

Diseño de la nueva red de fibra óptica para distribución de servicios de internet y televisión para 800 usuarios de la zona urbana del municipio de Moniquirá-Boyacá.

David Eduardo Granados Suárez

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TUNJA

2019

Diseño de la nueva red de fibra óptica para distribución de servicios de internet y televisión para 800 usuarios de la zona urbana del municipio de Moniquirá-Boyacá (MONITV).

David Eduardo Granados Suárez

Trabajo de grado como requisito para obtener el título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Director:

Ing. Óscar Hernán Rojas Barreto

Codirector:

Ing. César Mauricio Galarza Bogotá

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TUNJA, COLOMBIA

2019

Las ideas y afirmaciones presentes en este documento son responsabilidad del autor. La universidad Santo Tomas no se hace responsable de las consecuencias que pueda generar este trabajo.

DEDICATORIA

“El presente trabajo de grado se lo dedico a mi familia, a mi madre, Hercilia Suarez, y a mi padre, Hugo Granados, quienes, con su forma de educar, enseñar, carácter, cariño, entendimiento y comprensión, me formaron como persona, una persona íntegra, con sueños, metas y con objetivos para poder cumplir todos y cada uno de estos”

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a mi familia, mi madre Hercilia Suarez, mi padre, Hugo Granados y a mi hermana Lizette Granados, por la dedicación y el apoyo incondicional en mi proceso de formación no solo como profesional sino como persona, con metas, principios y valores.

Agradecer también a la facultad de ingeniería electrónica de la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja, a todo su cuerpo docente y administrativo por el apoyo que me brindaron en mi proceso de formación, en la academia y en lo personal, por su entrega y acompañamiento durante estos 5 años de arduo trabajo para llegar a convertirme en la persona que soy ahora, inteligente, paciente, cualidades que ahora me representan y que aplicare en el plano de vida laboral y personal.

A mis docentes, por su tenacidad, por el apoyo incondicional que recibí no solo durante el proceso de este trabajo de grado, sino también por el apoyo durante los 5 años de formación, en especial agradecer al Ing. Oscar Hernán Rojas Barreto por los aportes que me brindo durante el desarrollo de este trabajo, su asesoría y buena forma de ser, por tener siempre la mejor relación docente-estudiante y por no solo ser un docente sino un amigo y al Ing. Cesar Mauricio Galarza Bogotá por su asesoría concreta, su comprensión, su paciencia en todo este proceso, por una gran labor dentro de la facultad y su compromiso con todos sus estudiantes

Por último, y no menos importante, el agradecimiento a los directivos y funcionarios de la empresa MONITV, al señor Pedro Nel Rodríguez Pinzón, por abrirme las puertas y recibirme con agrado para la elaboración de este proyecto, por haberme dado muchos conocimientos no solo técnicos sino conocimientos que están muy ligados a la vida laboral.

TABLA DE CONTENIDOS

1 TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
3.1 Descripción del Problema.....	16
3.2 Delimitación del proyecto	17
3.3 Formulación de Preguntas	19
4. OBJETIVOS	20
4.1 Objetivo General	20
4.2 Objetivos Específicos	20
5. MARCO REFERENCIAL	21
5.1 Marco Teórico	21
• Modelo OSI.....	21
• Sistema de Comunicación Óptica.....	23
• OLT (Optical Line Terminal)	23
• Fibra Óptica	24
• Estándar de comunicación	26
5.2 Marco Histórico.....	28
5.3 Marco Conceptual	30
• Localización.....	30
• Territorio	31
• Clima.....	31
5.4 Marco Legal	32
• RITEL	32
• NTC 947.....	32
6. METODOLOGIA.....	33
6.1 Fases del proyecto.....	33
• Fase 1	34
• Fase 2	34
• Fase 3	35
• Fase 4	35

• Fase 5:.....	36
6.2 Metodología de la Investigación.....	36
6.3 Estrategias de Divulgación.....	37
7. RESULTADOS	38
8. APORTES DERIVADOS DEL TRABAJO	57
9. CONCLUSIONES.....	58
10. RECOMENDACIONES	59
11. BIBLIOGRAFIA	60
ANEXOS.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	15
Figura 2	16
Figura 3	20
Figura 4	22
Figura 5	23
Figura 6	24
Figura 7	25
Figura 8	26
Figura 9	28
Figura 10	30
Figura 11	37
Figura 12	38
Figura 13	39
Figura 14	39
Figura 15	40
Figura 16	41
Figura 17	41
Figura 18	42
Figura 19	42
Figura 20	43
Figura 21	43
Figura 22	43
Figura 23	45
Figura 24	45
Figura 25	46
Figura 26	48
Figura 27	49
Figura 28	50
Figura 29	51
Figura 30	52
Figura 31	53
Figura 32	54
Figura 33	54
Figura 34	55
Figura 35	55

GLOSARIO.

