de un solo haz de luz. (Capmany, 2006)

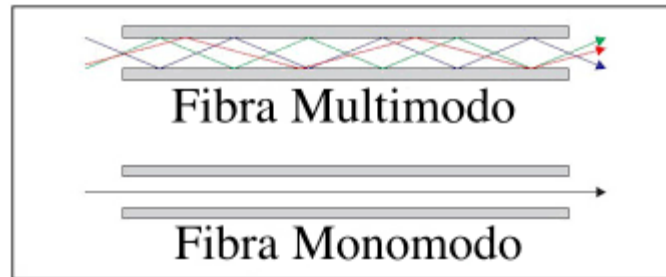


Figura 2.2 Fibra multimodo y monomodo

Fuente: (Telpro Madrid, 2019)

2.3.2 Redes de fibra óptica existentes

El cable de fibra óptica posibilita la creación de diversos tipos de redes, la mayoría de las cuales ofrecen velocidades elevadas y un alto nivel de seguridad. Algunas de las redes de comunicación de datos actuales comprenden:

Red FDDI (Fiber Distributed Data Interface): Introducida en la década de 1980 para respaldar estaciones de trabajo de alta velocidad, esta red utiliza una configuración en estrella y lógica de token ring dual. Consiste en dos o más conexiones punto a punto entre estaciones, implementando un mecanismo de transmisión de token similar al de la red Token Ring.

Red 10BaseF: Estas redes de 10 Mbps utilizan segmentos de fibra multimodo con dos canales para transmitir y recibir datos. Originalmente, el estándar para Ethernet sobre fibra era Fiber Optic Repeat Link (FOIRL), y 10Base Fe era el término genérico para la familia de estándares Ethernet.

Fast Ethernet 100Base FX: Operando a 100 Mbps y manteniendo la compatibilidad de acceso a medios, estas redes conectan directamente la tarjeta de red de la estación de trabajo al concentrador 100Base FX. Los segmentos pueden tener una longitud de hasta 412 m.

Gigabit Ethernet 1000Base SX y 1000Base LX: Una extensión del estándar IEEE 802.3, proporciona un aumento de velocidad de 10 veces. Incluye fibra de banda base de longitud de onda corta (1000Base SX) para distancias de hasta 260 m sobre pares de fibra multimodo y fibra de onda larga (1000Base LX) para distancias de 3 a 10 km sobre pares de fibra monomodo.

Red SONET/SDH de alta velocidad: Un conjunto de estándares para la transmisión síncrona de datos sobre redes de fibra óptica. Con velocidades de transferencia de hasta 10 Gbps, incluye SONET (Synchronous Optical Network) y SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

Red HFC (Híbrida/Fibra Coaxial): Una red de telecomunicaciones por cable híbrido que combina fibra óptica y cable coaxial. Se compone de cuatro secciones distintas: red terminal, red troncal, red de distribución y red de usuarios. (Capmany, 2006)

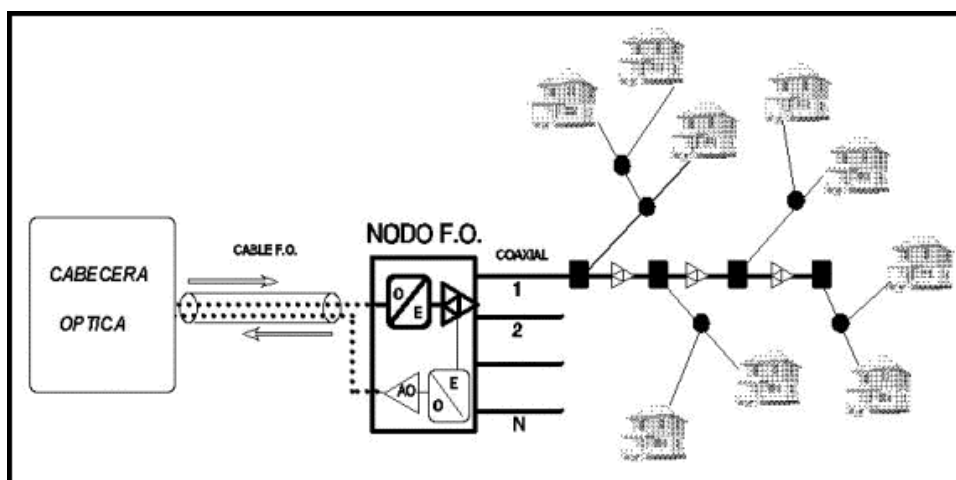


Figura 2.3 red HFC

Fuente: (Capmany, 2006)

2.3.3 Redes ópticas en el tiempo

Las tecnologías de transmisión a través de fibra óptica han experimentado cambios significativos en respuesta a la creciente necesidad de servicios y conexiones de banda ancha. Este aumento en la demanda ha influido directamente en la arquitectura de las redes ópticas, especialmente por el rendimiento obtenido mediante WDM (Wavelength Division Multiplexing). Este avance ha dado lugar a la definición de tres generaciones distintas en la evolución de las redes ópticas: primera, segunda y tercera generación. (López M., 2009)

Redes ópticas de primera generación

Las redes de la primera generación se distinguen por adoptar la fibra como el único medio de transporte de alta capacidad en lugar del cobre. Estas implementaciones son comunes en redes públicas de telecomunicaciones, excluyendo las redes de acceso, y mayormente transportan señales del tipo SDH o su equivalente norteamericano, SONET.

En estas redes, la tecnología de multiplexado utilizada es el multiplexado por división de longitud de onda (WDM), permitiendo la obtención de múltiples fibras virtuales de una sola fibra óptica. Cada señal se transmite sobre una portadora óptica con longitudes de onda distintas, posibilitando así el envío de múltiples señales a través de la misma fibra, simulando que cada señal viaja por su propia fibra.

La infraestructura de estas redes se basa en enlaces WDM punto a punto, como se ilustra en la Figura 2.4. En este diseño, todo el tráfico de un enlace se extrae en cada nodo y se convierte del dominio óptico al dominio eléctrico para el procesamiento de enrutamiento. A su vez, todo el tráfico saliente del nodo requiere ser convertido nuevamente a formato óptico antes de ser enviado a través del puerto de salida correspondiente.

(López M. , 2009)

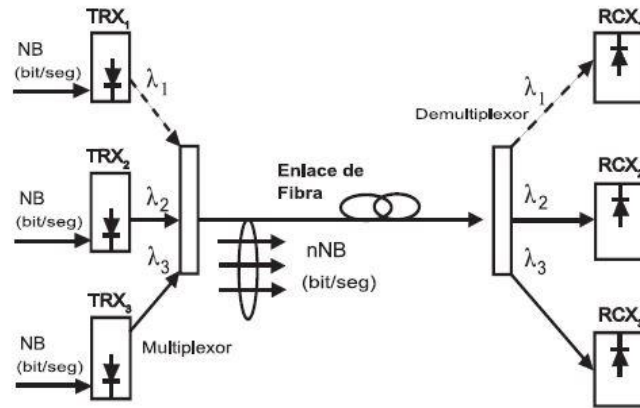


Figura 2.4 Enlace punto a punto WDM

Fuente: (López M., 2009)

Redes ópticas de segunda generación

También conocidas como redes de enrutamiento de longitud de onda o redes de conmutación de circuitos ópticos, estas redes no solo se limitan a la simple transmisión punto a punto en el dominio óptico, sino que también realizan funciones adicionales como enrutamiento, conmutación, así como tareas de control, gestión y protección de la red. La implementación de una nueva capa intrared, conocida como capa óptica o capa WDM, en estas redes de segunda generación aporta significativos ahorros en equipamiento y procesamiento eléctrico en los nodos. Esta capa, situada en el nivel más bajo de la jerarquía de la red, presta servicios a capas superiores como SDH, ATM (Modo de transferencia asíncrono) e IP (Protocolo de Internet).

En las redes ópticas de segunda generación, basadas en conexiones, surge el desafío de formar rutas ópticas, conocido como el problema de determinación de enrutamiento y longitud de onda. Las solicitudes de conexión, que pueden ser estáticas o dinámicas, presentan características estáticas en las redes de enrutamiento de longitud de onda, lo que resulta en una utilización relativamente ineficiente de la red debido a la reconfiguración poco frecuente y al uso específico de longitudes de onda. Esto puede llevar a no tener en cuenta la naturaleza altamente variable del tráfico para optimizar eficientemente la infraestructura de Internet.

En respuesta a estas limitaciones, se han desarrollado arquitecturas de transporte que posibilitan una rápida adquisición de los recursos de la red y funcionan eficazmente en situaciones de tráfico de ráfagas, dando origen a las denominadas Redes ópticas de tercera generación.

(Puerto, 2008)

Redes ópticas de tercera generación

Las tecnologías totalmente ópticas, con capacidad para realizar conmutaciones a nivel de longitud de onda, satisfacen las demandas de tráfico y ancho de banda de las redes de próxima generación. En este contexto, tanto la conmutación de paquetes ópticos como la conmutación de ráfagas ópticas emergen como tecnologías prometedoras para la transmisión directa de tráfico a través de redes ópticas WDM. En la conmutación de ráfagas ópticas, los paquetes se agrupan en unidades de transporte llamadas ráfagas, mientras que, en la conmutación de paquetes ópticos, los paquetes IP se transforman en paquetes IP ópticos en el punto de entrada del enrutador de borde, siguiendo una topología similar a la de las redes de conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS). Como resultado, tanto la transmisión de paquetes como el enrutamiento de red se llevan a cabo en el dominio óptico. El avance sustancial en esta área se materializó con la invención de amplificadores, conmutadores y multiplexores ópticos, dando forma al concepto de una red "totalmente óptica". (Puerto, 2008)

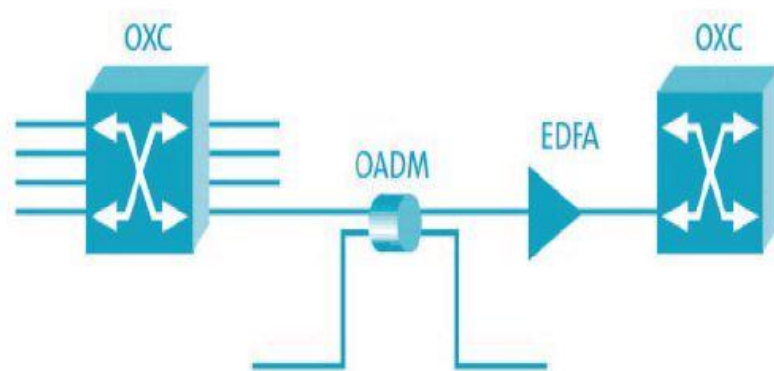


Figura 2.5 Elementos de una red total óptica

Fuente: (Puerto, 2008)

Red óptica de nueva generación

La convencional estructura de cuatro capas, según el modelo OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos), consume más ancho de banda, conduciendo a la simplificación de las capas hacia el nivel óptico. Se ha evolucionado hacia un nuevo modelo de red que se basa en una estructura de dos capas, donde la IP se sitúa directamente sobre DWDM (capa óptica), eliminando así las capas ATM y SDH.

