



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

**“Propuesta sobre diseño de una red FTTH
para la distribución de servicio de fibra
óptica de la empresa Digy Networks S.A de
C.V en la comunidad de Coloman ”**

PRESENTA

OVANDO QUIROZ VICTOR ADRIAN

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

ASESOR

ROCÍO SÁNCHEZ ESCOBAR

XOYOTITLA, ÁLAMO TEMAPACHE, VER. JUNIO DE 2024

DEDICATORIA

Dediqué mi tesis principalmente a Dios, quien me dio la fuerza necesaria para lograr este objetivo.

A mí mismo porque sin mi motivación y constancia no hubiera logrado terminar.

A mis padres por acompañarme en cada paso que doy en la búsqueda de ser una mejor persona y profesional.

A mis abuelos por su apoyo y motivación.

A mi hermana por ser mi fortaleza.

A mi maestra Roció Sánchez Escobar por la ayuda en esta última etapa para terminar mi proyecto.

A mis mejores amigos Fernando Montero Chaga y Jorge Eduardo Cobos Salas por todo el apoyo y la ayuda durante la carrera.

A mis tíos y primos que me dieron el apoyo moral para culminar.

A la empresa Digy Networks por darme la confianza y el apoyo.

A mi asesora Gisel Román Cruz por apoyarme a la realización del proyecto

A todos ellos quiero dedicarles este proyecto sin ellos no hubiera logrado terminarlo y estar donde estoy, gracias e infinitas gracias por todo y perdón por tan poco.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutora de tesis, M.I.I. Rocío Sánchez Escobar. Su experiencia, comprensión y paciencia han sido fundamentales en mi trayecto a través de investigaciones complejas y enriquecedoras. Su constante orientación y su fe inquebrantable en mis capacidades me motivaron a alcanzar metas que nunca creí posibles. No encuentro palabras suficientes para expresar la profundidad de mi gratitud por su enorme apoyo durante este viaje. También quiero extender mi infinita gratitud a mis padres por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. Agradezco también a mi hermana por su disposición para escucharme y respaldarme, así como a mis abuelos, que siempre estuvieron presentes cuando más los necesitaba. Nada de esto habría sido posible sin ustedes. Su amor y sacrificio fueron la luz que me guió a lo largo de este camino académico. Además, deseo agradecer a todos los que contribuyeron al desarrollo de mi investigación. Agradezco a quienes me ayudaron en la recopilación de datos y a aquellos que dedicaron su tiempo a revisar mi trabajo. Estas páginas han sido moldeadas por comentarios constructivos, sugerencias bibliográficas, entrevistas y debates para afinar conceptos, propuestas y análisis. Esta tesis no sería lo que es sin sus valiosas recomendaciones.

.

RESUMEN

El propósito principal en la actualidad es establecer una red de fibra óptica para fortalecer las comunicaciones, con el objetivo de brindar un servicio de calidad a los clientes. Por lo tanto, se planifica el diseño de esta red con el fin de determinar la ruta principal, evaluando su viabilidad y su conformidad con los estándares promedio en términos de costos y beneficios para los usuarios. Es crucial comprender en primer lugar qué es la fibra óptica, así como sus características y la interpretación de cierta terminología, para obtener una visión general de su funcionamiento y considerar posibles mejoras o la importancia del uso de la tecnología FTTH (Fiber to the Home). Se establecerán objetivos para la red aplicando estrategias logísticas que guíen las conexiones desde un punto a otro, lo que se observa claramente en los enlaces entre antenas o en las operaciones necesarias para proporcionar un servicio de distribución en la ruta.

ABSTRACT

The main purpose currently is to establish an optical fiber network to strengthen communications, aiming to provide quality service to customers. Therefore, the design of this network is planned to determine the main route, evaluating its feasibility and compliance with average standards in terms of costs and benefits for users. It is crucial to first understand what optical fiber is, along with its characteristics and the interpretation of certain terminology, to gain an overview of its operation and consider possible improvements or the importance of using FTTH (Fiber to the Home) technology. Objectives for the network will be established by applying logistical strategies that guide connections from one point to another, which is clearly observed in links between antennas or in the operations necessary to provide distribution service on the route.

INDICE

INDICE	V
ÍNDICE DE IMÁGENES	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación	3
1.4 Hipótesis	4
1.5 Objetivos generales y particulares	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos particulares	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Historia de la fibra óptica	5
2.2 Fibra Óptica	5
2.3 Forma de propagación de la información en la fibra óptica.	6
2.4 Tipos de fibra óptica	7
2.4.1 Fibra monomodo.	7
2.4.2 Fibra multimodo	8
2.5 ventajas y desventajas de la fibra óptica.	8
2.6. Inmunidad	10
2.7. Red troncal	10
2.8 Ancho banda	10
2.9 Hilo atenuado	11
2.10 Perdida.	11
2.11 Estructura de una fibra óptica	12
2.11.1 Componentes de la fibra óptica	12
2.11.2 Fibra Óptica de 96 hilos ADSS	13
2.11.3 Fibra óptica 48 hilos ADSS.	13
2.11.4 Fibra Óptica de 24 hilos ADSS	14
2.11.5 Fibra Óptica de 12 hilos ADSS	14
2.11.6 Código De Colores De La Fibra Óptica Monomodo ADDS	15

2.12 Cepa.....	16
2.13 Postes.....	17
2.14 Tendido de la fibra Óptica.....	18
2.15 Empalme de fusión.....	19
2.16 OTDR.....	20
2.17 OLT.....	21
2.18 Cierre.....	21
2.19 Map Marker.....	23
2.20. Google Earth.....	23
2.21 TOMODAT.....	23
2.22 Dispersión por modo de polarización.....	23
2.23 Birrefringencia.....	24
2.24 Redes ópticas en el tiempo.....	25
2.25 Redes de fibra óptica existentes.....	27
3. ESTADO DEL ARTE	29
4. METODOLOGÍA	32
3.1. Comunidad de coloman.....	32
3.2 Diagnostico del proyecto.....	33
3.2.1 Mediciones.....	33
3.2.2 Material.....	33
3.2.3 Personal.....	34
3.2.4 Medio Ambiente.....	34
3.2.5. Métodos.....	35
3.2.6 Maquinaria.....	35
3.3 Proceso de planeación de una distribución de una red FTTH.....	37
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	38
5.1. Realización de la red de distribución.....	38
5.2 Permisos.....	38
5.3 Postes.....	39
5.4 Árbol de expansión mínima.....	39
5.5 Diseño de la red FTTH.....	40
5.6. Requerimientos de materiales.....	45
CONCLUSIONES	51

COMPETENCIAS DESARROLLADAS	51
BIBLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Elementos de la fibra óptica	6
Imagen 2 Forma de propagación de la fibra óptica.....	6
Imagen 3 Fibra monomodo.....	7
Imagen 4 Fibra Multimodo.....	8
Imagen 5 Hilo atenuado.....	11
Imagen 6 Carrete de 4km de 96 hilos.....	13
Imagen 7 Carrete de 4km de 48 hilos.....	13
Imagen 8 Carrete de 4km de 24 hilos.....	14
Imagen 9 Carrete de 4km de 12 hilos.....	14
Imagen 10 Código de colores de la fibra óptica.....	15
Imagen 11 Realización de una cepa.....	16
Imagen 12 Cepa hecha por digy networks	16
Imagen 13 Lote de postes de concreto.....	17
Imagen 14 Colocación de los postes en la cepa	17
Imagen 15 Tendido de fibra óptica en zonas rurales	18
Imagen 16 Tendido de fibra óptica en zonas urbanas.....	18
Imagen 17 Fusionadora de la empresa digy networks realizando un empalme de fusión	19
Imagen 18 Reflectómetro Óptico en el dominio del tiempo (OTDR)	20
Imagen 19 Activación de una OLT.....	21
Imagen 20 Cierre de empalme de 24 hilos.....	22
Imagen 21 Polariscopio lineal nulo	24
Imagen 22 Enlace punto a punto WDM.....	26
Imagen 23 Evolución de la población en la comunidad de Coloman	32
Imagen 24 Diagrama de Ishikawa	35
Imagen 25 Comunidad de Coloman.....	38
Imagen 26 Postes que se encuentran en la comunidad de Coloman	39
Imagen 27 Mapa georreferenciado	40
Imagen 28 Ruta establecida dentro de la comunidad de Coloman	41
Imagen 29 Distancias de los postes.....	42
Imagen 30 Software QM for windows.....	43
Imagen 31 Cantidad de fibra óptica.....	43
Imagen 32 Ruta más optima	44
Imagen 33 Troncal.....	49
Imagen 34 Plano de red de distribución en la comunidad de Coloman	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Total de habitantes en la comunidad de Coloman	32
Tabla 2 Requerimientos de materiales	45
Tabla 3 Evaluación Económica	46
Tabla 4 Presupuesto de inversión.....	46
Tabla 5 Presupuesto de ventas.....	47
Tabla 6 Presupuesto de costo de materias primas	48
Tabla 7 Presupuesto de costo de materias primas	48
Tabla 8 Flujo de efectivo	48

1. INTRODUCCIÓN

La fibra óptica tiene la capacidad de transportar grandes cantidades de datos a velocidades extraordinariamente altas. Además, es capaz de resistir interferencias electromagnéticas, lo que la convierte en una opción especialmente beneficiosa en lugares donde tales interferencias son frecuentes, como en las proximidades de líneas eléctricas o equipos de radio. En términos de peso, la fibra óptica es notablemente ligera. Por ejemplo, se menciona que solo se necesitan 2kg de sílice ultra pura para fabricar fibras ópticas. Esta característica facilita la implementación y el despliegue de redes de fibra óptica, haciéndolos más convenientes y económicos en comparación con otro envío de información digital, como los cables de cobre. Con este recurso se pueden recorrer más de 40 km. fibra óptica. El proveedor comienza con piezas brutas cilíndricas de dióxido de silicio, que se convierten en hilos mediante fusión controlada; Después de eso, las hebras se cubren con una cobertura de protección. La fibra óptica no es más que una guía de luz. La luz queda encerrada en este canal y viaja lo más rápido posible. Dado que las conexiones de fibra admiten rangos de frecuencia mayores y requisitos más exigentes, es cada vez más importante garantizar que las conexiones troncales cumplan con estrictos estándares de pérdida. La necesidad de mayor potencial de transferencia de datos continúa creciendo a medida que las aplicaciones web crecen y se expanden. Estas velocidades de transferencia más altas requieren cables que admitan un mayor ancho de banda. Hoy en día las telecomunicaciones son parte de algo indispensable en la globalización, que cada día avanza en términos de tecnología. En el pasado, era muy difícil comunicarse con la gente o tener una línea de respuesta, por la misma razón que brindar este tipo de servicios. Hoy en día era algo complicado, más recientemente el uso de la fibra óptica es una tecnología de paso de la luz que lleva o dirige un láser o pulsos de luz LED a través de una línea que transmite información en forma "binaria", similar a los 0 y 1 que se utilizan. en electrónica. Hasta hace unos años, estos sistemas de comunicación por fibra óptica sólo se utilizaban como enlaces punto a punto en sustitución de los cables metálicos, aprovechando la baja atenuación de las fibras ópticas. Los avances en las telecomunicaciones han hecho que las personas sean más eficientes; Es por eso que se creó FIBRA ÓPTICA para aumentar la frecuencia de las comunicaciones más rápido y un mejor servicio de transmisión de información.

1.1 Antecedentes

En la actualidad, la necesidad de conexiones con rapidez, tanto en hogares como en empresas ha experimentado un notable aumento. Con el creciente uso de servicios de Internet, la infraestructura de red existente suele mostrar limitaciones en cuanto a la transmisión de datos y velocidad de conexión. Es en este contexto donde se reconoce la necesidad imperante de implementar una red de Fibra hasta el Hogar (FTTH) para cubrir los requisitos de conectividad actuales y futuros de manera eficaz y confiable.

El incremento en la demanda de ancho de banda, impulsado por servicios como la transmisión de video, los juegos en línea, el trabajo remoto y el aprendizaje a distancia, ha generado una presión insostenible sobre las redes tradicionales. Los usuarios requieren una conectividad rápida y de baja latencia para satisfacer sus necesidades digitales, lo que intensifica la necesidad de migrar hacia soluciones más avanzadas y eficientes. En este contexto, la tecnología FTTH emerge como una solución destacada, capaz de ofrecer conexiones de alta velocidad y un ancho de banda significativamente mayor que las tecnologías de acceso tradicionales. Además, la fibra óptica presenta una menor susceptibilidad a las interferencias electromagnéticas y una mayor confiabilidad, lo que garantiza una experiencia de usuario más consistente y fiable.

1.2 Planteamiento del problema

Digy Networks S.A de C.V tiene una visión de futuro utilizando conexiones peer-to-peer. Actualmente, muchos dispositivos requieren de una conexión a Internet para funcionar correctamente. La comunidad de Colomán está ubicada en una zona rural, en Tuxpan, Veracruz. Es la ciudad más grande en términos de población, con 455 personas viviendo en 140 hogares y el 27% de las casas tienen conexión a Internet. Sin embargo, los servicios públicos son proporcionados por WISP o antena, lo que limita el servicio y la velocidad. El uso de dispositivos inteligentes se ha convertido en una herramienta importante para la educación y los negocios. Por lo tanto, la coherencia y la no interferencia son importantes. Digy Networks S.A. de C.V. Si bien promete llevar servicios de Internet de fibra a áreas rurales donde la gente no tiene Internet, la compañía también está buscando formas de obtener ganancias adquiriendo nuevos clientes en áreas donde otros proveedores de servicios no prestan servicios.