OLT: Optical Line Terminal (traducción al español - Terminal de line óptica)

FIBRA OPTICA:

AUTOCAD: Software de diseño

FTTN: Red de telecomunicaciones en fibra óptica hasta nodos

FTTH: Red de telecomunicaciones en fibra óptica hasta el hogar

PAR TRENZADO: Par de cable tipo alambre trenzado entre sí usado en sistemas de telecomunicaciones

RJ11: Referencia de conector de línea telefónica.

RJ45: Referencia de conector de línea de red.

RESUMEN

En este documento se describen todas las fases desarrolladas en el proyecto de grado el cual fue realizado en la empresa de MONITV en el municipio de Moniquirá, Boyacá, el cual se basó en el diseño de la nueva red en fibra óptica para la distribución de los servicios de televisión e internet definida para 800 usuarios en la zona objetivo del municipio correspondiente a una sección de la parte central de este para así mejorar la calidad en la prestación de estos servicios, para la reducción en gastos por mantenimiento de la red actual la cual se ve afectada por los equipos implementados para distribución en cuanto a nivel empresarial y para aumentar la credibilidad de los usuarios frente a la empresa, esto a nivel social como también brindarles a sus usuarios un servicio de calidad, sin presentar fallas el cual mediante la elaboración de este proyecto se evidenciará que implementar este tipo de tecnologías hará que la empresa siga resurgiendo y así evitar el desintegro de la empresa la cual fue creada por Moniquiréños hace ya más de 25 años.

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología actualmente implementada en redes de comunicación ha tenido un cambio drástico con el pasar de pocos años, debido a que no hace mucho, específicamente poco menos de una década, los servicios de televisión e internet constituían una parte no muy importante en los medios de comunicación mas utilizados. Con el pasar de los años la tecnología ha presentado cambios que, si se considera una fecha en especifica de una década y media atrás, es decir, hace exactamente 15 años las personas podían tener teléfonos celulares, los cuales permitían recibir y hacer llamadas a otros teléfonos a largas distancias. En esta época todavía se usaba el teléfono fijo (“teléfono de la casa”) para poderse comunicar, principalmente dentro de la misma locación, localidad o municipio, luego las empresas comenzaron a vender sus servicios de telefonía a larga distancia nacional y luego internacional y aunque este servicio era algo costoso en este periodo de tiempo las personas que podían pagar este tipo de servicios como lo eran llamadas larga distancia nacional e internacional era personas algo adineradas.

Pero este paradigma fue cambiando, ha medida que se presentaban mas avances en la tecnología (la invención del primer “Smartphone”) las personas empezaron a evidenciar las ventajas que presentaba poder tener en su bolsillo una tecnología que permitía a los usuarios poder conectarse a la internet desde dicho dispositivo, esto mediante uso de tráfico de datos (servicio que las empresas cobran) y que cada vez fue creciendo y creciendo hasta llegar al día de hoy con los teléfonos inteligentes (por la traducción en español de “Smartphone”) y que mucha gente usa por que dentro de su quehacer diario, su trabajo, es muy necesario tener un teléfono cuyas características permitan el acceso a todos los sistemas de información con solo tocar la pantalla. De esta forma, y junto a estos avances no solo se han venido presentando en sistemas de comunicación inalámbrica, sino que también en sistemas de comunicación dentro de los hogares como lo es el internet a través de la tecnología Wi-Fi.

Si observamos y recordamos para la misma época, hace 15 años (una década y media atrás) los sistemas de comunicación, es decir, sistemas que permitían acceso a internet, se realizaba mediante la conexión física del equipo (computadora de mesa o portátil) a la red de telefonía fija con conector **RJ11** y mediante la compra de una tarjeta la cual le asignaba un usuario, contraseña y una dirección IP se podía tener acceso a todos estos servicios que la internet facilitaba. Ahora 15 años después podemos observar como todo esto ha cambiado, ahora los equipos se conectan a redes inalámbricas en los hogares mediante la tecnología Wi-Fi o en su defecto mediante conexión física de cable Ethernet conector **RJ45** para equipos de mesa.