Este nuevo diseño de red óptica posibilita a las empresas de telecomunicaciones ofrecer servicios de red privada virtual IP mediante GMPLS (MPLS generalizado) directamente sobre tecnología DWDM, tanto para empresas como para operadores. De esta manera, el proveedor tiene la capacidad de proporcionar diversas formas de integrar aplicaciones de voz, video y datos en una única conexión, adaptándose a diferentes niveles de Clase de Servicio (CoS) y Calidad de Servicio (QoS). (Capmany, 2006)

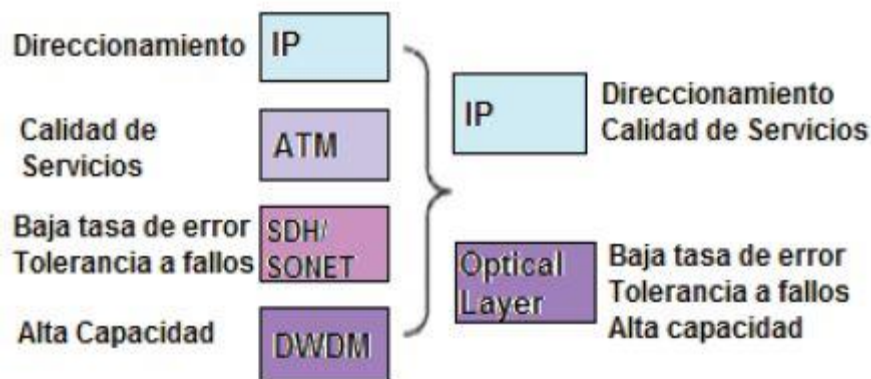


Figura 2.6 Modelo nuevo para red transporte

Fuente: (Capmany, 2006)

2.4 Software y herramientas para el diseño de redes FTTH

2.4.1 Análisis FODA

El análisis FODA es una técnica utilizada para reconocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en un negocio o proyecto específico, aplicable tanto a entornos profesionales como personales. Aunque comúnmente se emplea en pequeñas empresas, organizaciones sin fines de lucro, empresas grandes y otras instituciones, su simplicidad y eficacia lo hacen una herramienta versátil.

Este análisis se revela como una herramienta poderosa y sencilla que facilita la identificación de oportunidades para mejorar la competitividad. Las fortalezas, en el contexto del FODA, representan las iniciativas internas que operan eficientemente y se comparan con otras o con factores competitivos externos. Analizar estas áreas proporciona señales sobre lo que ya funciona bien.

Por otro lado, las debilidades señalan las iniciativas internas que no cumplen con su función adecuadamente. Es recomendable evaluar primero las fortalezas antes de las debilidades para establecer referencias de éxito y fracaso. La identificación de debilidades internas proporciona un punto de partida para mejorar proyectos.

Las oportunidades en el análisis FODA surgen de las fortalezas y debilidades, combinadas con iniciativas externas que refuerzan la posición competitiva. Pueden incluir mejoras en debilidades identificadas o áreas previamente no reconocidas en las etapas iniciales del análisis.

Por último, las amenazas en el análisis FODA se relacionan con áreas que tienen el potencial de causar problemas. A diferencia de las debilidades, las amenazas son externas y, generalmente, están fuera de nuestro control. Pueden abarcar eventos como pandemias o cambios en el panorama competitivo.

2.4.2 Diagrama Ishikawa para el análisis

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es una herramienta ampliamente utilizada en la gestión de la calidad y la resolución de problemas. Su finalidad es identificar y visualizar las posibles causas de un problema específico, siendo comúnmente asociado con la fabricación y la gestión de calidad, pero también aplicable a proyectos de redes de distribución, como proyectos eléctricos o de suministro.

El proceso implica los siguientes pasos:

- Definir el problema u objetivo del proyecto de redes de distribución, que puede ser relacionado con la calidad del suministro, eficiencia operativa, confiabilidad de la red, u otros desafíos.
- Identificar categorías de causas, como equipo, personal, procedimientos, infraestructura, tecnología, y entorno, que podrían contribuir al problema en el contexto de redes de distribución.
- Realizar una lluvia de ideas con un equipo multidisciplinario involucrado en el proyecto para identificar todas las posibles causas en cada categoría, utilizando un diagrama de Ishikawa para organizar visualmente estas causas.

Luego, se procede a:

- Priorizar las causas identificadas, evaluándolas y clasificándolas en función de su importancia, posiblemente utilizando una matriz de priorización.
- Desarrollar soluciones específicas para abordar las causas principales, teniendo en cuenta que cada causa puede requerir una estrategia o acción diferente.
- Implementar y dar seguimiento a las soluciones propuestas, realizando una evaluación continua para determinar si han tenido el efecto deseado en la red de distribución.
- Medir los resultados y compararlos con los objetivos del proyecto para determinar el logro de la mejora deseada.

El diagrama de Ishikawa emerge como una herramienta valiosa para identificar y tratar las causas subyacentes de los problemas en proyectos de redes de distribución, contribuyendo así a mejorar la eficiencia, calidad y confiabilidad de la red.

2.4.3 Google Earth en el diseño de redes

Google Earth es una herramienta útil para el diseño y planificación de redes de fibra óptica hasta el hogar (FTTH, por sus siglas en inglés). Aquí hay algunas formas en las que Google Earth puede ser utilizado en el diseño de redes FTTH:

Visualización de la ubicación de clientes potenciales: Google Earth te permite ver de manera detallada la ubicación de los posibles clientes o suscriptores en una zona determinada. Esto es útil para identificar áreas con alta densidad de usuarios y planificar la expansión de la red FTTH de manera eficiente.

Análisis de rutas de tendido de fibra: Puedes utilizar Google Earth para trazar rutas para las líneas de fibra óptica. Esto incluye la planificación de la ubicación de los cables subterráneos, aéreos u otros componentes de la red. La vista aérea de Google Earth facilita la evaluación de obstáculos, derechos de paso y posibles desafíos en la infraestructura existente.

Evaluación de obstáculos y topografía: Google Earth también proporciona información sobre la topografía del terreno, lo que es importante para determinar la elevación de las torres o postes, así como la colocación de cajas de conexiones y otros equipos en la red FTTH.

Planificación de rutas para despliegue de fibra: Puedes utilizar las herramientas de medición y dibujo de Google Earth para planificar la longitud exacta de las rutas de tendido de fibra, lo que te ayudará a estimar los costos y los recursos necesarios.

Integración de datos geoespaciales: Google Earth también puede integrarse con sistemas de información geográfica (GIS) para una gestión más avanzada de la red FTTH. Esto te permite superponer datos adicionales, como información demográfica o de uso del suelo, para tomar decisiones más informadas en la planificación de la red.

Visualización de competidores y puntos de interconexión: Puedes usar Google Earth para identificar la ubicación de competidores en el mercado de servicios de telecomunicaciones y puntos de interconexión con otras redes.

En resumen, Google Earth es una herramienta poderosa para la planificación y el diseño de redes FTTH, ya que proporciona una vista detallada del entorno y la ubicación de los clientes potenciales. Combinar esta información con datos geoespaciales y herramientas de GIS puede ayudar en la toma de decisiones informadas para el despliegue exitoso de una red FTTH.

2.4.4 Software MapMarker

MapMarker corrige, estandariza y geo codifica la información de la dirección, todo en un solo paso. MapMarker combina datos postales con archivos de datos espaciales seleccionados de los principales proveedores de datos del mundo para generar el conjunto más completo de geo códigos a nivel de dirección disponibles y mejora la calidad general de los datos en el proceso.

SGSI proporciona integración de sistemas y automatización de funciones de geo codificación, lo que mejora la eficiencia y la precisión.

Calidad de datos en la que puede confiar: MapMarker corrige, estandariza y geo codifica la información de la dirección, todo en un solo paso. MapMarker combina datos postales con archivos de datos espaciales seleccionados de los principales proveedores de datos del mundo para generar el conjunto más completo de geo códigos a nivel de dirección disponibles y mejora la calidad general de los datos en el proceso.

SGSI proporciona integración de sistemas y automatización de funciones de geo codificación, lo que mejora la eficiencia y la precisión.

En este proyecto se utilizará el software de apoyo MapMarker con el fin de colocar puntos de distribución FTTH con el fin de obtener un archivo KML y posteriormente exportarlo al software Google Earth.

2.5 Actualidad

La tecnología FTTH (Fiber To The Home o Fibra Óptica hasta el Hogar) está en constante expansión en todo el mundo. FTTH proporciona conexiones de banda ancha de alta velocidad utilizando fibra óptica directamente hasta la vivienda del usuario, lo que permite velocidades de Internet más rápidas y una mayor capacidad de transmisión de datos.

Expansión Global: La implementación de redes FTTH continuó creciendo en todo el mundo. Muchos países y proveedores de servicios de Internet invirtieron en infraestructuras de fibra óptica para llevar conexiones de alta velocidad a los hogares y mejorar la calidad de la banda ancha.

Velocidades de Conexión: Se observó un aumento en las velocidades de conexión ofrecidas a través de redes FTTH. Los proveedores buscaban proporcionar velocidades de descarga y carga más rápidas para satisfacer la creciente demanda de ancho de banda debido al aumento del trabajo remoto, la educación en línea y el entretenimiento digital.