1.3 Justificación

La fibra óptica se ha convertido en una tecnología mundial en los últimos años tanto así que es un incremento en el uso de las conexiones que han llevado a otros factores de crecimiento de diversas industrias como lo es la móvil que ha alcanzado una cifra a nivel mundial de nada más que 5.000 millones de personas conectadas. Debido a esta información nos damos cuenta que las telecomunicaciones cuentan como un servicio de primera necesidad para el ser humano y sus necesidades de comunicarse uno a uno, formando así una red mundial de las comunicaciones. Es por esto mismo que este proyecto se basa en esta área, ya que se alcanza a percibir la necesidad de crear redes y rutas más accesibles. Para llegar a las áreas más remotas del país, en México se han instalado más de 500,000 kilómetros de fibra óptica que cubren extensamente todo el territorio. En los últimos 10 años, esta infraestructura ha experimentado un crecimiento superior al 150%. Sin embargo, hasta el momento, la cobertura de fibra óptica en México está limitada a las zonas más desarrolladas de las principales ciudades, como Aguascalientes y Ciudad de México. Es por esto mismo que este proyecto se basa en encontrar una ruta alterna para la empresa DIGY NETWORKS S.A DE C.V. Este proyecto se basa principalmente en brindar un diseño de red de fibra óptica para la población que no cuenta con este beneficio y pueda adquirirlo de una manera accesible. 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 implementar una red de distribución FTTH basada en la teoría de optimización de redes, se mejora la calidad del servicio de internet.

1.5 Objetivos generales y particulares

1.5.1 Objetivo General

Diseñar una red FTTH para la distribución de servicio de fibra óptica de la empresa Digy Networks S.A de C.V en la comunidad de Coloman.

1.5.2 Objetivos particulares

- Realizar recorrido para hacer levantamiento.
- Calcular los requerimientos de equipo y material para la población
- Verificar la lista de material para la población
- Elaborar el diseño final de la red.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de la fibra óptica

A principios de la década de 1870, el físico británico John Tyndall (1820-1893) explicó y demostró físicamente el principio de la luz guiada a través de un conductor transparente. Tyndall mostró que la luz podía ser conducida a lo largo de un camino curvo en el agua. Diez años más tarde, en 1880, Alexander Graham Bell (cuatro años antes de inventar el teléfono) desarrolló y patentó el fotófono. Este dispositivo permitía la transmisión de señales sonoras a distancias de varios cientos de metros. Bell utilizaba un módulo que capturaba la luz solar, la reflejaba de un espejo a otro, y luego la detectaba con un dispositivo de selenio. Sin embargo, la aplicación práctica del fotófono se veía limitada por la variabilidad climática y las fotocélulas de selenio, cuyo funcionamiento aún no se comprendía completamente. (Roshester,2002)

2.2 Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transporte de señales que se basa en la transmisión de luz. Para que esto ocurra, es necesario contar con dispositivos electrónicos en ambos extremos de la fibra óptica. Estos dispositivos emiten información en forma de radiación óptica a través de la fibra. En el extremo receptor, se encuentra un dispositivo encargado de decodificar la señal. Las fibras ópticas suelen estar compuestas por fibras de vidrio altamente purificado, que son extremadamente delgadas y flexibles, con un grosor similar al de un cabello humano.

La fibra óptica actúa como un conductor de ondas, facilitando la propagación de las ondas electromagnéticas a lo largo de su longitud. Después de que la luz ingresa en la fibra óptica desde un extremo, viaja a lo largo de ésta, reflejándose internamente contra las paredes de la fibra, hasta alcanzar el extremo opuesto. (Sttaford,2006)

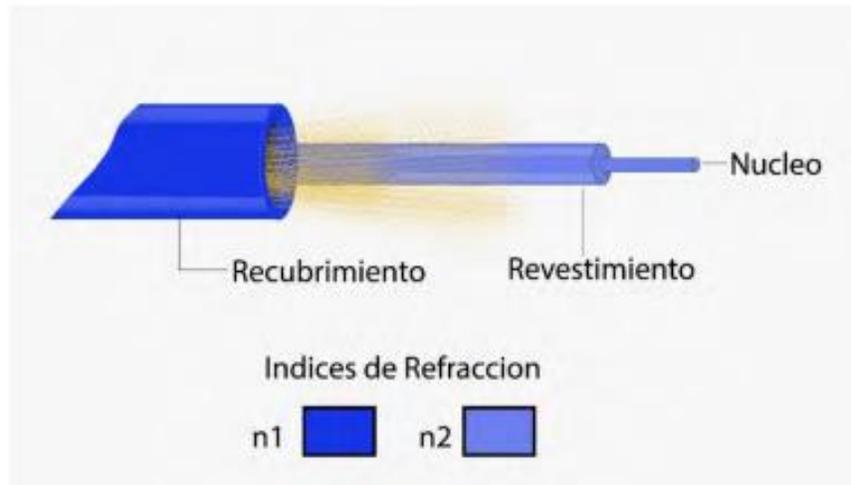


Imagen 1 Elementos de la fibra óptica

Fuente: (Sttaford,2006)

2.3 Forma de propagación de la información en la fibra óptica.

La fibra óptica está compuesta por dos estratos de vidrio con diferentes índices de refracción. El índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento, lo que crea una disparidad de índices de refracción. Esta diferencia permite que la luz introducida en la fibra se retenga y se propague a través del núcleo. Al ser inyectada la luz en el núcleo, choca con las interfaces entre el núcleo y el revestimiento con un ángulo mayor que el ángulo crítico, ocasionando que se refleje de vuelta hacia el núcleo. Cuando los ángulos de incidencia y reflexión son equivalentes, el rayo de luz continúa zigzagueando a lo largo de toda la longitud de la fibra. Este fenómeno se conoce como confinamiento de la luz en el núcleo. No obstante, la luz que golpea las interfaces núcleo-revestimiento con un ángulo menor que el ángulo crítico se pierde en el revestimiento externo (cladding). (Bates,2001)

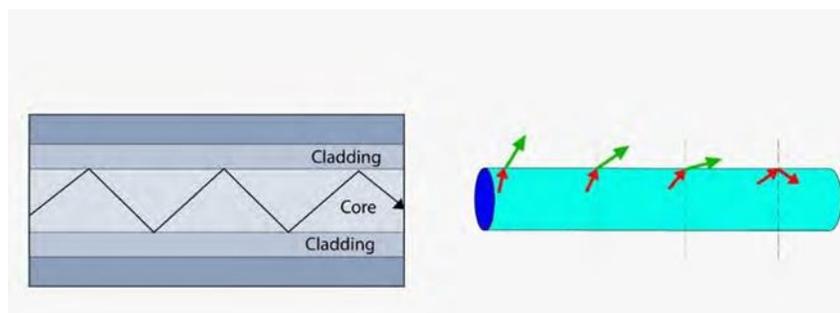


Imagen 2 Forma de propagación de la fibra óptica

Fuente: (Bates,2011)

2.4 Tipos de fibra óptica.

Existen 2 tipos de fibra:

- Fibra monomodo
- Fibra multimodo

2.4.1 Fibra monomodo.

Estas fibras se caracterizan por tener un núcleo de diámetro muy reducido, una apertura numérica pequeña, una baja tasa de atenuación y un amplio ancho de banda. Este tipo de fibra óptica tiene el potencial de ofrecer la mayor capacidad de transporte de información, con una banda de paso de aproximadamente 100 GHz/km. Los mayores flujos de datos se logran con este tipo de fibra, aunque su instalación es más compleja. Una característica distintiva de esta fibra es que los datos viajan a través de su núcleo sin rebotar en sus paredes, lo que permite mantener velocidades de transferencia muy altas. Estas fibras tienen un diámetro de núcleo del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, alrededor de 5 a 8 micrómetros. Un requisito fundamental para que una fibra sea monomodo es que su núcleo sea pequeño para así poder limitar la propagación a un solo modo. El tipo más básico de fibra se conoce como fibra monomodo estándar, la cual tiene un perfil de índice escalonado con una clara separación entre el índice superior del núcleo y el índice inferior del revestimiento. Esta fibra se utiliza principalmente para cubrir largas distancias y se caracteriza por tener núcleos con un diámetro de aproximadamente 9 micrómetros y un revestimiento de alrededor de 125 micrómetros. Debido a su capacidad para transmitir datos a largas distancias, la fibra monomodo es muy adecuada para su uso en universidades y en redes de televisión por cable. (Bates,2001)

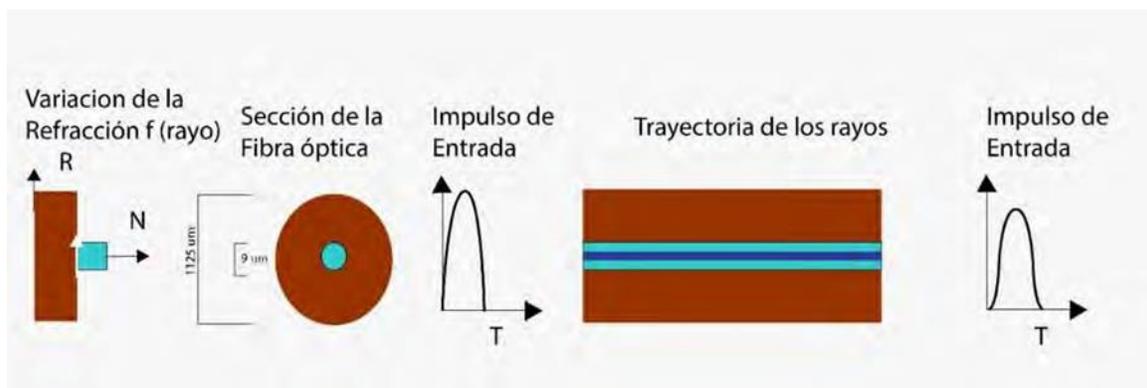


Imagen 3 Fibra monomodo

Fuente: (Bates,2001)

2.4.2 Fibra multimodo

Las fibras multimodo son una opción óptima para la transmisión de señales de voz y datos a distancias cortas, generalmente empleadas en redes de área local, especialmente dentro de edificios. Suelen distinguirse por su color naranja típico.

Estas fibras multimodo poseen una banda de paso que alcanza hasta los 500 MHz por kilómetro. Su principio se fundamenta en que el índice de refracción dentro del núcleo no es constante, disminuyendo a medida que se aleja del núcleo hacia la cubierta.

Las fibras multimodo nos permiten mitigar la dispersión entre los distintos modos de propagación a lo largo del núcleo de la fibra. En comparación con las fibras ópticas monomodo, las fibras multimodo son aproximadamente diez veces más grandes, lo que facilita que los haces de luz sigan una variedad de caminos (o modos múltiples). Son adecuadas para la transmisión de datos en distancias cortas, generalmente hasta un máximo de 2 kilómetros, y se utilizan principalmente en redes informáticas.(Bates,2001)

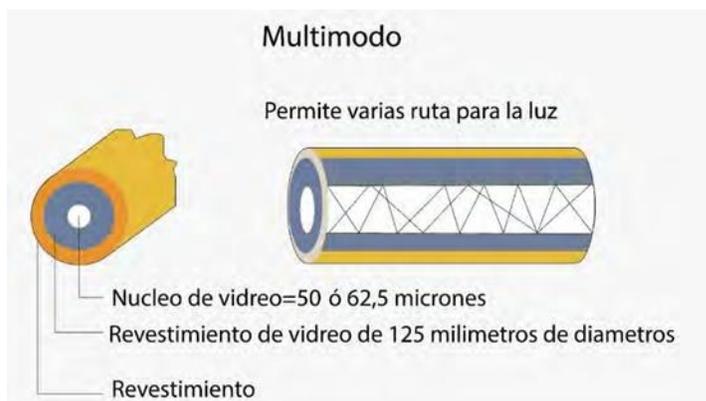


Imagen 4 Fibra Multimodo

Fuente: (Bates,2001)

2.5 ventajas y desventajas de la fibra óptica.

La principal ventaja de la fibra óptica radica en la velocidad de datos, que es muy amplia. Con sistemas multiplicadores, es posible enviar hasta 32 haces de luz a través de una misma fibra, cada uno con una velocidad de 10 GB/s, sumando un total de 320 GB/s de velocidad. (Bates,2001)

Ventajas:

- La fibra óptica permite navegar por Internet a velocidades de hasta dos millones de bits por segundo (bps).
- Ofrece la transmisión de video y sonido en tiempo real.
- Es resistente al ruido y a las interferencias electromagnéticas.
- El peso del cable de fibra óptica es considerablemente menor que el de los cables metálicos.
- La materia prima para su fabricación es profuso en la naturaleza.
- Es compatible con la tecnología digital.
- Es un material no inflamable.

A pesar de que cuentas con diversas ventajas también la fibra óptica tiene sus propias desventajas frente a distintos medios de transmisión

Desventajas:

1. Costo inicial: La instalación de infraestructura de fibra óptica puede resultar costosa en comparación con otros medios, especialmente en áreas donde aún no está ampliamente desplegada.
2. Fragilidad: Las fibras ópticas son más frágiles que otros tipos de cables, lo que puede hacer que sean más susceptibles a daños durante la instalación o el mantenimiento.
3. Complejidad de instalación: La instalación de fibra óptica puede ser más compleja y requerir habilidades especializadas en comparación con otros medios de transmisión, lo que puede aumentar los costos y el tiempo de implementación.
4. Disponibilidad limitada en áreas remotas: En áreas remotas o rurales, puede ser más difícil acceder a la infraestructura de fibra óptica debido a su limitada disponibilidad, lo que puede afectar la conectividad.
5. Dependencia de la luz: La transmisión de datos a través de fibra óptica depende de señales de luz, lo que puede ser susceptible a interferencias ópticas como curvas pronunciadas o dobleces en el cable.