Pero ¿Cómo es posible que este servicio ahora sea de esta manera? Como ya bien se había mencionado anteriormente la conexión para poder tener acceso a

servicio de internet era a través de cable de telefonía, cabe par trenzado con conector **RJ11**, ahora es cable ethernet vía router mediante conector **RJ45** pero al principio estos servicios llegaban por línea telefónica, cable vía telefónica, hoy día llegan a través de cable de cobre o cable coaxial como es llamado comúnmente en donde fue principalmente usado para transmitir señales de servicio de televisión, pero por investigaciones se pudo incorporar a este servicio de datos, o internet, así, de esta forma los servicios actuales que prestan las empresas de internet hogar es mediante esta tecnología llama **EoC** llamada así por sus siglas en ingles **Ethernet for Cooper** o en español Internet Por Cobre, tecnología que hoy, al año 2019 se vio limitada por las frecuencias a las cuales opera el cable y debido a que la transmisión de televisión e internet es mediante pulsos eléctricos este cable presentaba perdidas a largas distancias.

De esta forma, al ver la necesidad de tener mayores prestaciones en los sistemas de comunicaciones, tener mayor rango en cobertura sin implementar equipos intermedios llega la tecnología de redes en fibra óptica la cual mediante haces de luz en el rango de frecuencias infrarrojas, se alcanzaron distancias monumentales en transmisión de datos codificada basada en la frecuencia de parpadeo del emisor de la luz consiguiendo mayores prestaciones en cuanto a transmisión de datos, anchos de banda más amplios en cuanto a servicio de internet y por parte de la televisión mejor calidad en la parrilla de canales que se ofrecen actualmente, hasta canales de televisión digitales, mediante decodificadores.

2. JUSTIFICACIÓN

Se quiere desarrollar este proyecto debido a que los problemas que se presentan actualmente en la empresa MONITV, por cuestiones de equipamiento y distribución requieren migrar la prestación de estos servicios (televisión e internet) de una red **FTTN (FIBER TO THE NODE)** a una red **FTTH (FIBER TO THE HOME)**, la cual se encontrará distribuida como una línea troncal interna dentro de la zona urbana con suficiente alcance para poder realizar el diseño en la población objetivo, la cual tendrá un alcance de **800 usuarios**, prestando el servicio de internet y televisión y los cuales serían clientes potenciales para que acepten la implementación de esta nueva red.

Se realizará este proyecto con el fin de que a futuro la empresa, con los suficientes recursos que ellos puedan disponer puedan migrar en su totalidad la red actual **FTTN + HFC (Hybrid Fiber-Coaxial)** a la tecnología actual que tienen y que están implementando las empresas líderes de este mercado, que prestan este tipo de servicios (televisión e internet), tecnología que les da más confiabilidad y calidad en la prestación de estos servicios, la cual se expresa como una tecnología en fibra hasta los hogares o casas, es decir tecnología **FTTH**. Con esta tecnología la empresa podrá tener un mayor número de usuarios y garantizar altos estándares de calidad en el servicio, convirtiéndola en una empresa competente en la prestación de sus servicios a nivel municipal y a largo plazo en una empresa competente a nivel regional posiblemente a nivel nacional.

Según el gerente, la empresa a estado en decadencia debido a que un gran porcentaje de los usuarios tienden a expresar descontento debido al mal servicio que ella presta y por la cantidad de ordenes de verificación de servicios a los usuarios que tienden a responder los técnicos aun mas expresan este descontento porque ellos no pueden atender un número elevado de ordenes diarias a lo cual estas comienzan a represarse y tardan aun mas tiempo en atender el llamado. También el gerente expresa que debido a la contratación de personal no calificado para hacer las tareas especificas es lo que ha hecho que la empresa haya comenzado esta decadencia, tanto por el descontento, como su personal capacitado, la cancelación de los contratos de servicios por parte de los usuarios y la mala reputación que se le ha generado a través del tiempo entre la población del municipio. Debido a este se desarrolla este proyecto para que a través del diseño la empresa, cuando ella lo requiera, pueda implementar esta nueva tecnología la cual le permitirá prestar un servicio mejor, de calidad, evitando la implementación de equipos activos en la distribución y que a través de este los técnicos tengan una herramienta para poder verificar en la red los posibles daños que esta pueda presentar mediante la intervención de los usuarios.