Innovaciones Tecnológicas: Se llevaron a cabo investigaciones y desarrollos para mejorar la eficiencia y la velocidad de las redes FTTH. Esto incluyó avances en técnicas de despliegue, como la implementación de redes pasivas ópticas (PON) y tecnologías de multiplexación para aumentar la capacidad de transmisión.

Inversiones y Proyectos de Infraestructura: Muchos países y empresas anunciaron inversiones significativas en proyectos de infraestructura de banda ancha, con un enfoque particular en expandir las redes FTTH para abordar las brechas digitales y mejorar la conectividad en áreas urbanas y rurales.

3. ESTADO DEL ARTE

En el año 2018, Pablo López llevó a cabo una investigación práctica sobre la implementación de una red de distribución de fibra óptica hasta el hogar (FTTH). El objetivo de este proyecto era satisfacer las demandas de acceso de banda ancha mediante fibra óptica para los dueños de viviendas y negocios. El estudio abordó diversos aspectos, como tecnologías, elementos, herramientas y todos los procedimientos esenciales para la instalación de fibra óptica. Además, se examinaron las posibles configuraciones de red disponibles para este tipo de infraestructuras, centrándose especialmente en la familia de soluciones PON.

(López P. , 2018)

En el año 2020, Valarezo Loayza desarrolló una guía metodológica para la recopilación de información destinada al diseño de redes FTTH GPON con un enfoque en Calidad de Servicio (QoS). Dado el aumento exponencial en la demanda de datos por parte de los usuarios y la migración de las empresas hacia estas tecnologías, se creó una metodología que establece una secuencia específica de datos esenciales para la planificación de redes FTTH-GPON. Entre los datos clave a considerar se encuentran la delimitación de áreas de cobertura, la definición de la población y muestra, el cálculo del crecimiento de suscriptores y la estimación del ancho de banda domiciliario. Todo este proceso se realiza utilizando información precisa proveniente de fuentes confiables.

(Loayza, 2020)

En 2021, José Altamar propuso un proyecto de investigación destinado al diseño de una red de fibra óptica para proporcionar servicios de Internet residencial en la comunidad del barrio Altos de Aeromar, en Santa Marta, Magdalena. El objetivo principal de este proyecto era ofrecer un servicio eficiente a las comunidades, destacando la importancia de gestionar el acceso a Internet de alta velocidad mediante el uso de fibra óptica. Esta elección se basó en las destacadas cualidades de la fibra óptica, especialmente su excelente ancho de banda.

La investigación empleó técnicas de recolección y observación, concluyendo que la conexión a través de fibra óptica es más eficiente que la conexión inalámbrica mediante antenas.

(Altamar, 2021)

En el año 2022, Sergio Catucuago llevó a cabo un análisis de viabilidad y una propuesta para la implementación de una red FTTH basada en el estándar XGPON en beneficio de las comunidades elevadas de la parroquia Tabacundo. Este análisis se dividió en tres fases: la evaluación de los requisitos (estado actual de la empresa), el diseño lógico de la red y la descripción del diseño físico utilizando el software de red FTTH. Durante el desarrollo de la propuesta, se determinó que los resultados de la evaluación financiera indican la viabilidad económica del proyecto, con un Valor Actual Neto (VAN) superior a cero, específicamente \$34652.51, y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 82.343%, superando la tasa de interés del 22.05%. En consecuencia, el análisis financiero correspondiente establece que el proyecto es rentable y viable para su ejecución.

(Fernández C., 2022)

En el año 2023, García Cordellat desarrolló un diseño para una red FTTH con la capacidad de proporcionar servicios de telecomunicaciones de alta velocidad y calidad a todos los hogares y empresas ubicados en la zona rural de la localidad de Vilanova, Pontevedra. Este proyecto se llevó a cabo como parte del programa de prácticas en la empresa "Ezentis", especializada en la gestión y mantenimiento de redes de distribución en el sector de las telecomunicaciones. Los objetivos secundarios incluyeron el estudio y comprensión del funcionamiento de una red FTTH, la identificación de las ventajas que estas redes ofrecen, un análisis exhaustivo de la zona urbana seleccionada junto con sus fortalezas y debilidades que podrían afectar el diseño de la red FTTH, la optimización del diseño de la red FTTH, y la realización de pruebas, cálculos y mediciones precisas para asegurar un diseño de red FTTH de la más alta calidad posible.

(García,2023)

En el año 2023, Michael Stalyn examinó el desempeño de las redes FTTH que utilizan la tecnología GPON. Durante su estudio, evaluó los sistemas de telecomunicaciones vigentes en el área de Ciudad Victoria, identificando los problemas existentes. Además, llevó a cabo un análisis de la viabilidad de implementar una red de fibra óptica en la misma localidad. Como parte de su investigación, Stalyn también se encargó de diseñar la infraestructura de la red de fibra óptica destinada a los usuarios de esta área de la ciudad.

(Michael,2023)

En el año 2023, Milagros Colubi proporcionó una exposición sobre los principios fundamentales de la tecnología FTTH. Durante su presentación, destacó las ventajas de diseñar una red de acceso basada en fibra óptica, explicó detalladamente el proceso necesario para llevar a cabo el diseño y la implementación de una red FTTH, y finalmente llevó a cabo el diseño de despliegue de dicha red. En este proyecto, la autora sostiene que, entre los estándares vigentes en la actualidad, el estándar GPON se presenta como la solución más óptima para el despliegue de una red FTTH, permitiendo, en sus versiones más recientes, velocidades de hasta 10 Gbps y distancias de 60 km. A raíz de estas capacidades, la tecnología FTTH ha adquirido una importancia significativa, relegando a otras tecnologías que fueron punteras en su momento a la obsolescencia.

(Colubi,2023)

En el año 2023, Pineda Fuster llevó a cabo una evaluación exhaustiva de la región de Alicante con el propósito de determinar la ubicación más adecuada para desplegar una red de Fibra Óptica Hasta el Hogar (FTTH). Además, se emprendió la tarea de planificar e implementar esta red en la zona seleccionada, que abarcaba alrededor de 2500 hogares y empresas, con un plazo de ejecución de 2 meses. El objetivo principal consistía en proporcionar una velocidad de conexión y una calidad de servicio superiores a las ofrecidas por la competencia, diseñando la red para abarcar aproximadamente el 40 % de la demanda existente en la región.

(Pineda,2023)

En 2023, Luis Pazmiño llevó a cabo un relevamiento de información que incluyó la delimitación de la zona destinada a la expansión de la red FTTH. Para ello, empleó la aplicación Google Earth PRO para inspeccionar el sector Samanes 4. Posteriormente, verificó y validó la información recopilada, utilizando el software AutoCAD para realizar un diseño que contara con una interpretación profesional. La infraestructura de red FTTH resultante cumplió con los estándares de calidad, satisfaciendo de manera adecuada las necesidades de los clientes, tanto nuevos como existentes, de la empresa proveedora de internet CoachCompany Powernet S.A. Además, se estableció el presupuesto necesario para llevar a cabo la implementación del diseño de expansión de la red FTTH en la zona de Samanes 4, involucrando procesos de toma de decisiones.

(Pazmiño,2023)

En 2023, José Alcázar lideró la concepción y ejecución de una red de fibra óptica (FTTH) en el barrio de Ruzafa, Valencia, con el propósito de brindar acceso a Internet de alta velocidad a alrededor de 2000 hogares. Se abordaron aspectos cruciales como el replanteo, diseño y seguimiento para asegurar la exitosa implementación del proyecto. El proceso de replanteo se inició desde cero, teniendo en cuenta las características específicas del barrio, las necesidades de conectividad de los residentes, la infraestructura existente y los permisos requeridos. Además, se llevó a cabo el diseño en la zona, implicando la planificación y marcado físico de la ubicación de los componentes de la red, considerando factores como los permisos necesarios, los diversos equipos utilizados y la optimización de los trayectos de fibra óptica. Finalmente, se realizó un seguimiento del proceso de implementación para garantizar su despliegue correcto, incluyendo la supervisión durante la ejecución del proyecto y la resolución oportuna de cualquier problema que pudiera surgir.

(Alcazar,2023)

4. METODOLOGÍA

El presente proyecto es de inversión privada por lo que se pretende lograr una rentabilidad económica financiera, de tal modo que permita recuperar la inversión de capital puesta por la empresa en la ejecución del proyecto en un tiempo determinado.

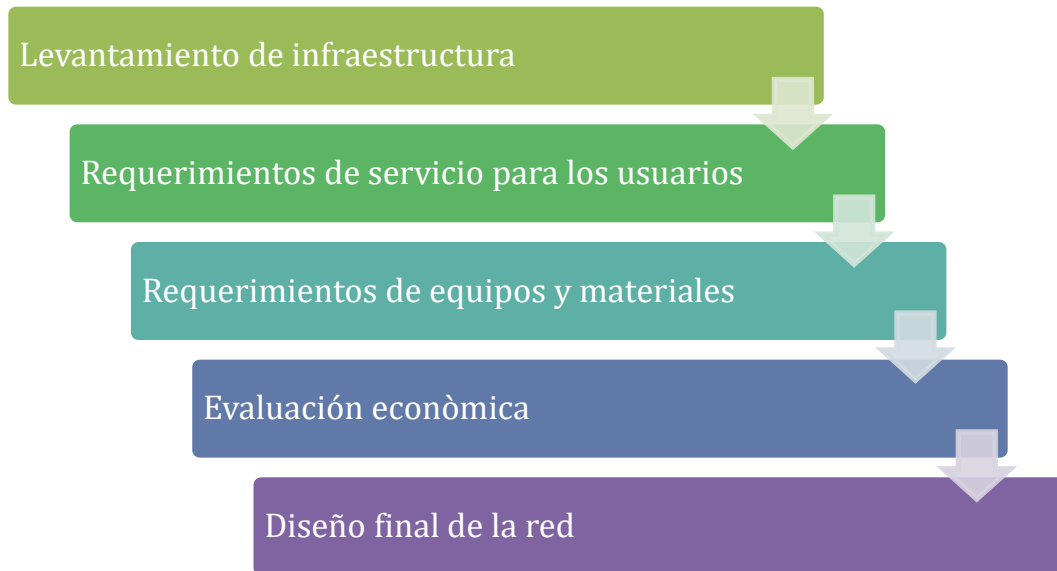


Figura 4.1 Metodología para diseño de red FTTH

Fuente: Elaboración propia

Levantamiento de infraestructura: Para la realización del levantamiento se programa un recorrido por la comunidad para analizar la infraestructura existente (posteria) y evaluar si es necesario invertir en posteria propia para el tendido.