2.6. Inmunidad.

Las fibras ópticas no son susceptibles a la perturbación electromagnética, lo que implica que no es necesario proteger los cables de fibra óptica del ruido electromagnético como se hace con los cables metálicos. Esta característica de inmunidad al EMI es una ventaja destacada de la fibra óptica, ya que garantiza una transmisión de datos más fiable incluso en entornos con muchas fuentes de interferencia electromagnética, como cerca de líneas eléctricas o equipos eléctricos. (Gycom,2003)

2.7. Red troncal.

La red troncal es un medio de comunicación de alta capacidad que se conecta a los nodos primarios, ya que es la columna vertebral para el intercambio de información entre centrales.

Una red troncal es una red que conecta varios enrutadores interconectados. Puede utilizarse para conectar sedes de organizaciones, edificios administrativos, universidades... Pero también puede ir mucho más allá y conectar países o incluso continentes. (Jiménez,2023)

2.8 Ancho banda

Una de las características fundamentales de rendimiento de la fibra óptica es su velocidad de datos, que se refiere a la habilidad de enviar información a través de la fibra. En términos digitales, el ancho de banda se define como la velocidad de bits a la cual las señales pueden ser enviadas sobre una distancia determinada sin que un bit interfiera con el bit anterior o posterior. La amplia capacidad de ancho de banda de la fibra óptica permite la transmisión de diversos tipos de datos, incluyendo datos digitales, voz, video, entre otros. (Gycom,2013)

Distancia: La baja atenuación de la señal óptica permite realizar tendidos de fibra óptica sin necesidad de repetidores.

Integridad de datos: En condiciones normales, una transmisión de datos por fibra óptica tiene una frecuencia de errores o BER (Bit Error Rate) menor de 10^{-11} . Esta característica permite que los protocolos de comunicaciones de alto nivel, no necesiten implantar procedimientos de corrección de errores por lo que se acelera la velocidad de transferencia.

2.9 Hilo atenuado

A diferencia de los cables de cobre, en las fibras ópticas la atenuación se produce principalmente debido a la absorción y la dispersión de la señal. Esta atenuación es relativamente constante e independiente de la frecuencia y otros factores que podrían influir en ella. (Gycom,2013)



Imagen 5 Hilo atenuado

Fuente: Imagen tomada a un medidor de potencia de Digy Networks

2.10 Perdida.

La pérdida o atenuación es un parámetro de rendimiento crucial establecido en los estándares de aplicaciones de red y cableado. En un enlace de fibra óptica, la señal debe llegar al detector del dispositivo receptor con la potencia suficiente para ser detectada y decodificada correctamente. Si la señal no es claramente percibida por el detector, la transmisión se considera fallida.

Existen varios factores, tanto internos como externos, que contribuyen a la atenuación o pérdida de la señal en la fibra óptica. Dos de estos factores inherentes son la dispersión y la absorción. La dispersión de Rayleigh, la forma más común de dispersión, es causada por irregularidades microscópicas en la fibra óptica. Estas imperfecciones provocan una dispersión parcial de los rayos de luz a lo largo del núcleo de la fibra, resultando en una pérdida de la intensidad luminosa. La dispersión de Rayleigh constituye aproximadamente el 90% de las pérdidas internas en las fibras ópticas modernas. Este fenómeno tiene un mayor impacto cuando el tamaño de las impurezas del vidrio es comparable a la longitud de onda de la luz. Por lo tanto, las longitudes de onda más largas experimentan menos pérdidas en comparación con las más cortas. (UM,2014)

2.11 Estructura de una fibra óptica

Una fibra óptica se compone de las siguientes partes principales: el núcleo central, compuesto de vidrio de alta pureza; el revestimiento, que está formado por un vidrio de menor pureza que el del núcleo; y una capa protectora adicional llamada revestimiento. (UM,2014)

2.11.1 Componentes de la fibra óptica.

- **Fibra Óptica:**

Hilos de vidrio altamente transparentes que transportan luz.

- **Núcleo:**

El centro de la fibra a través del cual se transmite la luz.

- **Revestimiento (cladding):**

Capa óptica exterior de la fibra que mantiene la luz en el núcleo y la conduce a través de él, incluso en curvas.

- **Recubrimiento (Buffer) O Recubrimiento Primario:**

Un recubrimiento exterior de plástico resistente que protege al vidrio de la fibra de la humedad o del daño físico. Este recubrimiento (buffer) es el que quitamos al realizar la terminación o el empalme.

2.11.2 Fibra Óptica de 96 hilos ADSS



Imagen 6 Carrete de 4km de 96 hilos

Fuente: (Fiberhome,2023)

Características Principales

- Cubierta Exterior: HDPE (Poliétileno de Alta Densidad)
- Temperatura de operación: -20°C a +65°C
- Span (Distancia entre Postes): 100 metros
- Máxima tensión: 2100N
- Anti-tracking (hasta 110kV)... [ver más](#)

Envío
Gratis

INSTALACION
AEREA

Modelo: **OC-ADSS-96C-S100/4KM**

Marca: **LINKEDPRO BY FIBERHOME**

Código SAT:: **26121607**

2.11.3 Fibra óptica 48 hilos ADSS.



Imagen 7 Carrete de 4km de 48 hilos

Fuente: (Fiberhome,2023)

Características Principales

- Cubierta Exterior: HDPE (Poliétileno de Alta Densidad)
- Temperatura de operación: -20°C a +65°C
- Span (Distancia entre Postes): 100 metros
- Máxima Tensión: 1800N
- Anti-tracking (hasta 110kV)... [ver más](#)

Envío
Gratis

INSTALACION
AEREA

Modelo: **OC-ADSS-48C-S100/4KM**

Marca: **LINKEDPRO BY FIBERHOME**

Código SAT:: **26121607**

2.11.4 Fibra Óptica de 24 hilos ADSS



Imagen 8 Carrete de 4km de 24 hilos
Fuente: (Fiberhome,2023)

Características Principales

- Cubierta Exterior: HDPE (Polietileno de Alta Densidad)
- Temperatura de operación: -20°C a +65°C
- Span (Distancia entre Postes): 100 metros
- Máxima Tensión: 1800N
- Anti-tracking (hasta 110kV)... [ver más](#)

Envío
Gratis



Modelo: **OC-ADSS-24C-S100/4KM**
Marca: **LINKEDPRO BY FIBERHOME**
Código SAT: **26121607**

2.11.5 Fibra Óptica de 12 hilos ADSS



Imagen 9 Carrete de 4km de 12 hilos
Fuente: (Fiberhome,2023)

Características Principales

- Cubierta Exterior: MDPE (Polietileno de Media Densidad)
- Temperatura de operación: -20°C a +65°C
- Máxima Tensión: 1250N
- Span (Distancia entre Postes): 80 metros... [ver más](#)

Envío
Gratis



Modelo: **MINI-ADSS-12C/4KM**
Marca: **LINKEDPRO BY FIBERHOME**
Código SAT: **26121607**

2.11.6 Código de colores de la Fibra Óptica monomodo ADDS.

La codificación de colores de las fibras es esencial para el control de cables. La Asociación de Fibra Óptica impulsa un sistema estandarizado de codificación de colores que facilita a los ingenieros el trabajo y la identificación de cables de fibra óptica y otros componentes. Una ventaja clave de este sistema es su capacidad para rastrear qué fibras envían señales de datos y cuáles llevan señales de audio, lo que resulta fundamental en la gestión eficiente de la red. (The Network,2022)

Posición	Colores
1	Azul
2	Anaranjado
3	Verde
4	Café
5	Plateado (Gris)
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa (Rosado)
12	Aqua (Celeste)

Imagen 10 Esquema de colores de la fibra óptica

Fuente: (The network,2022)

2.12 Ceba.

Proceso de hacer una ceba en el suelo para poder colocar los postes donde va tendido la fibra óptica.



Imagen 11 Realización de una ceba

Fuente: Elaboración propia



Imagen 12 Ceba hecha por digy networks

Fuente: Elaboración propia

2.13 Postes.

Los postes de concreto son la mejor elección para utilizar en las líneas aéreas, ya que son más robustos que las opciones de madera, que suelen desgastarse, romperse y causar daños en toda la red. (RTE,2019).



Imagen 13 Lote de postes de concreto

Fuente: Elaboración propia



Imagen 14 Colocación de los postes en la cepa

Fuente: Elaboración propia

2.14 Tendido de la fibra Óptica.

La implementación aérea es aquellos en los cuales la colocación del cable se sostiene sobre postes de telecomunicaciones o postes eléctricos. Estos tendidos suelen ser utilizados en zonas rurales y áreas industriales, aunque aún pueden encontrarse en algunas zonas urbanas. (Microzanjas,2023).



Imagen 15 Tendido de fibra óptica en zonas rurales

Fuente: Elaboración propia

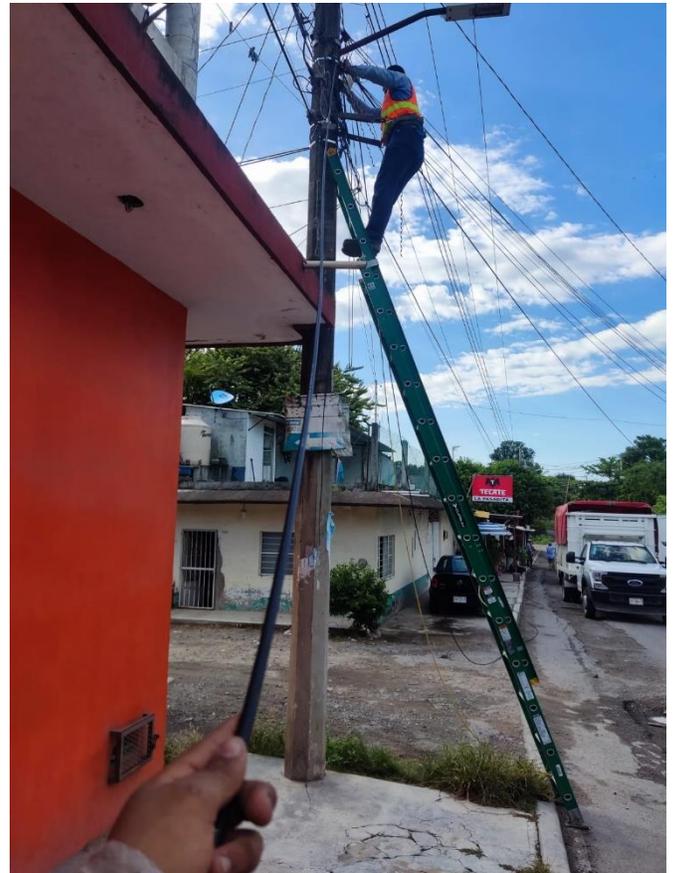


Imagen 16 Tendido de fibra óptica en zonas urbanas

Fuente: Elaboración propia

2.15 Empalme de fusión

El empalme de fusión implica la fusión de dos fibras utilizando calor de alta temperatura generado por un arco eléctrico para unir las de extremo a extremo, asegurando una alineación precisa de los núcleos de las fibras. Las puntas de las dos fibras se aproximan y se calientan hasta que se funden conjuntamente. Normalmente, este proceso se lleva a cabo mediante un dispositivo de empalme de fusión, que alinea mecánicamente los extremos de las fibras y luego aplica una descarga eléctrica a través de las puntas para fundirlas. (Networking,2020).

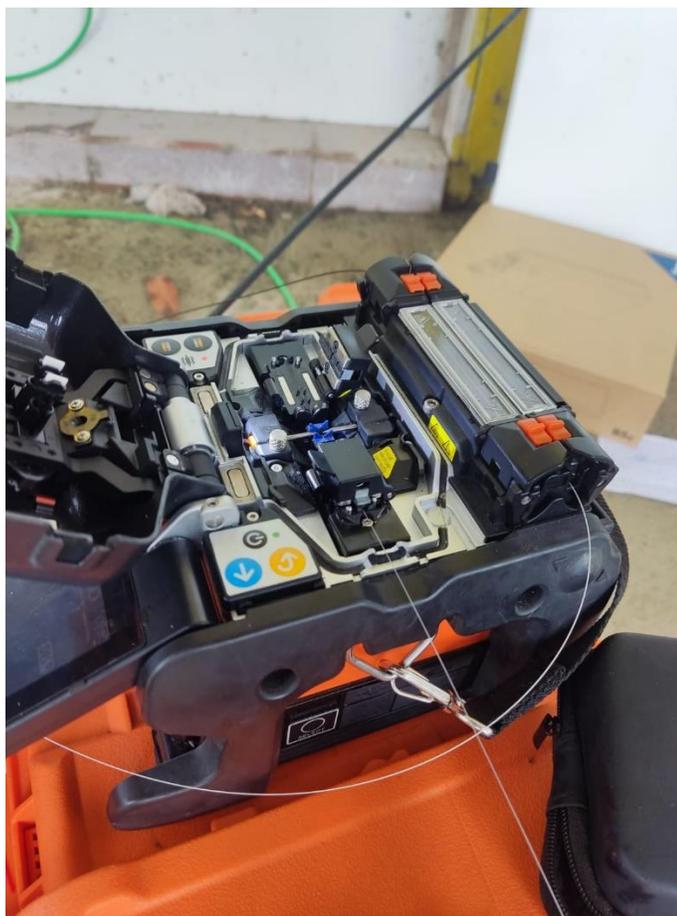


Imagen 17 Fusionadora de la empresa digy networks realizando un empalme de fusión

Fuente: Elaboración propia

2.16 OTDR.

Un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) es un dispositivo utilizado para inspeccionar la integridad de un cable de fibra óptica y se utiliza en diversas etapas, como construcción, certificación, mantenimiento y resolución de problemas en sistemas de fibra óptica. Los OTDR portátiles generan una representación visual del cable de fibra óptica para evaluar su estado y rendimiento. Estas herramientas también pueden examinar componentes a lo largo del recorrido del cable, como empalmes, curvas y conexiones, para analizar la calidad del cable de extremo a extremo. (Networks,2020).