Requerimiento de servicio para los usuarios: Determinar la demanda del servicio en la comunidad para posteriormente diseñar la red que cumpla con los requisitos para abastecer el servicio de forma óptima.

Requerimientos de equipos y materiales: Se realizará un análisis para evaluar los equipos y materiales que abastecerán el servicio de acuerdo a la población de la comunidad y la demanda de los usuarios.

Evaluación económica: En este paso se realizará una evaluación de los requerimientos económicos para realizar el proyecto incluyendo materiales, mano de obra y cargos indirectos.

Diseño final de la red: Se realizará el diseño de la red FTTH en un plano para establecer la distribución final.

4.1 Diagnóstico del proyecto

Se realizó un diagrama Ishikawa para evaluar los distintos factores involucrados en la construcción de la red y que podrían causar que el proyecto no se desarrolle en óptimas condiciones. El diagnóstico de un proyecto de red de distribución FTTH es crucial para asegurarse de que el despliegue y funcionamiento de la red sean exitosos. Las "6M" se refieren a los seis aspectos clave que deben considerarse al realizar este diagnóstico: Método, Materiales, Mano de obra, Medio ambiente, Mediciones y Maquinaria



Figura 5.1 Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia.

Materiales

Fibra Óptica de Mala Calidad:

Utilización de cables de fibra óptica de baja calidad que pueden tener una mayor atenuación y menor capacidad de transmisión de datos, lo que afecta negativamente el rendimiento de la red.

Conectores y Empalmes Defectuosos:

Uso de conectores y empalmes mal ensamblados o de baja calidad que pueden provocar pérdida de señal, interferencia y problemas de conectividad en la red.

Componentes Incompatibles:

Mezcla de componentes incompatibles en la red, como cables y conectores de diferentes especificaciones técnicas, lo que puede llevar a problemas de compatibilidad y un rendimiento óptimo.

Escasez de Materiales:

Falta de suministro adecuado de cables de fibra óptica, conectores u otros elementos clave debido a problemas en la cadena de suministro, lo que puede retrasar o detener por completo la expansión de la red.

Mano de obra

Falta de Capacitación Técnica: Personal sin la capacitación adecuada en la instalación y mantenimiento de redes FTTH, lo que puede llevar a conexiones defectuosas, pérdida de señal y problemas de conectividad.

Escasez de Personal Calificado: Falta de técnicos y especialistas capacitados en redes FTTH, lo que puede retrasar la implementación del proyecto y afectar negativamente la calidad del trabajo.

Errores en la Instalación: Técnicos que no siguen los procedimientos adecuados de instalación, resultando en empalmes incorrectos, cables dañados o rutas de fibra mal planificadas, lo que afecta la eficiencia y el rendimiento de la red.

Falta de Supervisión y Control de Calidad: Ausencia de supervisión efectiva en el proceso de instalación y falta de revisiones de calidad, lo que puede llevar a errores no detectados que afectan la integridad de la red.

Rotación del personal: Alta rotación de técnicos debido a la falta de incentivos, condiciones laborales inadecuadas o falta de oportunidades de desarrollo, lo que puede afectar la continuidad del proyecto y la consistencia en la instalación.

Método

Planificación Inadecuada de Rutas: Falta de planificación detallada de las rutas de fibra óptica, lo que podría resultar en rutas ineficientes, costosas o que atraviesen áreas difíciles de acceder.

Tecnologías Obsoletas: Utilización de tecnologías y estándares obsoletos para la implementación de la red, lo que puede limitar la capacidad de transmisión y la escalabilidad de la red a largo plazo.

Falta de Consideración de la Capacidad de Demanda: No tener en cuenta la futura demanda de ancho de banda y capacidad de la red, lo que podría llevar a una congestión de la red a medida que más usuarios se conectan.

Errores en la Técnica de Despliegue: Uso incorrecto de técnicas de despliegue, como excavación de zanjas o instalación aérea, que no se ajustan a las condiciones del entorno, lo que podría resultar en daños a la infraestructura o interrupciones en el servicio.

Falta de Estrategia de Integración: No contar con una estrategia clara para la integración de la red FTTH con sistemas existentes, como redes de telecomunicaciones o infraestructura urbana, lo que podría causar conflictos y problemas de interoperabilidad.

Medio Ambiente

Condiciones Climáticas Extremas: Exposición a condiciones climáticas extremas como tormentas, huracanes, nevadas intensas o altas temperaturas, lo que podría dañar la infraestructura y afectar la confiabilidad de la red.

Geografía Desafiante: Terrenos difíciles de acceder, como áreas montañosas, zonas con terreno accidentado o entornos urbanos densos, que pueden dificultar la instalación de cables de fibra óptica y el acceso a los puntos de conexión.

Regulaciones Ambientales: Restricciones impuestas por regulaciones ambientales locales que limitan la excavación, la instalación aérea u otras actividades necesarias para el despliegue de la red, lo que podría retrasar el proyecto.

Vandalismo y Robos: Riesgo de vandalismo y robo en áreas donde la infraestructura de la red está expuesta, lo que podría afectar el funcionamiento y la seguridad de la red.

Mediciones

Mediciones de Señal Inadecuadas: No realizar mediciones precisas de la potencia de señal óptica en diferentes puntos de la red, lo que podría resultar en niveles de señal insuficientes o excesivos y afectar la calidad de la conectividad.

Falta de Pruebas de Calidad: No llevar a cabo pruebas de calidad como pruebas de pérdida de inserción y reflectometría en las conexiones de fibra óptica, lo que podría llevar a conexiones defectuosas y problemas de rendimiento.

Omisión de Documentación: No registrar y documentar adecuadamente los resultados de las mediciones realizadas durante la instalación y puesta en marcha de la red, lo que dificulta la resolución de problemas futuros.

Incapacidad para Detectar Interferencias: No realizar mediciones para detectar posibles interferencias electromagnéticas u ópticas que puedan afectar la calidad de la señal y la conectividad de la red.

Falta de Monitoreo Continuo: No implementar sistemas de monitoreo continuo para verificar el rendimiento de la red en el tiempo, lo que podría resultar en problemas no detectados y una degradación gradual del servicio.

Maquinaria

Equipos de Instalación Inadecuados: Utilización de equipos de instalación inadecuados, como máquinas de empalme o fusionadoras de baja calidad, que podrían resultar en conexiones de fibra óptica defectuosas y pérdida de señal.

Falta de Herramientas Específicas: Carencia de herramientas y equipos específicos para la instalación y mantenimiento de redes FTTH, lo que podría afectar la precisión de las conexiones y la calidad general de la red.

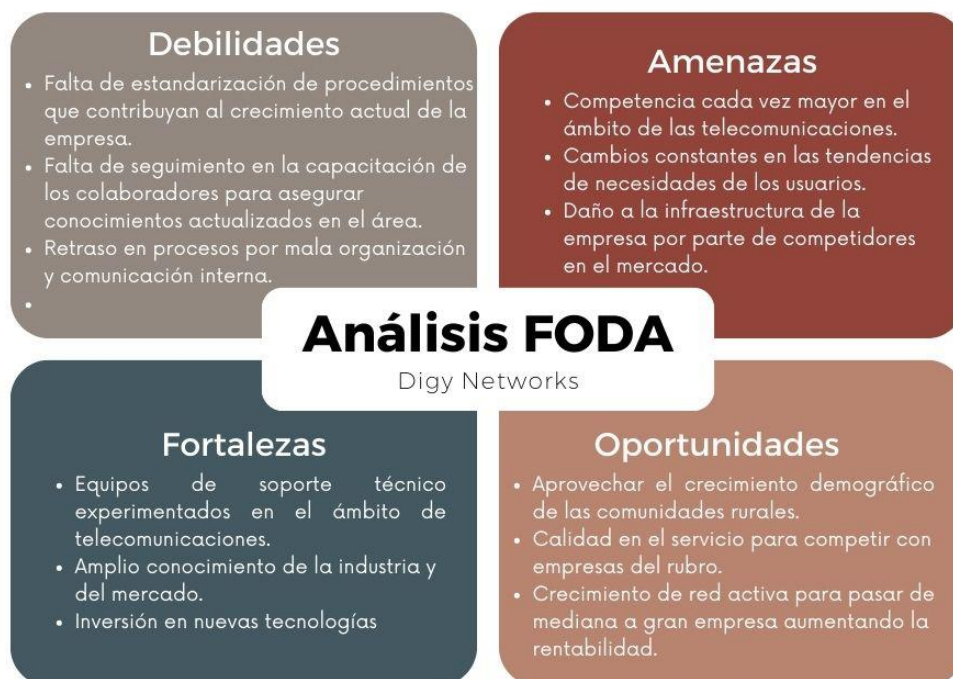
Fallo de Maquinaria: Fallos en la maquinaria utilizada para la instalación, como perforadoras o equipos de tendido de cables, lo que podría causar retrasos en el proyecto y costos adicionales.

Calibración Incorrecta: Calibración incorrecta de equipos de medición y pruebas, lo que podría resultar en mediciones inexactas y decisiones basadas en información incorrecta.

Mantenimiento Insuficiente: No llevar a cabo un mantenimiento regular y adecuado de la maquinaria, lo que podría causar fallas inesperadas durante la instalación y operación de la red.

4.2 Análisis estratégico

Se presenta un diagnóstico de la situación actual de la empresa mediante un análisis FODA para identificar limitaciones que podrían repercutir en el desarrollo del proyecto de la red de distribución.



www.unsitiogenial.es

Figura 5.2 Análisis FODA

Fuente: Elaboración Propia.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Levantamiento de infraestructura

El proyecto se llevará a cabo en la comunidad de sabanillas en Tuxpan, Ver.