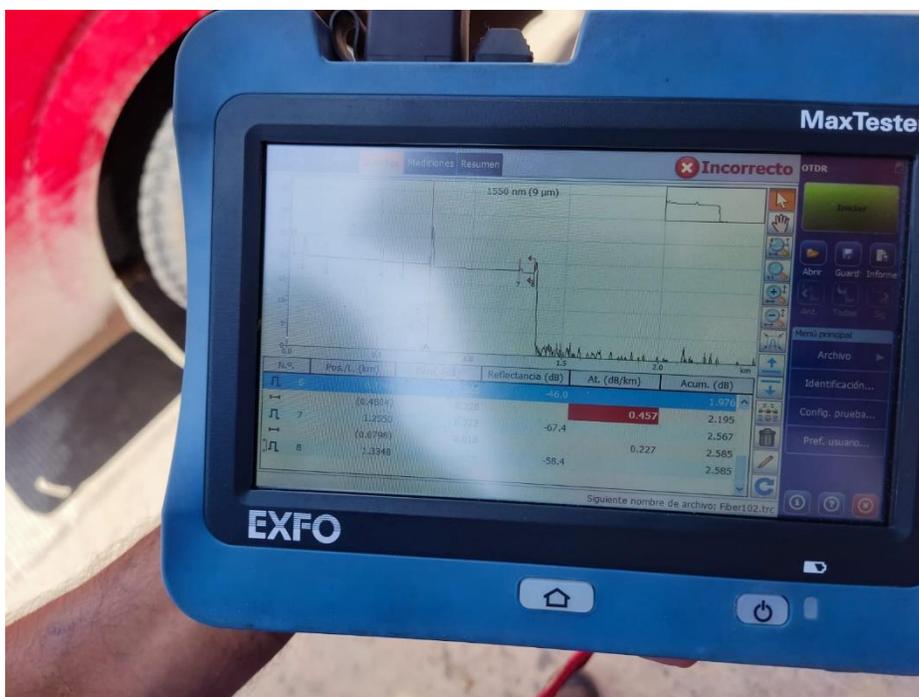


Imagen 18 Reflectómetro Óptico en el dominio del tiempo (OTDR)

Fuente: Elaboración propia

2.17 OLT

El OLT (Optical Line Terminal) es el componente principal de una red óptica pasiva (PON, por sus siglas en inglés). El principal funcionamiento de la OLT es convertir, enmarcar y transmitir señales a través de la red PON, además de coordinar la multiplexación del terminal de red óptica (ONT). (Lopez,2020).

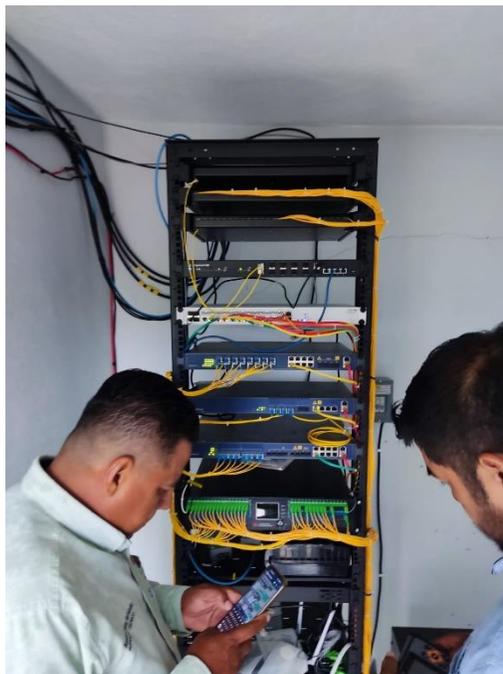


Imagen 19 Activación de una OLT

Fuente: Elaboración propia

2.18 Cierre

La caja FDP-420F es un dispositivo de acceso de fibra óptica utilizado en la capa inicial de redes FTTH (Fiber to the Home). Está diseñado para aplicaciones en línea con el fin de ofrecer un punto de acceso protegido entre el cable de fibra troncal y el cable de distribución. Su diseño flexible permite la conexión de hasta 2 entradas y 2 salidas de cable, lo que proporciona versatilidad en la configuración y facilita la gestión de la red de fibra óptica.

Ventajas:

- Aplicación en línea y de fácil instalación
- Uso en exterior, excelente protección de rayos UV
- Soporta Micro-Splitters con método de empalme
- Compatible con fibra ADSS, Mini ADSS y Mini Figura 8*

- Dimensiones (mm): 175.5 x 285 x 92
- Capacidad de empalme: 96 Fibras
- Tipo de Splitter: Pigtail de 900µm
- Cantidad de Splitter: 4 Slots (1:2, 1:4, 1:8) No incluidos
- Nivel de protección: IP65
- Color: Negro

Incluye:

- 4 charolas de 24 empalmes c/u (96 en total)
- 1 tubo de protección para fibra desnuda (4 m)
- 1 cinta de PVC
- 1 agrupador (2 m)
- 32 cinchos (3 * 120 mm)
- 96 mangas de empalme (60 mm)
- 1 toalla para limpieza de fibra óptica
- 1 instructivo
- abrazaderas pequeñas (Ø10 - Ø16 mm)
- abrazaderas grandes (Ø16 - Ø25 mm)
- kit de accesorios para colgar la caja de empalme.

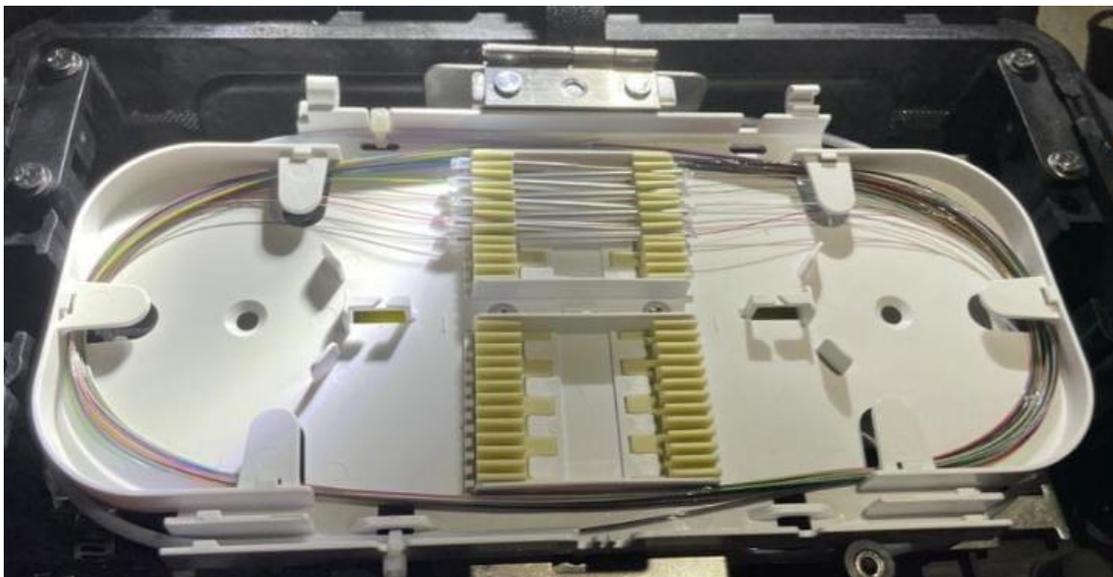


Imagen 20 Cierre de empalme de 24 hilos

Fuente: Elaboración propia

2.19 Map Marker.

Google Map Marker es una herramienta que posibilita a los usuarios la creación y edición de mapas. Recientemente, Google lanzó una actualización centrada en la simplicidad y facilidad de uso, con el objetivo de hacer el servicio aún más accesible. Esta aplicación resulta muy práctica, ya que puede utilizarse sin necesidad de conexión a internet, proporcionando coordenadas exactas. Durante la navegación, los usuarios pueden agregar marcadores para señalar la ubicación de postes, utilizando distintos colores para su identificación, y también tienen la opción de adjuntar fotos o comentarios según sea necesario. (Manuel,2011)

2.20. Google Earth.

Google Earth es una aplicación que brinda la posibilidad de explorar un modelo virtual del globo terráqueo, construido a partir de datos cartográficos e imágenes satelitales. Se destaca entre otras aplicaciones similares debido a la alta calidad de las imágenes proporcionadas por satélites, lo que ofrece una representación realista y detallada del planeta. Además, Google Earth ofrece la capacidad de visualizar modelos tridimensionales de numerosas ciudades alrededor del mundo, lo que permite observar el relieve y la altura de edificios y otras estructuras con gran precisión. (Collado,2021)

2.21 TOMODAT.

Tomodat es una solución basada en la nube para la documentación de redes FTTH (Fiber To The Home), la planificación técnica y comercial de estas redes, el seguimiento de cuadrillas, la documentación de postes y la elaboración de planos de tendidos de fibra óptica.

2.22 Dispersión por modo de polarización

La Dispersión Modal de Polarización (PMD, por sus siglas en inglés) es una limitación en los sistemas de transmisión por fibra óptica de alta velocidad (≥ 10 Gbps) y de larga distancia. Esto se debe a que la PMD provoca el ensanchamiento de los pulsos ópticos transmitidos a través de la fibra óptica, lo que resulta en un aumento de la tasa de error de bits (BER, por sus siglas en inglés). (Leiva L., Tarifeño G., & Olivares V., 2007).

La Dispersión Modal de Polarización (PMD) ocurre cuando los dos componentes de polarización son ortogonales entre sí. Los modos de propagación, conocidos como modos de polarización, viajan a diferentes velocidades de grupo a lo largo de la fibra óptica, lo que

ocasiona que lleguen al final de la fibra en momentos distintos. Esto provoca un ensanchamiento y distorsión de los pulsos ópticos transmitidos.

2.23 Birrefringencia

Otra característica importante de la fibra óptica es la birrefringencia, que se observa en las fibras ópticas monomodo mediante técnicas de polarización diseñadas para muestras en las que se excluyen los fenómenos de conducción de la luz. Un parámetro comúnmente utilizado para caracterizar esta birrefringencia es la longitud de coherencia de polarización, que suele medirse utilizando un polariscopio nulo y una técnica de escaneo espectral. (Tentori, Ayala Díaz, & Treviño Martínez, 2008)

El polariscopio lineal nulo se compone de una fuente de luz que emite un haz colimado circularmente polarizado, un polarizador lineal, un analizador (un polarizador lineal con su eje ortogonal al del polarizador de entrada) y un detector.

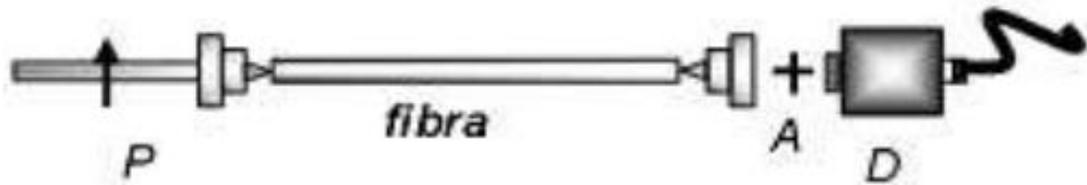


Imagen 21 Polariscopio lineal nulo

Fuente: (Tentori, Ayala Díaz, & Treviño Martínez, 2008)

Cuando se utiliza una muestra como una fibra monomodo en el polariscopio lineal nulo, esta se posiciona entre el polarizador y el analizador. El haz de luz colimado emitido por el polarizador de entrada se acopla a la fibra a través de una lente. En la salida de la fibra, la señal se colima nuevamente mediante otra lente y se dirige hacia el analizador y luego hacia el detector. Otra alternativa, basada también en el método de escaneo espectral, implica trazar sobre la esfera de Poincaré. Esta es una herramienta gráfica que facilita la descripción de señales polarizadas y las transformaciones de polarización durante la propagación. En esta técnica, se representan los estados de polarización en la salida de la muestra en la esfera de Poincaré. Al trabajar con la esfera de Poincaré, se utiliza la representación del campo

eléctrico mediante los vectores de Stokes y la birrefringencia de la fibra se describe mediante matrices de Mueller. (Tentori, Ayala Díaz, & Treviño Martínez, 2008).

2.24 Redes ópticas en el tiempo

Las tecnologías de transmisión por fibra óptica han experimentado una evolución significativa debido a la creciente demanda de ancho de banda. Esto ha tenido un impacto directo en la arquitectura de las redes ópticas, especialmente gracias al rendimiento alcanzado mediante la técnica de Multiplexación por División de Longitud de Onda (Wavelength Division Multiplexing, WDM). Esta evolución ha llevado a la definición de tres generaciones de redes ópticas: redes de primera, segunda y tercera generación. (López M. , 2009)

Redes ópticas de primera generación

Esta generación de redes se distingue por el uso exclusivo de fibra óptica como medio de transmisión de alta capacidad. Sus implementaciones son ampliamente comunes en redes públicas de telecomunicaciones, excluyendo las redes de acceso, y la mayoría transporta principalmente señales de tipo SDH o SONET, equivalentes en América del Norte.

En las redes de primera generación, se emplea la tecnología de Multiplexación por División de Longitud de Onda (Wavelength Division Multiplexing, WDM), que posibilita la transmisión de múltiples señales sobre una única fibra óptica mediante el uso de diferentes longitudes de onda. Con el WDM, es posible crear múltiples canales virtuales en una sola fibra, cada uno transportando una señal sobre una portadora óptica de longitud de onda distinta. De esta manera, se logra transmitir varias señales simultáneamente a través de la misma fibra, como si cada señal tuviera su propia fibra dedicada.

Las redes de esta generación se fundamentan en enlaces punto a punto de WDM, como se ilustra en la Figura 3, donde todo el tráfico de un enlace se extrae en cada nodo y se convierte del dominio óptico al dominio eléctrico para su procesamiento de enrutamiento. Posteriormente, todo el tráfico saliente del nodo debe ser convertido nuevamente al formato óptico antes de ser enviado a través del puerto de salida correspondiente. (López M. , 2009)

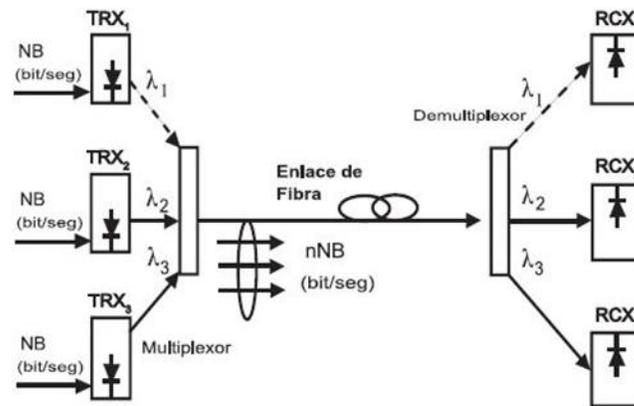


Imagen 22 Enlace punto a punto WDM

Fuente: (López M. , 2009)

Redes Ópticas de segunda generación

Estas redes también son conocidas como redes de enrutamiento de longitud de onda o redes de conmutación de circuitos ópticos. Están diseñadas para llevar a cabo funciones adicionales en el dominio óptico, más allá de la simple transmisión punto a punto. Estas funciones adicionales incluyen tareas de enrutamiento, conmutación, así como un mayor control, gestión y protección de la red. Esto ofrece importantes ahorros en términos de equipos y procesamiento electrónico en los nodos. Además, estas redes se benefician de una nueva capa en la jerarquía de la red, conocida como capa óptica o capa WDM, la cual se sitúa en el nivel más bajo y proporciona servicios a las capas superiores, como la capa SDH, ATM (Modo de Transferencia Asíncrona) y IP (Protocolo de Internet).

En las redes ópticas de segunda generación, que se basan en un conjunto de conexiones, el problema de establecer una ruta óptica se conoce como el problema de determinación de enrutamiento y longitud de onda. Normalmente, las solicitudes de conexión pueden ser estáticas o dinámicas. Las conexiones de enrutamiento de longitud de onda se caracterizan por ser estáticas, lo que resulta en una utilización relativamente deficiente de la red debido a la reconfiguración poco frecuente y al uso específico de longitudes de onda. Esto puede no ser óptimo para adaptarse a la naturaleza altamente variable del tráfico de Internet. Como

resultado, se han desarrollado arquitecturas de transporte que permiten una rápida asignación de los recursos de red y que funcionan bien con el tráfico de ráfagas, lo que da lugar a lo que se conoce como redes ópticas de tercera generación. (Puerto, 2008)

Redes ópticas de tercera generación

Las tecnologías totalmente ópticas, capaces de realizar conmutación a nivel de longitud de onda, satisfacen los requisitos de tráfico y ancho de banda de las redes de próxima generación. Por lo tanto, tanto la conmutación de paquetes ópticos como la conmutación de ráfagas ópticas son dos tecnologías prometedoras para transmitir tráfico directamente 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 convierten en paquetes IP ópticos en la entrada del enrutador de borde. Esto sigue una topología similar a la de las redes de conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS), lo que permite que la transmisión de paquetes y el enrutamiento de red se realicen en el dominio óptico. Se ha logrado un progreso significativo con la invención de amplificadores, conmutadores y multiplexores ópticos, lo que ha permitido realizar el concepto de una red "totalmente óptica". (Puerto, 2008)

2.25 Redes de fibra óptica existentes

En la actualidad, el cable de fibra óptica posibilita la creación de diversos tipos de redes de comunicación de datos, muchas de las cuales ofrecen altas velocidades y un nivel de seguridad robusto. Algunas de las redes de comunicación de datos que existen actualmente incluyen:

1. Redes de área local (LAN): Son redes que conectan dispositivos dentro de un área geográfica limitada, como una oficina, campus universitario o edificio. Las LAN suelen utilizar fibra óptica para lograr velocidades de transmisión rápidas y una mayor seguridad de datos.
2. Redes de área amplia (WAN): Estas redes abarcan áreas geográficas más extensas, como ciudades, países o incluso continentes. Las WAN utilizan fibra óptica para interconectar dispositivos y redes en diferentes ubicaciones, permitiendo una comunicación rápida y confiable entre ellas.

3. Redes metropolitanas (MAN): Son redes que conectan múltiples puntos dentro de una ciudad o área metropolitana. Las MAN utilizan fibra óptica para proporcionar conexiones de alta velocidad y capacidad entre edificios y centros de datos dentro de una ciudad.

4. Redes de acceso de fibra óptica (FTTx): Estas redes utilizan fibra óptica para proporcionar servicios de comunicación, como Internet de banda ancha, televisión y telefonía, a hogares y empresas. Los diferentes tipos de redes FTTx incluyen FTTH (Fiber to the Home), FTTC (Fiber to the Curb) y FTTP (Fiber to the Premises).

5. Redes de área de almacenamiento (SAN): Son redes diseñadas para conectar dispositivos de almacenamiento, como servidores y unidades de almacenamiento, a través de una infraestructura de red dedicada. Las SAN utilizan fibra óptica para garantizar una alta velocidad de transferencia de datos y una baja latencia.

Estos son solo algunos ejemplos de las redes de comunicación de datos que hacen uso del cable de fibra óptica para ofrecer velocidades de transmisión rápidas, mayor seguridad y confiabilidad en la transmisión de datos.

3. ESTADO DEL ARTE

En el año 2018, Panchas Matías y Marco Jesús realizaron el diseño de una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH, por sus siglas en inglés) basada en el estándar GPON en el distrito de El Agustino. Este diseño incluyó una propuesta para la instalación de fibra óptica a través del sistema de alcantarillado. Se elaboró el diseño de la red GPON teniendo en cuenta los requisitos de ancho de banda, así como las consideraciones principales para el despliegue a través del sistema de alcantarillado de la Zona I de El Agustino. Este proyecto representó un esfuerzo integral para implementar una infraestructura de comunicaciones avanzada en el distrito de El Agustino, con el objetivo de mejorar el acceso a servicios de banda ancha y tecnología de vanguardia para los residentes de la zona. (Pancha Matías, Marco Jesús 2018).

En el año 2017, Farfán Tejada y Helard Osmar lideraron un proyecto de investigación que implicó la implementación del enlace de fibra óptica Arequipa - Cusco, conocido como el Proyecto "Internet de Banda Ancha al Cusco", el cual conectará a 8 departamentos de la sierra y selva del Perú mediante una red de fibra óptica. Este proyecto beneficiará a más de 2,4 millones de habitantes de la sierra del país. Su objetivo principal es mejorar la conectividad y el acceso a Internet de alta velocidad en áreas rurales y remotas de Perú, lo que contribuirá al desarrollo socioeconómico de estas regiones. La implementación de este enlace de fibra óptica permitirá una comunicación más rápida y confiable, así como el acceso a servicios en línea, educación a distancia, telemedicina y otras oportunidades que mejorarán la calidad de vida de la población en estas áreas. (Farfán Tejada, Helard Osmar, 2017).

En 2020, Valarezo Loayza elaboró una guía metodológica para la recolección de datos destinada al diseño de redes FTTH GPON, con un enfoque específico en la Calidad de Servicio (QoS). Dado el crecimiento significativo en la demanda de datos por parte de los usuarios y la creciente adopción de estas tecnologías por parte de las empresas, se ha vuelto fundamental contar con una metodología apropiada para determinar la secuencia de datos necesaria para el diseño de redes FTTH GPON.

La información más importante que se debe considerar incluye la delimitación del área de cobertura, la definición de la población y la muestra, el cálculo del crecimiento de suscriptores y la estimación del ancho de banda doméstico. Todo este proceso se fundamenta en la recopilación de información precisa proveniente de fuentes confiables. Esta guía metodológica proporciona un marco sólido para los ingenieros y planificadores de redes que buscan implementar redes FTTH GPON con un enfoque específico en la calidad del servicio ofrecido a los usuarios finales. Al seguir esta metodología, se garantiza una planificación efectiva y una implementación exitosa de las redes de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) basadas en la tecnología GPON. (Loayza, 2020).

En 2017, Wilfredo Manuel y Trejo Flores llevaron a cabo el diseño de un sistema de comunicación con el objetivo principal de proponer una infraestructura basada en fibra óptica para construir un circuito de banda ancha y mejorar los servicios electrónicos en el campus de la UNASAM. Para lograr este propósito, se llevó a cabo un estudio descriptivo de línea base. A diferencia de un estudio experimental transversal, la población objeto de estudio estuvo compuesta por estudiantes, personal administrativo y docente que labora en la sede de la UNASAM. El diseño de este sistema de comunicación tenía como objetivo satisfacer las necesidades de conectividad y mejorar la infraestructura de comunicaciones en el campus universitario. (Wilfredo Manuel ,Trejo Flores 2017).

En 2023, García Cordellat realizó el diseño de una red FTTH con el objetivo de ofrecer servicios de telecomunicaciones de alta velocidad y calidad a todos los hogares y comercios ubicados en el campo de Vilanova, Pontevedra. Este proyecto se llevó a cabo como parte de un programa de prácticas en Ezentis, una empresa especializada en la gestión y mantenimiento de redes de distribución en el sector de las telecomunicaciones. Los objetivos secundarios de este proyecto fueron estudiar y comprender el funcionamiento de las redes FTTH, determinar las ventajas de este tipo de redes, realizar un análisis exhaustivo del área urbana seleccionada y sus características, incluyendo fortalezas y debilidades que pudieran influir en el diseño de la red FTTH. El objetivo final fue optimizar el diseño de la red FTTH, llevando a cabo pruebas, cálculos y mediciones precisas para garantizar la máxima calidad posible en el diseño de la red. (García,2023)

En 2019, Belén Rey Rodríguez realizó un análisis tecno-económico para el despliegue de una red FTTH (Fiber to the Home). Este proyecto propuso tres escenarios que combinaban diversas características clave de un despliegue de este tipo de red. Se examinaron diferentes escenarios en los que se variaban los niveles de división y el tipo de divisores empleados. Finalmente, se evaluó cuál de los resultados obtenidos representaba la mejor opción, teniendo en cuenta criterios como la rentabilidad económica, el mantenimiento, la fiabilidad y la flexibilidad. Este análisis permitió determinar la opción más adecuada para el despliegue de la red FTTH, considerando diversos aspectos técnicos y económicos. (Belén Rey Rodríguez, 2019)

En el año 2022, Hurtado Panéz desarrolló una red FTTH utilizando tecnología GPON para brindar acceso a telecomunicaciones en hogares. El artículo presenta una solución destinada a hogares que requieren conexiones fijas de banda ancha, especialmente aquellos ubicados en las principales ciudades del Perú. Para facilitar el acceso residencial a las telecomunicaciones, se implementó una red FTTH utilizando tecnología GPON. Se destacaron aspectos como la disponibilidad, el diseño de la red, los cálculos de capacidad, la velocidad de transmisión y la cobertura de red como factores determinantes para una solución beneficiosa para los residentes. (Hurtado Panéz, 2022).

En 2021, Hugo Quezada implementó una red FTTH utilizando estándares GPON con el fin de mejorar la calidad de los servicios de Internet en el hogar. En este artículo, se buscó obtener un acceso a Internet o banda ancha de mejor calidad que el disponible hasta el momento. Para este estudio, se priorizó la creación de redes de fibra óptica utilizando el estándar GPON para mejorar el acceso a los servicios de Internet en los hogares de la región de Chorrillos, específicamente para los usuarios o compradores de los asentamientos Defensores del Morro y Los Faisanes. El Capítulo 1 ofrece una introducción al planteamiento del problema, donde se explica la realidad de la situación, su diseño, los problemas encontrados, los objetivos, las causas y las limitaciones. (Hugo Quezada, 2021)

4. METODOLOGÍA

3.1. Comunidad de coloman

La comunidad de coloman está situada en el municipio de Tuxpan (en el estado de Veracruz de Ignacio de la llave). Hay 455 habitantes datos obtenidos de INEGI. Es el pueblo más poblado en la posición número 30 de todo el municipio.

Datos de población en la laja de coloman

Año	Habitantes (Mujeres)	Habitantes (Hombres)	Total de habitantes
2020	239	216	455

Tabla 1 Total de habitantes en la comunidad de Coloman

Fuente: Pueblos América

Evolución de la población en la comunidad de coloman.