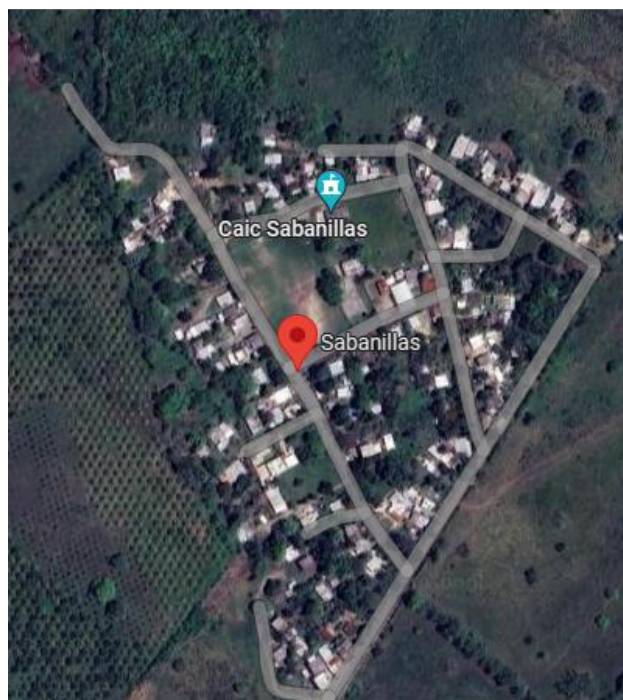


Figura 5.3 Comunidad sabanillas

Fuente: Google Maps

El levantamiento de posteria que consiste en realizar un recorrido desde el cierre donde se va a colocar la línea de distribución hasta la comunidad donde ser realizara el tendido, se toman en cuenta los postes de CFE ya que mediante la tramitación de permisos estos postes se

pueden utilizar para la distribución y marcar las coordenadas en las que se requiere sembrar postes de la empresa.

Para la utilización de postes CFE estos deben estar en buen estado para su utilización, además de tramitar permisos correspondientes y pagar una renta por utilización, como requisito se realiza un mapeo para identificar los postes que se solicitan en renta y su ubicación.

Se realizó un recorrido por la comunidad para identificar el levantamiento de posteria:

Como primer paso se localiza el cierre más cercano para colocar la fibra de distribución que dará servicio a la comunidad de sabanillas, para este proyecto el cierre de empalme más cercano se encuentra en las coordenadas 20.982523304088552, -97.3909392264818 la cual tiene una distancia de 3.5 kilómetros para llegar a la entrada de la comunidad, desde esta distancia se realiza un recorrido para determinar la cantidad de postes propiedad de CFE existen ya colocados para tramitar los permisos de renta.

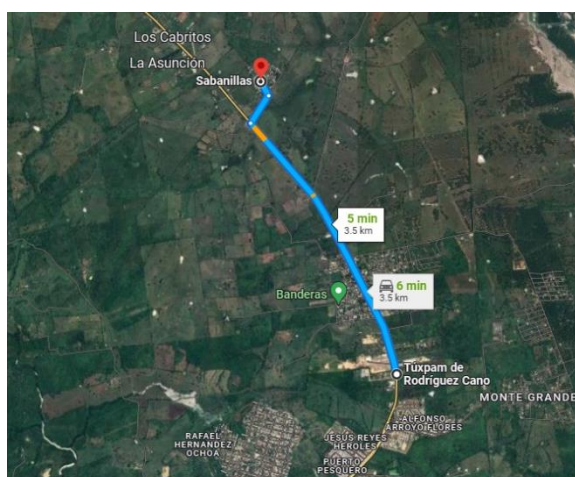


Figura 5.4 Localización de cierre para salida a distribución

Fuente: Elaboración propia

Recorrido para levantamiento de posteria:



Figura 5.5 Levantamiento

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.6 Levantamiento

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.7 Levantamiento

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.8 Levantamiento

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.1 Coordenadas de posteria

N°- Poste	Coordenadas	N° Poste	Coordenadas	N° Poste	Coordenadas
1	20.9824047,-97.3905633	26	20.9932902,-97.3953782	51	21.0058564,-97.4049038
2	20.9827583,-97.3905979	27	20.9938338,-97.3956912	52	21.0058564,-97.4049038,3
3	20.9830821,-97.3906575	28	20.9942258,-97.3959193	53	21.0064531,-97.4045644,3
4	20.9837726,-97.3908403	29	20.994707,-97.396188	54	21.0063689,-97.4046215
5	20.9842139,-97.3909621	30	20.9953505,-97.3965581	55	21.00691,-97.4042222
6	20.9848401,-97.391137	31	20.9957532,-97.3967888	56	21.0073885,-97.4039029
7	20.9852825,-97.3912595	32	20.9960785,-97.3969746	57	21.0078235,-97.4036365
8	20.9859021,-97.3914348	33	20.9964017,-97.3971558	58	21.0078235,-97.4036365
9	20.9866105,-97.3916754	34	20.9968879,-97.3974271	59	21.0087237,-97.4030421
10	20.987028,-97.3918721	35	20.9972138,-97.3976132	60	21.0086128,-97.4034399
11	20.9876068,-97.3921928	36	20.9977822,-97.3979423	61	21.0093141,-97.4038566
12	20.9877726,-97.3922836	37	20.9982641,-97.3982367	62	21.0096296,-97.4040481
13	20.9882297,-97.3925391	38	20.9987284,-97.3985674	63	21.0097818,-97.4041672
14	20.9885707,-97.3927222	39	20.9992292,-97.399001	64	21.0101852,-97.404411
15	20.988977,-97.3929454	40	21.0000308,-97.3997627	65	21.0105779,-97.404632
16	20.9893814,-97.3930841	41	21.00041,-97.4001243	66	21.0105916,-97.4044596
17	20.9896901,-97.3933323	42	21.000793,-97.4004809	67	21.0106565,-97.404169
18	20.9900879,-97.3935238	43	21.0016757,-97.4012827	68	21.0107951,-97.4037891
19	20.9905735,-97.3938126	44	21.0019243,-97.4015051	69	21.0106565,-97.404169
20	20.9909883,-97.3940749	45	21.0023509,-97.4018924	70	21.010634,-97.4031808
21	20.9912582,-97.394111	46	21.0027883,-97.4022911	71	21.0101608,-97.4030156
22	20.9923798,-97.3948639	47	21.0032117,-97.4026779	72	21.0101608,-97.4030156
23	20.9928687,-97.3951388	48	21.0036464,-97.4030714	73	21.010634,-97.4031808
24	20.9929612,-97.3951919	49	21.0040822,-97.403468	74	21.0110987,-97.4033105
25	20.9933606,-97.3954216	50	21.0045408,-97.403894	75	

En el caso de las áreas donde no existen postes utilizables se requiere realizar la construcción de postes de la empresa, existen postes de 7,9,12 y 15, el tamaño del poste se determina de acuerdo a la ubicación donde se va a colocar ya que se pueden presentar diversas situaciones como cruces donde circulen camiones de carga y se requiera dar altura a la fibra para evitar accidentes.

De los postes contabilizados se determinará posteriormente la cantidad que se requerirá para tender la fibra de distribución hasta la comunidad de sabanillas.

5.2 Requerimientos de servicio para los usuarios

Para determinar el requerimiento de servicio se deben considerar las siguientes cualidades para el diseño de la red:

- El diseño de la red debe cubrir totalmente el área objetivo: En el caso de este proyecto la red debe permitir crecimiento en el número de usuarios y cubrir totalmente el área de sabanillas.
- Se debe priorizar el área de mercado de alto potencial: En el diseño inicial se debe priorizar las áreas de la comunidad con mayor cantidad de clientes potenciales, esto debido a los costos en la construcción de la red y la rentabilidad del servicio a corto plazo, en este caso se asegura el servicio de los clientes que adquirirán el servicio y se planea el crecimiento de la red para el 100% de la comunidad.
- Evitar instalaciones ineficientes y repetitivas: Evitar el consumo innecesario de recursos optimizando cada una de las rutas de la fibra óptica hasta llegar al usuario residencial.
- La red debe tener flexibilidad y posibilidad de crecimiento: El diseño de la red debe tener la posibilidad de expandirse al 100% de los posibles usuarios en la comunidad.

La siguiente tabla muestra los datos de los que se partirá para el diseño:

Tabla 5.2 Datos para la planeación

DATOS DE PARA LA PLANEACIÓN	
Número de clientes potenciales	El diseño de la red contemplará el total de 87 viviendas, sin embargo, se priorizará el 50% del total de viviendas para la activación de la red en zonas residenciales, esto debido a la inversión requerida para llegar desde la fibra de distribución hasta el destino de cliente final.
Ambiente de instalación	Existen múltiples formas mediante las cuales la fibra óptica puede llegar a su destino (enterrada directamente,

	tubería subterránea, aérea, interior, etc.), el método utilizado por la empresa es el tendido de fibra aéreo en posteria.
Servicios y planes de velocidad upstream/downstream	El servicio que se plantea ofrecer a la comunidad de Sabanillas es el internet a través de fibra óptica, se encuentran estructurados 3 paquetes que ya se ofertan en otras comunidades: Internet residencial básico 4 Mbps (2 U/4 D) Internet residencial profesional 6 Mbps (3.5 U/ 6 D) Internet negocios 10 Mbps (5 U/ 9 D)
Ubicaciones de los elementos	Para este proyecto se partirá de un cierre de empalme en la que se colocará una fibra de distribución hacia la comunidad.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del presupuesto de atenuación

Una de las principales tareas que se deben hacer al diseñar redes de fibra óptica es evaluar el presupuesto de atenuación aceptable para instalar una infraestructura que satisfaga las necesidades de la aplicación.

Para realizar esto se consideran los siguientes parámetros principales:

- Potencia de lanzamiento del módulo transmisor.
- Conexiones de fibra. Divisores (splitters), conectores y empalmes.
- Cable: pérdida del cable de fibra óptico.
- Sensibilidad del dispositivo receptor.
- Otros: margen de seguridad y reparaciones.