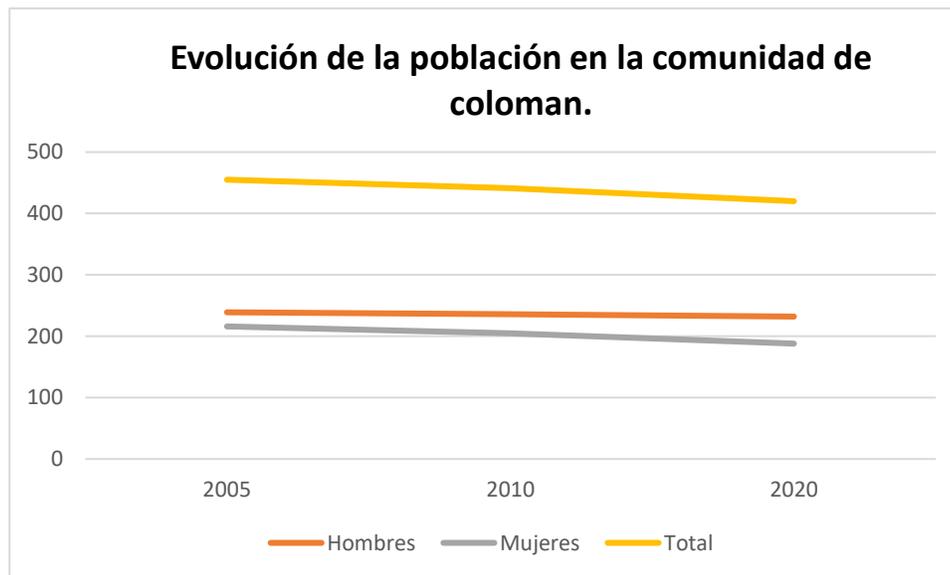


Imagen 23 Evolución de la población en la comunidad de Coloman

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Diagnostico del proyecto

Se realizó un diagrama Ishikawa para identificar los distintos factores involucrados en la construcción de la red y que podrían causar que el proyecto no funcione o no se desarrolle en óptimas condiciones, el diagnostico de un proyecto es indispensable para la empresa, de esa manera evitamos perdidas monetarias o de tiempos perdidos.

3.2.1 Mediciones

3.2.1.1 Mediciones de señal inadecuadas

No realizar mediciones precisas al momento de verificar luz en las naps podría resultar en niveles de señal insuficientes o excesivos y afectar la calidad de la conectividad.

3.2.1.2 Pruebas de empalme erróneas

La realización de empalmes, pueden ser mecánicos (conectores) o por fusión, la capacitación y las buenas prácticas durante el proceso de empalme, son esenciales para obtener una buena calidad de los empalmes, si se realizan empalmes de forma inadecuada, el rendimiento de la red puede verse involucrada de igual manera aumentando el nivel de luz, el estándar de calidad permitido en cada empalme por fusión es de 0.00 a 0.01.

3.2.1.3 Documentación incompleta

No registrar adecuadamente los resultados de las mediciones realizadas de las instalaciones, puede ocasionar que en fallos futuros el equipo de soporte técnico no tenga el conocimiento del problema.

3.2.1.4 Incapacidad de identificar cortes

No realizar mediciones para detectar posibles cortes puedan afectar la calidad de la señal y la conectividad de la red.

3.2.2 Material

3.2.2.1 Fibra Óptica de mala calidad

Utilización de fibra óptica de mala calidad puede tener mayor atenuación, usualmente estas fibras suelen estar húmedas provocando una menor capacidad de rendimiento al momento de la transmisión de los datos.

3.2.2.2 Conectores defectuosos

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

3.2.2.3 Mangas defectuosas

Uso de mangas de baja calidad puede provocar que rompa el empalme que se realizó o que al momento de hornearlo se derrita de más.

3.2.3 Personal

3.2.3.1 Falta de capacitación del personal

Personal sin la capacidad adecuada en la instalación o el mantenimiento de una red FTTH, puede ocasionar que no se realice de una manera adecuada las instalaciones.

3.2.3.2 Escases de personal calificado

Esto ocasiona fallas de producción, pérdida de reconocimiento en el mercado, insatisfacción de proveedores o de clientes, o pérdidas de materiales que tienen un tiempo de vida exacto.

3.2.3.3 Errores de instalaciones

Técnicos que no siguen los procedimientos adecuados en la realización de una instalación FTTH puede ocasionar que al cliente no le llegue la señal adecuada de internet a su domicilio.

3.2.4 Medio Ambiente

3.2.4.1 Escenarios inadecuados para trabajar

Hay situaciones donde se tiene que trabajar en el suelo o en medio del monte, dependiendo el lugar en donde se originó el corte.

3.2.4.2 Cambios climáticos espontáneos

Durante el transcurso del día hay ocasiones donde el clima cambia drásticamente de un día soleado a una tormenta eléctrica ocasionando que se detenga el proyecto.

3.2.4.3 Vandalismos y robos

Hay zonas donde son inseguras para trabajar, donde se ha reportado robos de materiales y equipos de trabajo

3.2.5. Métodos

3.2.5.1 Mal manejo de los planos

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.

3.2.5.2 Capacidad de la 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.

3.2.5.3 Planificación Inadecuada

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.

3.2.6 Maquinaria

3.2.6.1 Cortadora mal calibrada

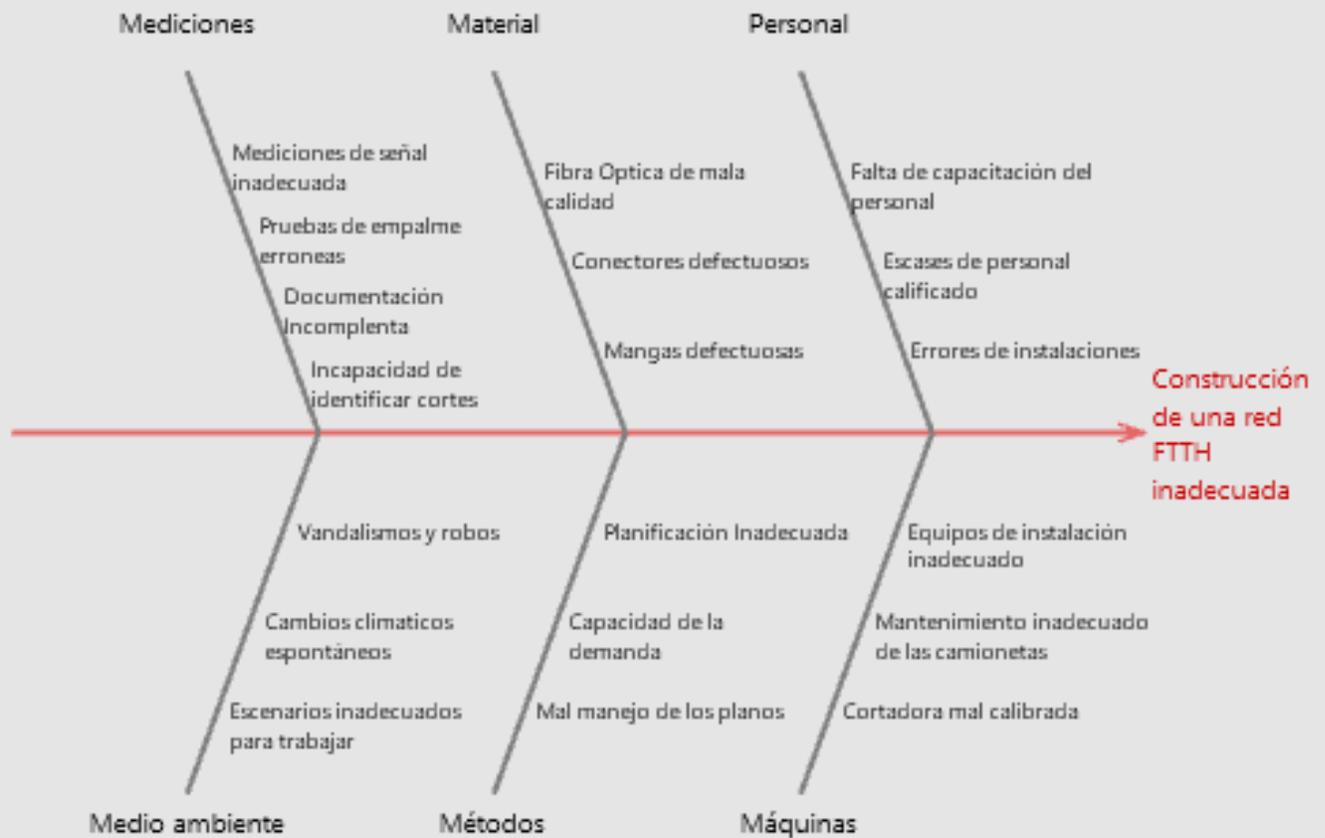
Hay situaciones donde la cortadora no está calibrada adecuadamente, ocasionando que se realice malos cortes y no se realice una buena fusión

3.2.6.2. Mantenimiento inadecuado de las camionetas

Se realizan reportes a diario de las fallas de las camionetas, alguna falla de la camioneta se pierde un avance importante durante las instalaciones, ocasionando que no se cumpla la meta de instalaciones establecidas en el día.

3.2.6.3 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.

Diagrama de causa y efecto



Fuente: Elaboración propia

3.3 Proceso de planeación de una distribución de una red FTTH

Este proceso comienza con una decisión que debe tomar la empresa, que involucra muchas cosas que deben considerarse y los intereses de los usuarios atendidos, incluido lo que es más importante para la empresa; Comienza con imágenes satelitales para verificar las carreteras y la infraestructura comunitaria reales. Estos son los pasos que debe seguir para gestionar mejor la planificación.

En este apartado describiremos las diferentes fases a realizar en un despliegue FTTH:

1. Defina la huella objetivo. En esta etapa, se ha determinado el área que cubrirá nuestro despliegue y queremos brindar cobertura FTTH a esta área.
2. Solicite una licencia. En términos generales, se requiere permiso para utilizar equipos o instalaciones fuera de la empresa. En este apartado distinguimos entre las licencias solicitadas por instituciones públicas y las licencias solicitadas por particulares.
 - a. En cuanto a los permisos solicitados a Organismos Públicos, cada ayuntamiento exige un plan de implantación y despliegue y unas tasas que varían de unos a otros.
3. Resultados de aprendizaje de la huella objetivo. En esta etapa, el diseño del sitio se realiza de la manera que sea posible y llegue a la línea. Con la influencia de este campo podremos determinar el número de personas involucradas en nuestra distribución, su ubicación y topología. Recopilar esta información es muy importante.
4. Crear. Durante este tiempo, la red fue diseñada para satisfacer las especificidades de la distribución y se basó en una reconstrucción del pasado.
5. Petición de materiales.
6. Construcción de la red.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Realización de la red de distribución

Se ha seleccionado como huella general en la comunidad de Coloman, como se muestra en la Imagen 25. Con el fin de realizar el estudio y diseño de nuestra Red de Distribución, se ha seleccionado una zona concreta de esta huella

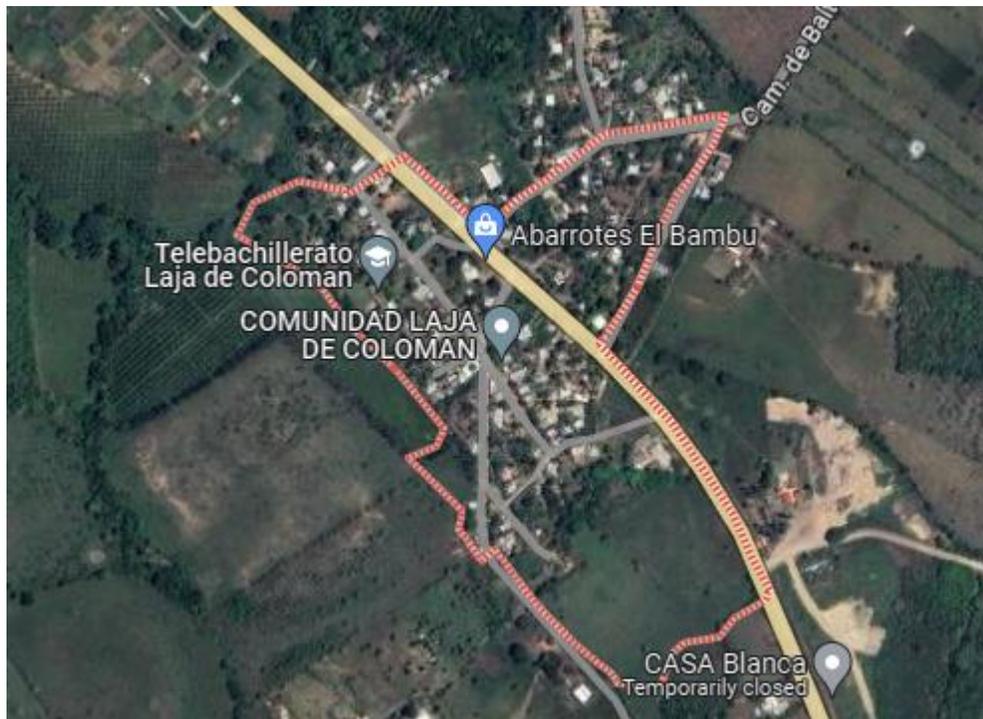


Imagen 25 Comunidad de Coloman

Fuente: Google Earth

5.2 Permisos

Después de varias etapas del proyecto, para poder utilizar nuestra red de distribución, preparamos y aprobamos el plan de distribución de la ciudad de acuerdo con la etapa anterior, por lo que recibiremos el permiso firmado y sellado del representante de la ciudad. Comunidades Para construir nuestra red y recibir el pago correspondiente. Se trata de obtener permisos especiales. Asumimos que tenemos todas las licencias necesarias y, por lo tanto, no estamos limitados por una denegación de licencia.

5.3 Postes

Una vez teniendo todos los permisos necesarios, se contabiliza el número de postes que hay dentro de la comunidad para establecer una ruta de distribución de la fibra óptica de 12 hilos.