Tabla 5.3 Pérdida de componentes pasivos.

Atenuación de la fibra óptica	0.36 dB/ Km en 1310 nm
Atenuación por empalme	0.08 $\approx$ 0.1 dB
Atenuación por conectores terminados en campo	0.3 dB por conector
Atenuación por acoplador	0.1 dB
Atenuación por conector activo	0.2 dB

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.4 Pérdida de splitters sin conectores

Pérdida de splitters sin conectores						
Razón de División	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Pérdida Teórica (dB)	3	6	9.03	12.04	15.05	18.06
Pérdida Máxima (dB)	4.1	7.22	10.5	13.8	17.1	20.1

Fuente: Elaboración propia.

Planificación: Confirmar la posición, cobertura y pertenencia de los nodos, se debe partir del punto donde se instala la OLT, sembrar NAP y LCP según la distribución de los usuarios.

Trazar las trayectorias de las troncales y distribución en base a la posición y pertenencia de los nodos.

Determinar el número de hilos de las fibras troncales y distribución en base a los nodos y a la demanda de cada uno.

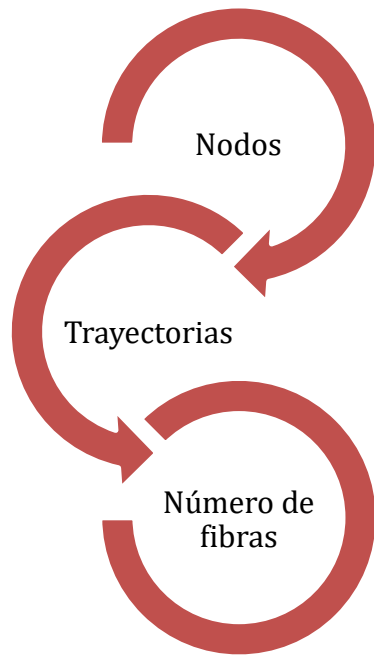


Figura 5.8 Planificación

Fuente: Elaboración propia.

Para este proyecto se determinó utilizar un LCP con un splitter 1x16 para dividir la señal del hilo en 16 NAPS, de las cuales solo se instalarán 11 para cubrir con la cantidad de clientes necesaria.

En cada NAP se colocará un splitter 1x8 para lo cual permitirá colocar 8 servicios en cada NAP, este diseño nos permitirá abastecer un total de 88 clientes.

En la siguiente figura se muestra el cierre troncal desde el cual se colocará una fibra de distribución para dar servicio a la comunidad.

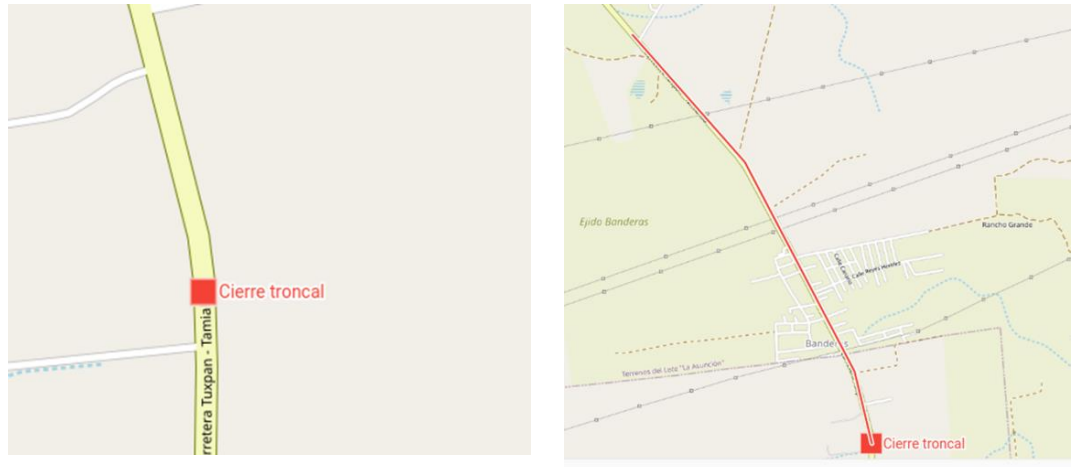


Figura 5.9 Cierre troncal

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra un bosquejo de la colocación de las NAPS que darán servicio a la comunidad, tomando en cuenta que cada equipo tiene una capacidad de 8 servicios y la disponibilidad de postes realizado en el levantamiento, priorizando que cada servicio requiera de la menor cantidad de fibra drop.

Se utilizó el software AutoCAD como apoyo para realizar y diseño preliminar de la red, el número de casas se agrupó en áreas para facilitar el estudio de la colocación de las cajas NAP.

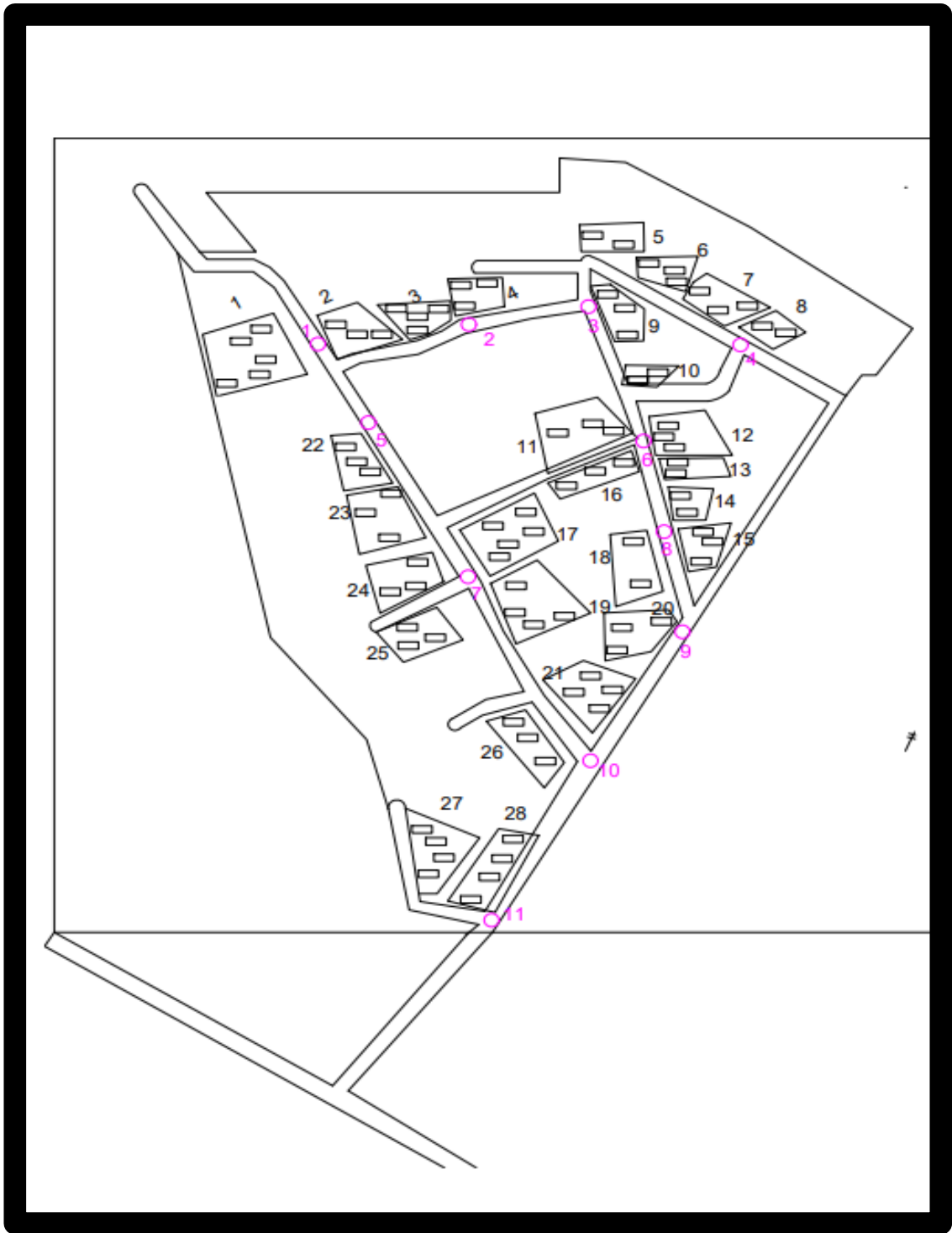


Figura 5.10 Bosquejo de distribución de red.

Fuente: Elaboración propia.

Para conectar la red se utilizará una fibra de distribución ADSS de 12 hilos debido a que el tamaño de la comunidad es pequeño.

Se realizará el cálculo de la ruta que debe seguir la fibra para la optimización de la red, tomando en cuenta las distintas rutas que puede tomar la fibra de distribución para cubrir la red de modo que utilice la menor cantidad de fibra posible.

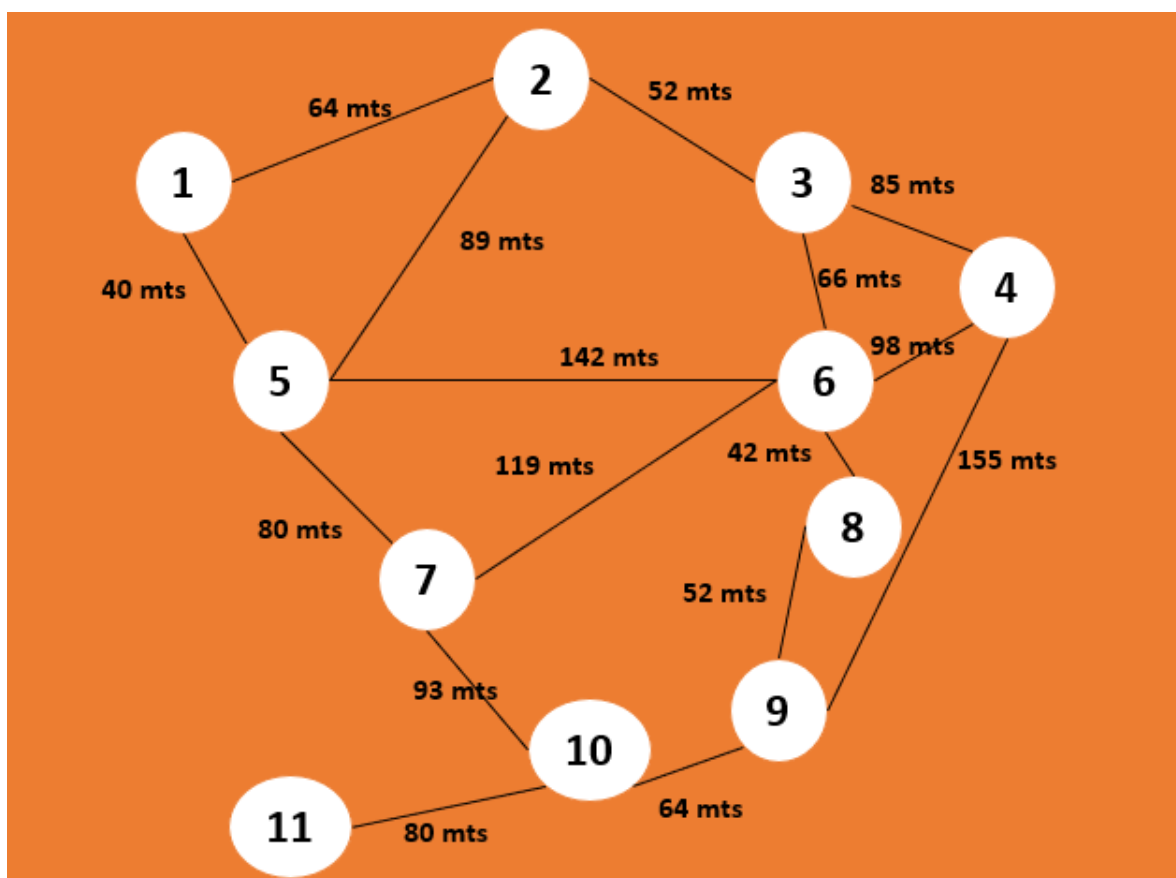


Figura 5.11 Diagrama de nodos.

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionaron las rutas por las cuales el camino es más corto y es posible conectar el servicio de forma efectiva, se señala en azul la ruta a seguir por la fibra de 12 hilos.

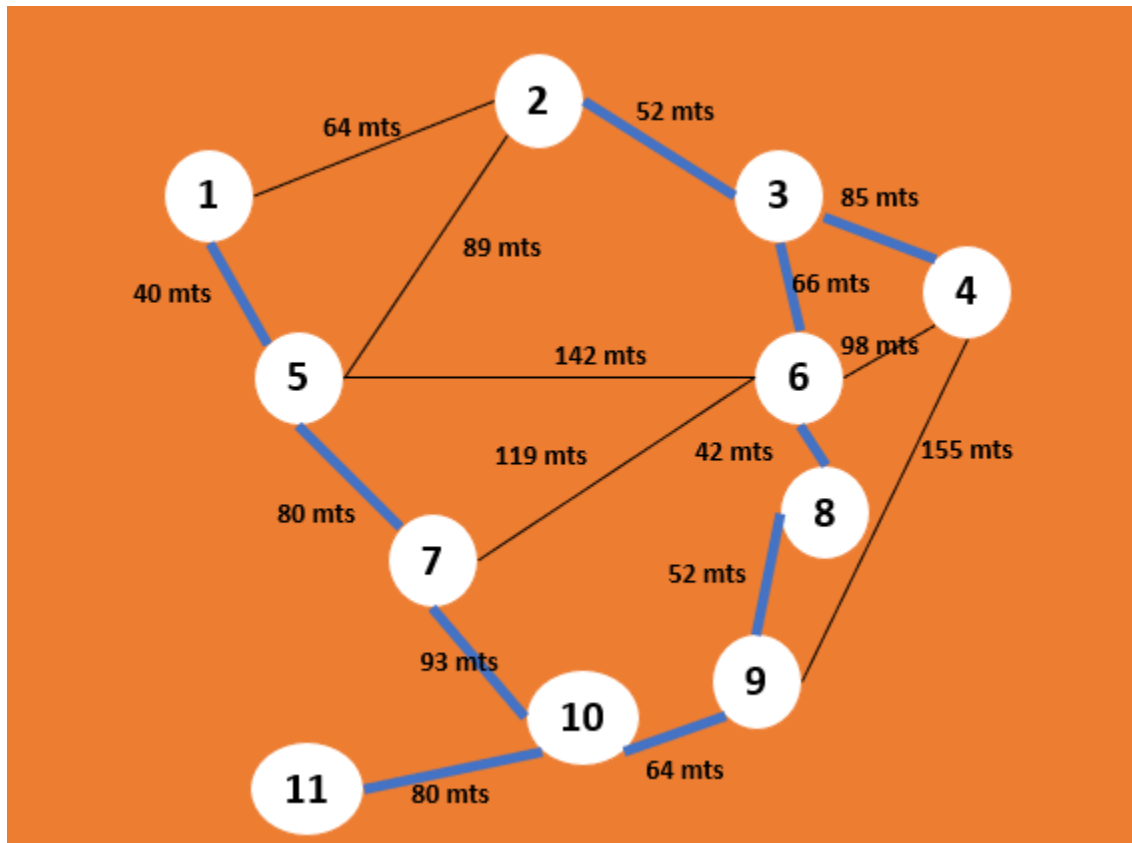


Figura 5.12 Ruta óptima

Fuente: Elaboración propia.

La ruta que sigue la fibra para alimentar las 11 cajas NAPS nos da un total de 602 metros más 3500 metros utilizados en fibra de distribución desde el cierre más cercano, el total de fibra a utilizar es de 4102 metros aproximadamente.

5.3 Requerimientos de equipos y materiales

Se consideran los siguientes equipos y materiales de acuerdo al tamaño de la red y la contabilización de los postes utilizados, en este caso 35 postes pertenecientes a CFE en buen estado, por otro lado, el equipo necesario para instalación de servicios residenciales.

Tabla 5.5 Requerimiento de equipo y materiales para la red

Equipo	Cantidad
Kit para fusionar	1
Flejadora	1
Material para construcción de red	Cantidad
Fibra de 12 hilos ADSS 4 Km.	5 km
Fleje	5 piezas
Herraje	70 piezas
Brazos 60 cm	5 piezas
Hebillas	70 piezas
Preformados	35 piezas
Material y equipo para activación de servicio.	Cantidad
ONU residencial	60 (para cubrir el 70%)
Pig tail	60 piezas
Conector mecánico	120 piezas
Roseta	60 piezas
1 puerto OLT C+	1 (128 clientes)
Fibra Drop	100 metros

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Evaluación económica

A continuación, se calculó el presupuesto de inversión para la construcción de la red:

Tabla 5.6 Presupuesto de inversión

CONCEPTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	MONTOS	TOTAL
ACTIVO FIJO				
Puerto OLT	1	3000	3000	3000
Kit para fusionar	1	50000	50000	50000
Flejadora	1	1800	1800	1800
Fleje	5	50	250	250
Fibra 12 hilos	1	20000	20000	20000
Herraje	70	7	490	490
Brazos	5	500	2500	2500
Preformados	35	50	1750	1750
Hebillas	70	5	350	350
SUBTOTAL			80140	80140
ACTIVO DIFERIDO				
Renta postes	35	70	2450	2450
SUBTOTAL			2450	2450
CAPITAL DE TRABAJO				
Capital inicial de trabajo	1	20000	20000	20000
TOTAL INVERSIÓN			102590	102590

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se calculó el costo de instalación de un servicio:

Tabla 5.7 Presupuesto de inversión

Costo por instalación de servicio				
Concepto	Cantidad	Unidad	Costo	Total
ONU	60	Pieza	500	30000
Pig tail	60	Pieza	20	1200
Conector mecánico	120	Pieza	5	600
Roseta	60	Pieza	50	3000
Fibra drop	100	Metros	5	500
Total 60 servicios				35300
Costo por instalación				588.3333333

Horas/instalación	Cantidad	Horas totales	Costo p/hora	M.O TOTAL
2	60	120	31.25	3750
Mano de obra unitario				62.5
Total instalación				650.833

Fuente: Elaboración propia.

Debido a los costos de instalación se realiza un cargo inicial por concepto de equipo, mismo que se cobra al inicio del contrato.

Punto de equilibrio:

Se realizará el cálculo del punto de equilibrio tomando en cuenta el precio más bajo de los paquetes de internet, mantener el servicio en zona residencial tiene un costo mensual de 54 pesos por cargos variables.

$$X = \frac{CF}{PV - CV}$$

$$X = \frac{102590}{350 - 54} = \frac{102590}{296} = 347$$

De acuerdo al cálculo se requieren de 347 mensualidades de internet básico residencial para comenzar a generar utilidades en el proyecto.

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de ventas para el proyecto:

Tabla 5.8 Presupuesto de ventas

Presupuesto unidades vendidas														
Producto	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	TOTAL ANUAL	
Servicios activos	20	30	40	50	60	60	60	60	60	60	60	60	620	
Total de ventas	20	30	40	50	60	60	60	60	60	60	60	60	620	
Presupuesto de ventas														
Producto	Precio de venta	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	TOTAL ANUAL
Servicios activos	350	7000	10500	14000	17500	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	217000
Total de ingresos		7000	10500	14000	17500	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	217000

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior se espera un aumento gradual de los usuarios activos y de acuerdo a la proyección de ventas al final del año 1 se habrá recuperado la inversión del proyecto.

5.5 Diseño final de la red

Como resultado obtenemos el diseño óptimo de la red con una ruta capaz de abastecer la totalidad de los clientes en el área y con la menor cantidad de recursos.