Imagen 26 Postes que se encuentran en la comunidad de Coloman

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la imagen 26 se contabilizaron un total de 29 postes de concreto , 12 postes de 12 metros de altura y 17 postes de 7 metros de altura. Una vez teniendo los datos necesarios se obtendrá una ruta de distribución utilizando la metodología “Árbol de expansión mínima”.

5.4 Árbol de expansión mínima

Un árbol de expansión mínimo es un tipo especial de árbol que minimiza la longitud total de las aristas, asegurando que incluye todos los vértices del grafo original.

- Alcanza (abarca) todos los vértices.
- Es acíclico . En otras palabras, el gráfico no tiene ningún nodo que vuelva a sí mismo.

Así como es importante considerar el árbol de portada, también es necesario saber un poco de cartografía, que es una fusión de tecnología, arte y ciencia, para plasmar el diseño gráfico del mapa hasta obtener un dibujo que incluye la composición, y procesar los datos desde la fuente. Para el planteamiento de nuestro diseño trabajaremos con mapas georreferenciados en los cuales se aplica el uso de coordenadas para ubicaciones específicas estas ubicaciones son espaciales y se reflejan en entidades cartográficas, cada elemento dentro de una capa de un mapa contiene una ubicación geográfica, así como también una extensión muy específica la cual nos ayuda para situar un punto en la superficie terrestre.

5.5 Diseño de la red FTTH

Como primer punto es necesario marcar el mapa de la comunidad de Coloman, se usó el programa Tomodat y se utilizó mapas georreferenciados proporcionados por la empresa Google a través de Google maps, para ello es necesario exportar el mapa de la comunidad de Coloman.



Imagen 27 Mapa georreferenciado

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo el mapa de la comunidad de Coloman con las dos respectivas extensiones el software Tomodat ya es capaz de abrir el mapa como se muestra en la imagen 28.

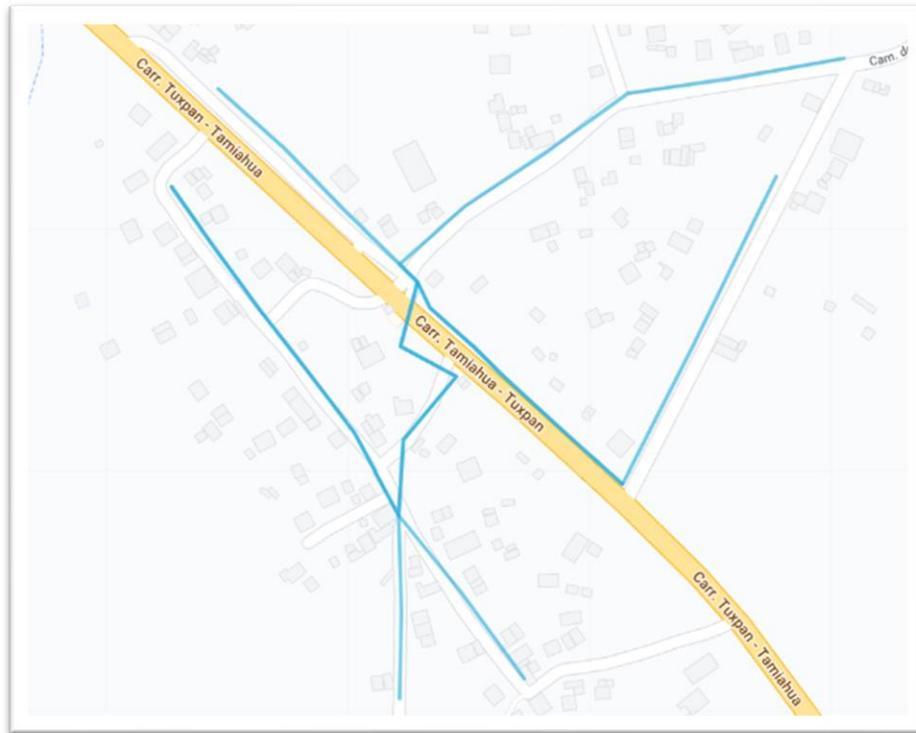


Imagen 28 Ruta establecida dentro de la comunidad de Coloman

Fuente: Elaboración propia

La mejora de la ruta por donde debería tenderse la fibra para la conexión, se completó la metodología de árbol de expansión mínima, se requieren las distancias entre NAPS, para la generación del árbol de expansión. Para ello, se implementó en un script que realicé las conexiones entre todos los elementos y calculé su respectiva distancia calculadas en metros, como se observa en la imagen 29.

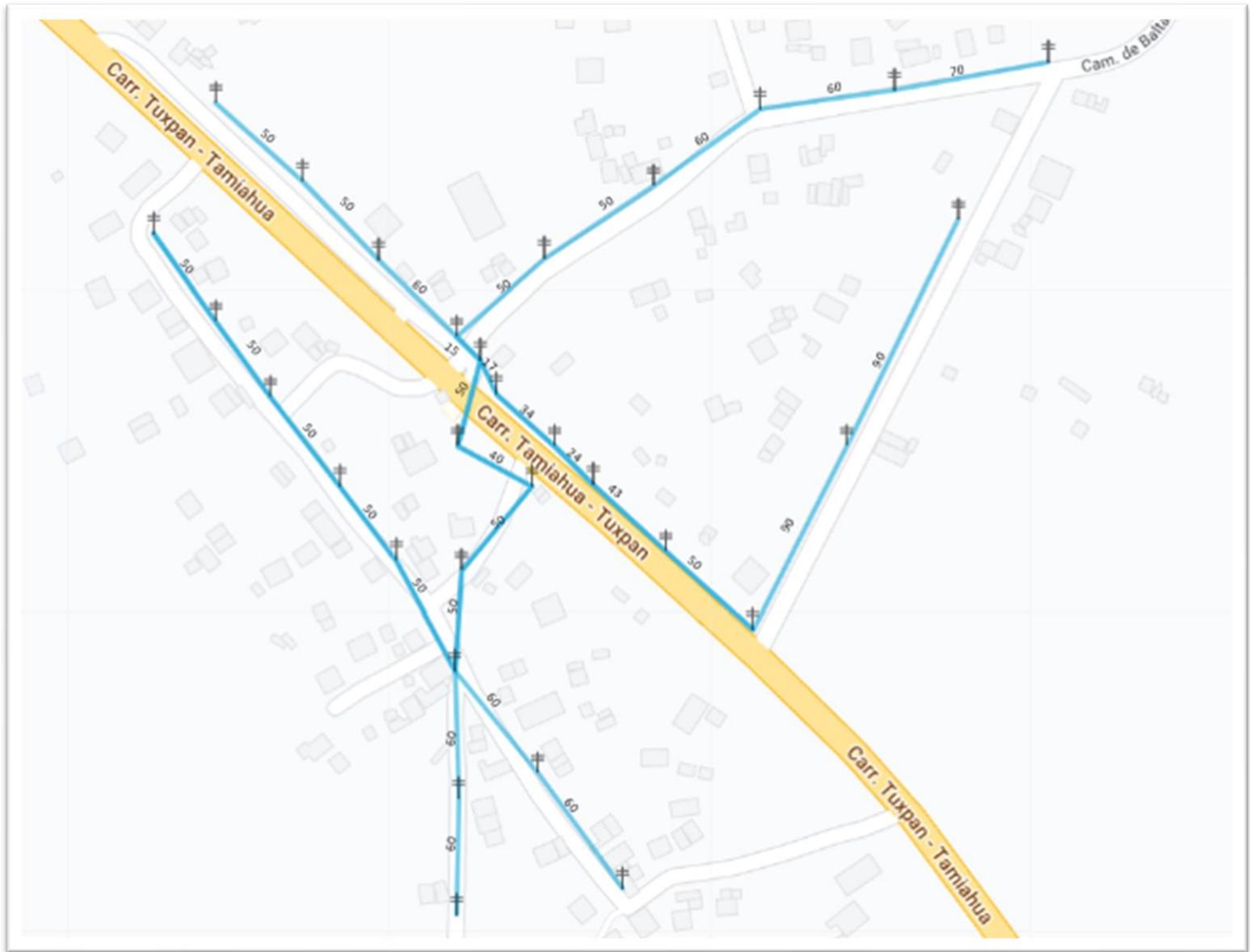
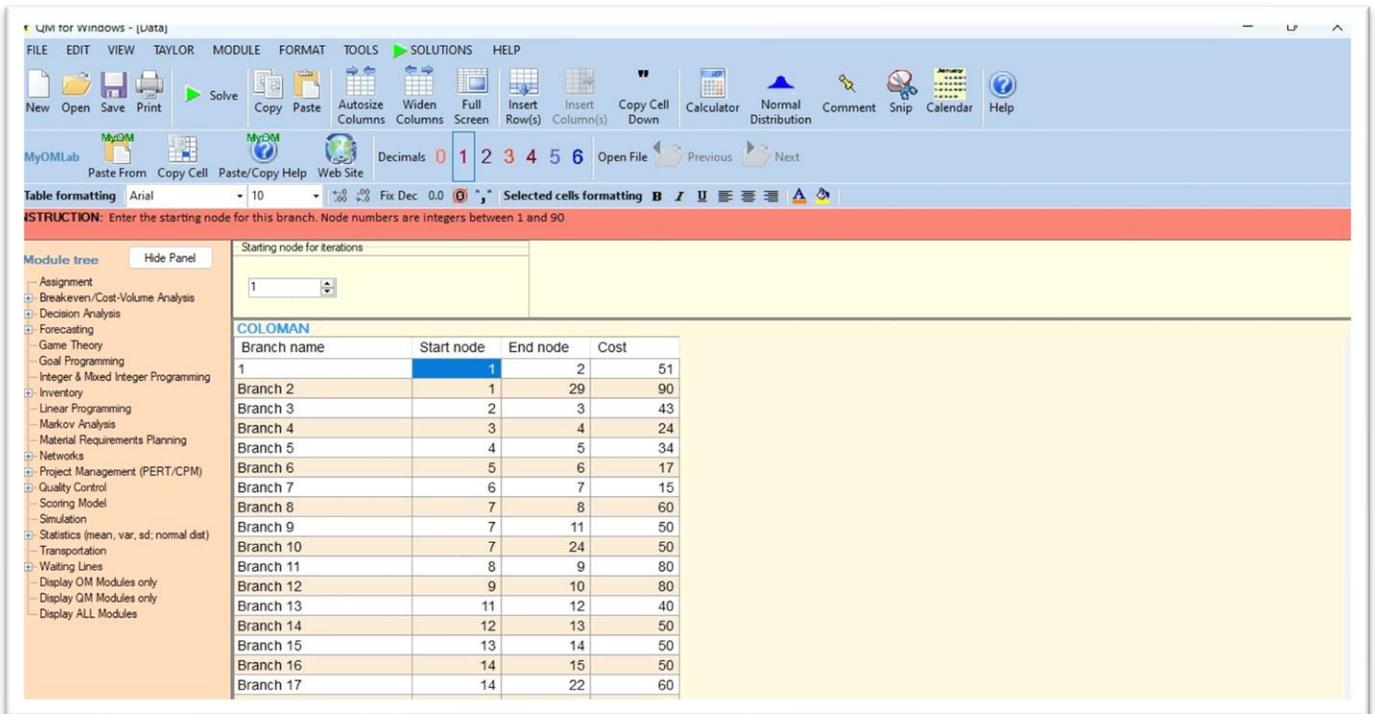


Imagen 29 Distancias de los postes

Fuente: Elaboración propia

Las distancias calculadas tienen que ser ingresadas al programa de QM for Windows, retorna el coste mínimo es decir la ruta más óptima por la que puede pasar la fibra óptica en la comunidad de Coloman, así mismo llegando al cliente

Una vez agregado en el software las distancias de cada uno de los postes que se encuentra en la comunidad de Coloman. Como se muestra en la imagen 30.



5.6. Requerimientos de materiales

A continuación, se calculó los requerimientos necesarios de material que se utilizara para la distribución de nuestra red de fibra óptica. La distribución será distribuida en 21 postes de CFE calculando un total de 914 metros de fibra óptica .

A continuación, se muestra la cantidad de materiales que se necesitara para realizar el levantamiento de la distribución de fibra óptica en la comunidad de coloman.