- La ruta roja señala la fibra troncal que pasa por la comunidad de Sabanillas.
- La ruta azul señala la fibra de distribución ADSS de 12 hilos que alimentara cada una de las NAPS.
- Se representa con un recuadro naranja el LCP en el que se colocara un splitter de 1x16.
- Los círculos de color rosa representan cada una de las NAPS en las cuales se
- colocará un splitter de 1x8 para abastecer a 8 clientes por NAP

Plano de red de distribución en la comunidad sabanillas

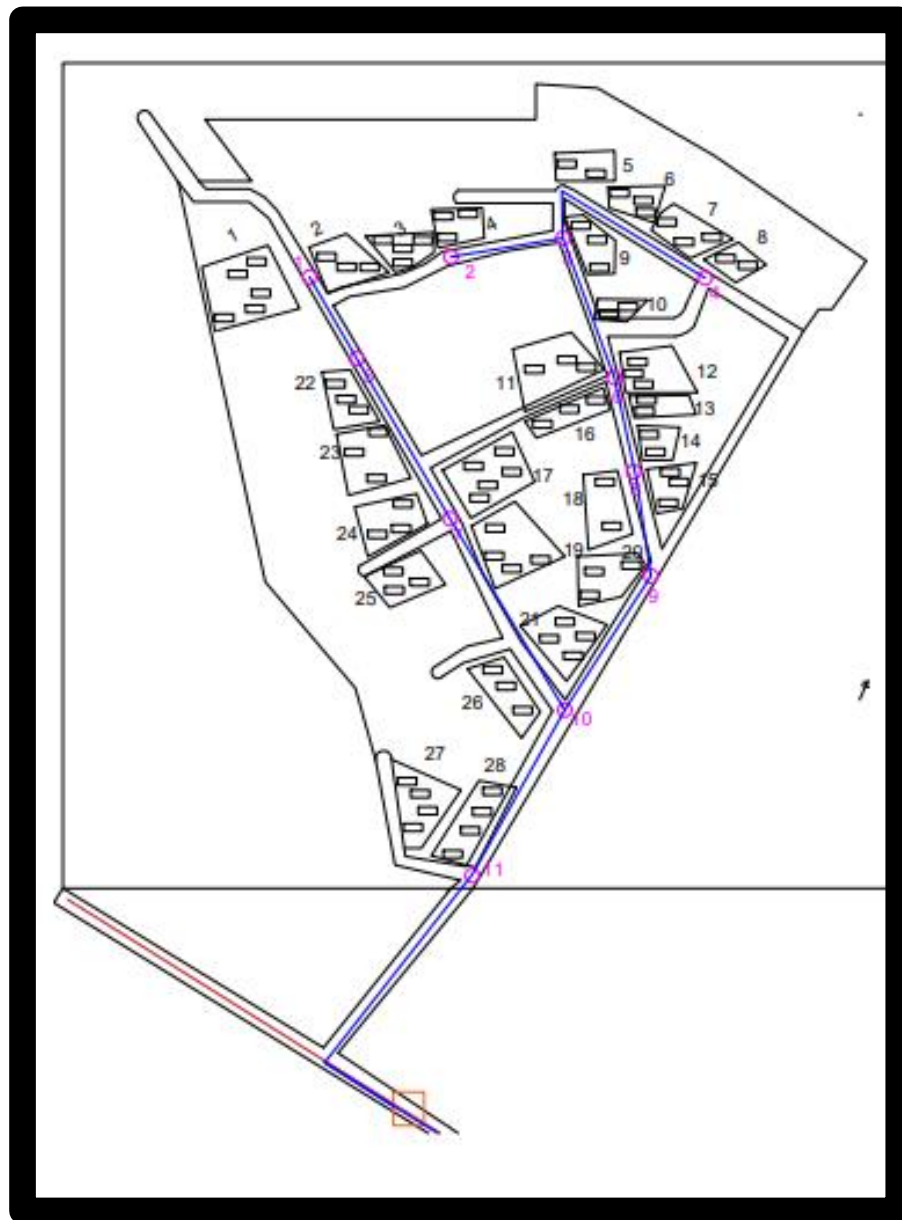


Figura 5.12 Plano de red de distribución en la comunidad sabanillas.

Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo de tesis se presenta el diseño de una red FTTH basada en la teoría de optimización redes, la implementación de la red permitió la mejora en la calidad del servicio que se ofrece a la comunidad de Sabanillas Tuxpan, Ver. eliminando las interrupciones que frecuentemente impedían una conectividad eficiente, reconociendo la importancia de la comunicación no solo en el ámbito social, si no también económico y tecnológico.

La aplicación de un árbol de mínima expansión en este proyecto permitió un diseño optimo en la red, entre los que se destacan la reducción de costos de infraestructura e instalación además de los trabajos de mantenimiento futuros, eficiencia en la comunicación de los dispositivos, al proporcionar una ruta de comunicación directa y eficiente entre los hogares y el nodo central, los árboles de expansión mínima ayudan a minimizar la latencia en la transmisión de datos. Esto es especialmente importante en aplicaciones sensibles a la latencia, como la transmisión de video en tiempo real o el juego en línea.

Por otro lado, la red de expansión mínima nos permitió aumentar la fiabilidad de la red, al minimizar la cantidad de fibra óptica utilizada y al garantizar una ruta de comunicación redundante y confiable se reduce la probabilidad de interrupciones del servicio y garantiza una experiencia de usuario consistente y de alta calidad.

También se tomó en cuenta la factibilidad técnica de la empresa que ofrece el servicio en relación a la unión de las NAPS y la posibilidad de expansión a áreas adicionales que satisfagan las demandas futuras de conectividad de manera eficiente y confiable.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alcázar, J. (2023). Replanteo, diseño y supervisión de una instalación de red FTTH para unas 2000 viviendas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/196426/Alcazar%20%20Replanteo%20diseno%20y%20supervision%20de%20una%20instalacion%20de%20red%20FTTH%20para%20unas%202000%20viviendas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Altamar, J. (26 de octubre de 2021). Repositorio Institucional. Obtenido de Universidad Cooperativa de Colombia: <http://hdl.handle.net/20.500.12494/36370>
3. Capmany, J. (13 de diciembre de 2006). Redes Ópticas. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/527>
4. Colubi, M. (2023). Diseño y despliegue de una red FTTH en Xirivella. Escuela Politécnica Superior de Gandia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/192572/Colubi%20%20Diseno%20y%20despliegue%20de%20una%20red%20FTTH%20en%20Xirivella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Fernández C., S. (10 de noviembre de 2022). Red repositorios de acceso abierto del Ecuador. Obtenido de Repositorio Digital: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13320>
6. Fernández, I. (9 de enero de 2018). UVADOC.COM. Obtenido de Diseño de una red de fibra óptica FTTH: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/28906/TFG-P-742.pdf?sequence=1>
7. FS COMMUNITY. (15 de marzo de 2023). FS COMMUNITY CORPORATION. Obtenido de Introducción completa al divisor de fibra óptica: <https://community.fs.com/es/article/fiber-optic-splitter-solution.html>
8. García, S. (2023). Estudio y Diseño de una red de fibra óptica FTTH para una zona urbana de Vilanova, Pontevedra. Escuela Politécnica Superior de Gandía. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/196127/Garcia%20%20Estudio%20y%20Diseno%20de%20una%20red%20de%20fibra%20optica%20FTTH%20para%20>

una%20zona%20urbana%20de%20Vilanova%20Pontev....pdf?sequence=2&isAllowed=y

9. HONE OPTICAL FIBER Y MORE. (6 de octubre de 2021). HOC. Obtenido de Tipos de cajas de fibra y aplicaciones en la red FTTH: <https://www.honecable.com/es/tipos-de-caja-de-fibra/>
10. Jason, A. (11 de agosto de 2021). Las ventajas y desventajas de la fibra óptica. Obtenido de FS COMMUNITY: <https://community.fs.com/es/blog/the-advantages-and-disadvantages-of-fiber-optic-transmission.html>
11. Lattanzi, M. (2011). Redes FTTx: Conceptos y aplicaciones. Argentina: IEE.
12. Loayza, V. (19 de febrero de 2020). Guía metodológica de levantamiento de información para el diseño de redes FTTH-GPON con enfoque QoS. Obtenido de ProQuest Part of Clarivate:
13. <https://www.proquest.com/openview/3734cf99dcd71c18ad8a2082f4672538/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
14. López, M. (17 de octubre de 2009). Evolución de las redes ópticas en el futuro. Obtenido de Monografías.com: <http://www.monografias.com/trabajos72/evolucion-redes-opticasfuturo2.shtml>
15. López, P. (9 de octubre de 2018). Estudio práctico del despliegue de una red de distribución FTTH. Obtenido de Repositorio digital C-RAI UPC biblioteca: <http://hdl.handle.net/10317/7449>
16. Michael, S. (2023). Estudio de factibilidad para la migración de una red inalámbrica a una de fibra óptica FTTH con tecnología GPON para los usuarios de la Empresa Powernet S.A. en el sector de la ciudad Victoria 1. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática. Recuperado de <https://repositorio.ug.edu.ec/items/8884fc73-a545-469e-848b-c9c636ee9891>
17. Millan, J. (05 de diciembre de 2008). GPON (Gigabit Passive Optical Network). Obtenido de Que es: <https://www.coit.es/sites/default/files/archivobit/pdf/63-67.pdf>
18. Molero, E. (2010). *Infraestructuras comunes de telecomunicación*. Madrid: McGraw-Hill.

19. Pasmiño, L. (2023). Desarrollo de un diseño de expansión de la red FTTH de la Empresa proveedora del servicio de internet "COACHCOMPANY POWERNET S.A" de la Ciudad de Guayaquil. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones. Recuperado de <https://repositorio.ug.edu.ec/items/677cd393-814b-4882-b25c-b2d1a9981e9e>
20. Pineda, N. (2023). Plan de despliegue de una red de telecomunicaciones de fibra óptica FTTH (Fiber to the home). Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Electrónica. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/198166>
21. Puerto, G. (17 de octubre de 2008). Evolución de las redes de datos: hacia una plataforma de comunicaciones completamente óptica. Obtenido de Scielo.org: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n45/n45a13.pdf>
22. Telpro Madrid. (5 de abril de 2019). Fibra óptica monomodo y multimodo. Obtenido de Telpro: <https://telpromadrid.eu/que-es-la-fibra-optica-monomodo-y-multimodo/>