Equipo	Cantidad
Kit para fusionar	1
Flejadora	1
Material para construccion de red	Cantidad
Herraje tipo “D”	42
Hebillas	40
Fleje	4
Brazo chico	3
Brazo Grande	3
Fibra Óptica 6 hilos	4 km
NAPS de 8	5
Material y equipo para activación de servicio	Cantidad
ONU residencial	60
Pig tail	60
Conector Mecanico	120
Roseta	60
I puerto OLT C+	1
Fibra drop	100 mtrs

Tabla 2 Requerimientos de materiales

Fuente: Elaboración propia

5.7 Evaluación Económica

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

CONCEPTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	MONTOS	TOTAL
ACTIVO FIJO				
Kit para fusionar	1	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
Flejadora	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Herraje tipo "D"	42	\$ 18.00	\$ 756.00	\$ 756.00
Hebillas	40	\$ 4.00	\$ 160.00	\$ 160.00
Fleje	4	\$ 403.00	\$ 1,612.00	\$ 1,612.00
Brazo chico	3	\$ 160.00	\$ 480.00	\$ 480.00
Brazo Grande	3	\$ 270.00	\$ 810.00	\$ 810.00
Fibra Óptica 6 hilos	4 km	\$ 32,499.00	\$ 32,499.00	\$ 32,499.00
NAPS de 8	5	\$ 1,300.00	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
SUBTOTAL				\$ 95,817.00
ACTIVO DIFERIDO				
Renta de postes	21	\$ 70.00	\$ 1,470.00	\$ 1,470.00
CAPITAL DE TRABAJO				
Capital inicial de trabajo	1	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
Total, de inversión				\$ 117,287.00

Tabla 3 Evaluación Económica

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se calculó el costo de instalación de un servicio:

COSTO POR INSTALACIÓN				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
ONU	90	Pieza	500	45000
PIG TAIL	90	Pieza	20	1800
CONECTOR MECANICO	90	Pieza	5	450
ROSETA	90	Pieza	50	4500
FIBRA DROP	100	Metros	5	500
TOTAL 90 SERVICIOS				52250
COSTO POR INSTALACION				871
HORAS/INTALACION	CANTIDAD	HORAS TOTALES	COSTO P/HORA	M.O.TOTAL
2	90	120	31.25	3750
MANO DE OBRA UNITARIO				62.5
TOTAL DE INSTALACION				933

Tabla 4 Presupuesto de inversión

Fuente: Elaboración propia

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.

$$= \frac{CF}{PV - CV}$$
$$X = \frac{117287}{900 - 54} = \frac{117287}{846} = 138$$

De acuerdo al cálculo se requieren de 138 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:

PRESUPUESTO DE VENTAS			
MES	SERVICIO ACTIVOS	COSTO	TOTAL DE EGRESOS
1	90	900	81000
2	90	900	81000
3	90	900	81000
4	90	900	81000
5	90	900	81000
6	90	900	81000
7	90	900	81000
8	90	900	81000
9	90	900	81000
10	90	900	81000
11	90	900	81000
12	90	900	81000

Tabla 5 Presupuesto de ventas

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de costo de materias primas de cada mes.

Presupuesto de costo de materias primas														TOTAL ANUAL
Concepto	Costo por Instalacion	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	
ONU	500	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	540000
PIG TAIL	20	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	21600
CONECTOR MECANICO	5	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	5400
ROSETA	50	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	54000
FIBRA DROP	5	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6000
TOTAL DE COSTO DE MATERIAS PRIMAS		52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	627000

Tabla 6 Presupuesto de costo de materias primas

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto de materias primas es un total de \$627,000 pesos anual

Posteriormente se calcula los egresos de cada una de las salidas a campo que se realiza en cada una de las instalaciones que se tiene planteadas durante el día

EGRESOS														TOTAL ANUAL
CONCEPTO	Meses de trabajo													
	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12		
COSTOS FIJOS														
Renta de postes	1470	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	23470
Mano de obra	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	45000
SUBTOTAL	5220	5750	5750	5750	5750	5750	5750	5750	5750	5750	5750	5750	5750	
COSTOS VARIABLES														
Materia prima	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	627000
SUBTOTAL	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	52250	
TOTAL COSTOS	57470	58000	58000	58000	58000	58000	58000	58000	58000	58000	58000	58000	58000	695470

Tabla 7 Presupuesto de costo de materias primas

Fuente: Elaboración propia

Obtenemos un total de \$695,470 pesos de egresos anual

Con los datos obtenidos del presupuesto de venta, los costos de materia prima y los egresos calculamos el flujo de efectivo.

Flujo de efectivo														Año 1
Concepto/Mes	Año 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	
Ventas		\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$85,500.00	\$1,026,000.00
Valor de rescate														\$ 91,026.15
Ingresos totales		\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$81,000.00	\$972,000.00
Costos fijos		\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$5,220.00	\$62,640.00
Costos variables		\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$52,250.00	\$627,000.00
Costos totales		\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$57,470.00	\$689,640.00
Compra activo fijo	\$ 95,817.00													
Compra activo diferido	\$ 1,470.00													
Compra capital de trabajo	\$ 20,000.00													
Saldo final	-\$117,287.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$23,530.00	\$282,360.00

Tabla 8 Flujo de efectivo

Fuente: Elaboración propia

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

Se utilizará un total de 1.2 km de fibra óptica de 6 hilos, puesto que en cada poste se deja una omega, esto evitando que alguna situación la fibra se recorra del preformado, provocando que se dañe la fibra.

Se ocupará un total de 5 NAPS de 8 puertos estos serán alimentados gracias a una trocal que pasa por dicha comunidad. La trocal esta tendida desde las oficinas que se encuentra en Tuxpan. Como se muestra en la imagen 33



Imagen 33 *Troncal*

Fuente: Elaboración propia

Las NAPS será distribuida en toda la red que se estableció anteriormente, colocando en lugares estratégicos dentro de la comunidad, de esta manera que toda la comunidad cuente con su servicio de internet. Cada una de las NAPS es representada por el color de hilo que será alimentado desde cierre ya establecido. El hilo fuerte (es el que enviara toda la señal a cada una de las NAPS establecidas) es el hilo rojo.

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 coloman.
- La ruta azul señala la fibra de distribución ADSS de 6 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

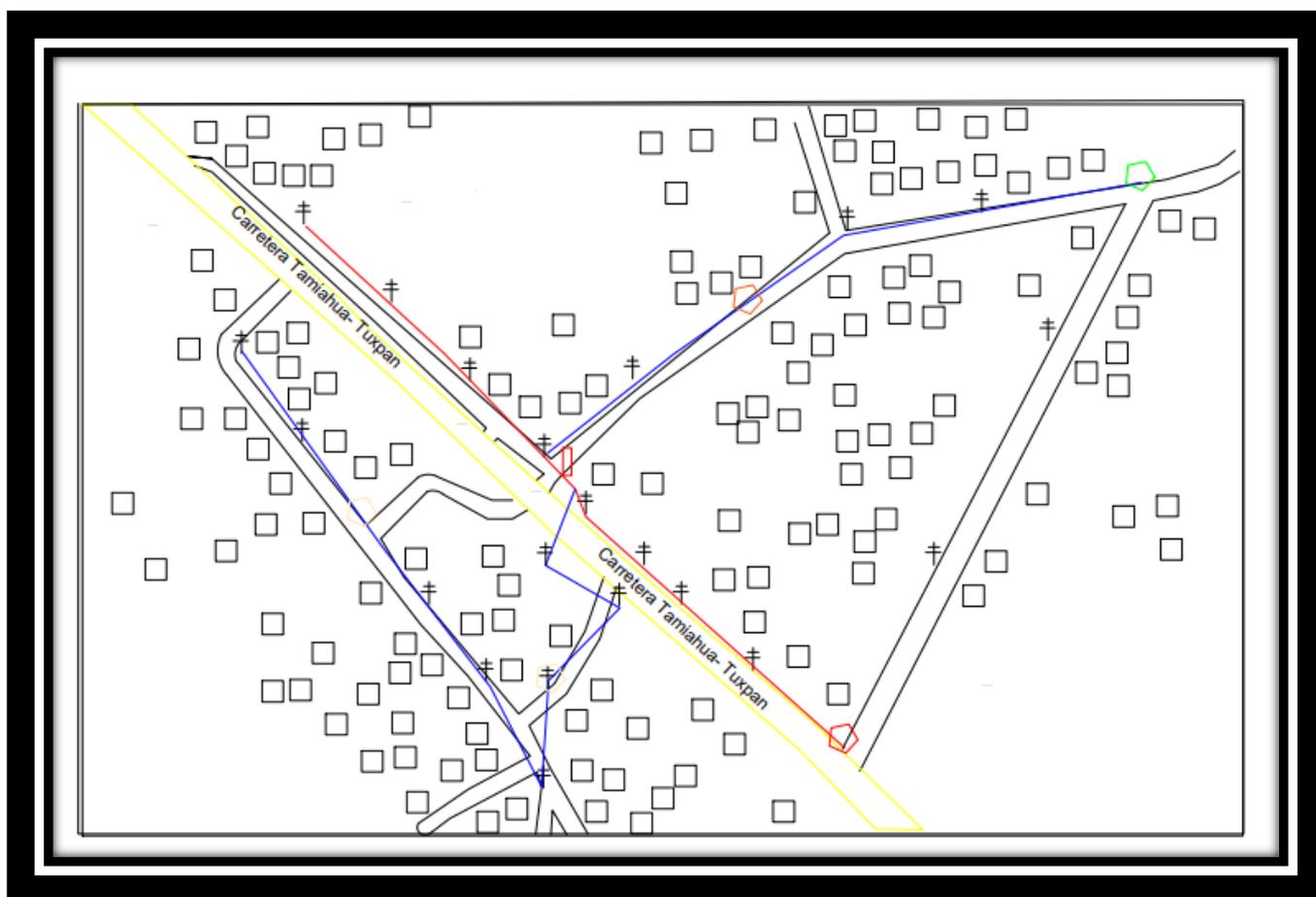


Imagen 34 Plano de red de distribución en la comunidad de Coloman

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Este trabajo de tesis aborda el desarrollo de una red FTTH utilizando principios de optimización de redes. La implementación de esta red ha resultado en una notable mejora en la calidad del servicio ofrecido a la comunidad de Coloman.

La implementación de un árbol de expansión mínima en este proyecto ha facilitado un diseño eficiente de la red, resultando en una reducción significativa de los costos de infraestructura e instalación, así como en la disminución de los requisitos de materiales de construcción. Esto se logra al proporcionar una ruta de comunicación directa. Además, el uso del árbol de expansión mínima ha mejorado la fiabilidad de la red al minimizar la cantidad de fibra utilizada y asegurar rutas más cortas.

El diseño de esta red se basó en datos reales como información que nos brindó la empresa, rutas alternativas, fibras e información básica sobre fibra óptica entre varios detalles. Por tanto, esta propuesta puede considerarse como una vía rentable para la empresa si así lo decide. El análisis financiero se basa en presupuestos calculados para ingresos, gastos y partidas de gastos. Considerando que los ingresos se reciben antes de la prestación del servicio; Esto sucede antes de que se incurran en costos y gastos, lo que proporciona liquidez al negocio. La empresa aporta beneficios sociales porque brinda un servicio a la población que lo necesita cuando se cumple el período de recuperación de la inversión. La inversión inicial está bien focalizada en los activos fijos seleccionados y analizados en este proyecto.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

A lo largo de mis residencias profesionales adquirí competencias tanto del ramo de las comunicaciones, así como el desarrollo de redes óptimas de distribución.

Redes de fibra óptica: conocimientos necesarios para llevar a cabo el esquema de un sistema de comunicación óptica eficiente, realizar la planeación del proyecto y elección de componentes para el despliegue del sistema diseñado de acuerdo a normativas aplicables.

Uno de los objetivos alcanzados durante en las residencias fue adentrarse en la redacción de proyectos de ingeniería, tratando de elaborar lo que pudiera ser un proyecto de instalaciones

exteriores de telecomunicaciones orientado al desarrollo de una nueva red de distribución de fibra óptica. Por este motivo, los productos que se obtuvieron en el desarrollo del trabajo son apartados que se encontraron durante el proyecto.

- Describir de manera exhaustiva los procedimientos aplicados para el cálculo y dimensiones de la instalación.
- Manejo de planos, los cuales permitirán definir gráficamente el alcance del proyecto
- Valoración económica para la ejecución del proyecto, lo más cercana a la realidad posible.

BIBLIOGRAFÍA

1. (Tentori, Ayala Díaz, & Treviño Martínez, (2008)Uso de Eigenmodos de Polarización para Caracterizar la Birrefringencia de una Fibra Óptica Monomodo. Universidad autónoma de Nuevo Leon
2. Bates detector and applications.2001
3. Belén Rodríguez (2019). Análisis tecno-económico de un despliegue de red FTTH.
4. Collado, C. (2021, 8 marzo). Google Earth, guía completa: Qué es, cómo usarlo
5. F.Manuel. (2011, 15 diciembre). Google Map Maker, nueva interfaz y mejor experiencia de usuario. Genbeta.
6. Gycom. (2013). Obtenido de sitio web de Gycom: <http://www.fibraoptica.com/informacion-tecnica/vistazo-tecnologia>
7. Gycom. (28 de 07 de 2013). Especialistas en fibra óptica. Obtenido de <http://www.fibraoptica.com/informacion-tecnica/vistazo-tecnologia>
8. Hugo Quezada. (2021). “Diseño De Una Red FTTH Mediante El Estándar Gpon Para La Mejora De La Calidad De Servicio De Internet En Los Hogares En El Distrito De Chorrillos”
9. Hurtado Panez (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.
10. Jiménez, J. (2023, 28 junio). Qué es backbone o red troncal y para qué se utiliza. RedesZone.consultado el día 03 septiembre 2023
11. López, M. (17 de octubre de 2009). Evolución de las redes ópticas en el futuro. Obtenido de Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos72/evolucion-redes-opticas-futuro/evolucion-redes-opticasfuturo2.shtml>
12. Manuel Wilfredo, Trejo Flores (2017). Diseño de un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica para mejorar la red de comunicaciones en la ciudad universitaria de la universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
13. Martínez, J. M. (2015). Supuestos de matemáticas financieras. España: Universidad Miguel Hernández de Elche.

14. Microzanjas. (2023, 18 septiembre). Tendidos de fibra óptica: tipos, características, ventajas e inconvenientes. microzanjas.
15. Networking. (2020, 27 julio). FUSION DE EMPALME DE FIBRA OPTICA. Networking.
16. Networks(2023, 5 septiembre). OTDR: Reflectómetro de Dominio de Tiempo óptico. Fluke Networks.
17. Noori, R. (2023, 23 marzo). A guide to fiber optic cable color code systems. The Network Installers.
18. Panchas Matias (2018). Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino
19. Pearson, E. R. (2015). Dominar el OTDR: adquisición e interpretación de trazas: versión 1.0. Pearson Technologies Incorporated.
20. 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>
21. Son, Roshester NY. John Wiley and. Fiber-optic communication systems.2002
22. Sttaford.application of fibers optic.2006.