AutoCAD y AutoCAD Civil 3D serán los softwares principales para el diseño de la nueva red de distribución para los 800 usuarios de la zona objetivo del municipio. Todas estas plataformas apoyarán el desarrollo del proyecto, donde y los

softwares, Google Maps, Pix4D Capture serán el apoyo para identificar cómo podrá ser distribuida la red sin afectaciones a las personas y de manera tal que sea eficiente el diseño para que, si existe la posibilidad a futuro de implementar el diseño, este sea de tal forma que se haga uso de eficiente de los recursos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Descripción del Problema

Actualmente la empresa de **MONITV**, prestadora de servicios de internet y televisión para los habitantes del municipio de **Moniquirá, Boyacá** presenta un grave problema en cuanto a la prestación de estos servicios, es decir, los usuarios que actualmente están activos (según datos de la empresa) tienden a expresar su descontento a los directivos y empleados de la empresa por el bajo nivel de calidad en la prestación de estos servicios. Este descontento de los usuarios es debido a que la tecnología implementada por la empresa en cuanto a redes **HFC** y **EoC**, en su distribución los equipos como amplificadores, multitaps y nodos presentan falencias, que se ven reflejadas tanto en la calidad de los equipos como en los niveles de protección frente a factores climáticos adversos.

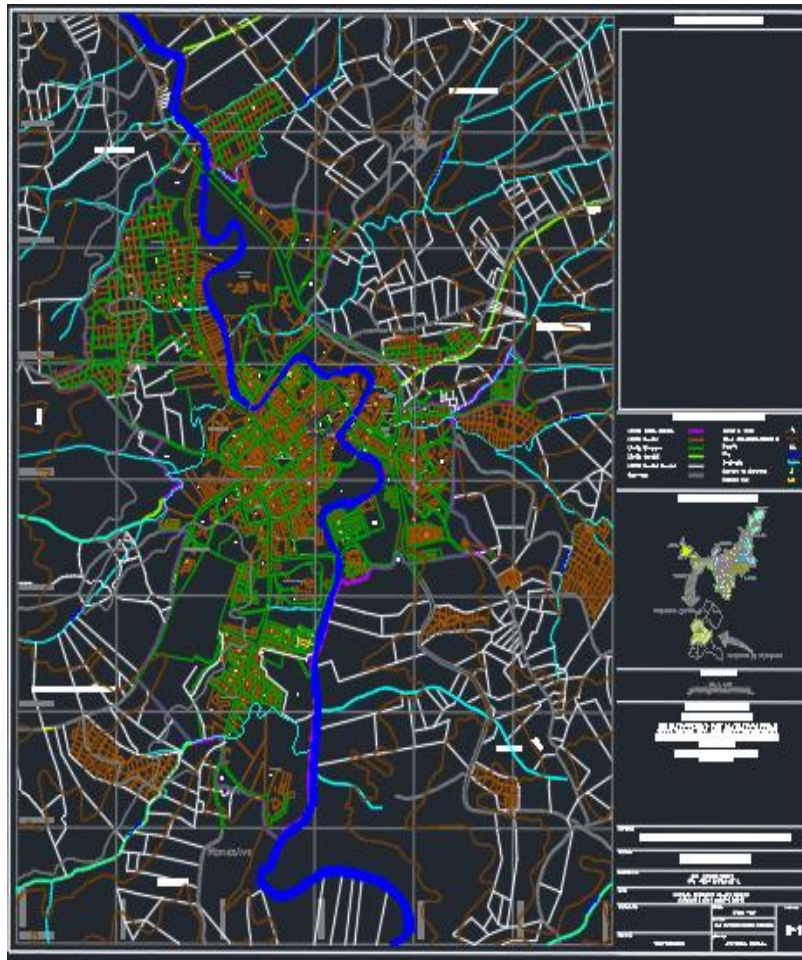


Figura 1 Mapa Catastral Municipio de Moniquirá, Boyacá

En sus principios la empresa objetivo tenían su propio canal de TV, junto con la prestación (venta) de servicios de televisión, la cual actualmente, como ya se mencionó, presentan una degradación en su servicio debido a que los equipos usados por ellos para la distribución de servicio de televisión, sumado a diversas condiciones climáticas del sector, hacen que estos se dañen de manera regular por condiciones atmosféricas como humedad, sol y principalmente por tormentas eléctricas.

Otro de los problemas que presenta la empresa en cuestiones de prestación de servicios de internet y televisión es asegurar los servicios prestados, es decir, la empresa actualmente presenta una degradación en la prestación de los servicios, debido a que muchos de los usuarios experimentan en su servicio de televisión, imagen lluviosa en todos los canales de la parrilla que se ofrecen, siendo esto un problema para la empresa porque presta la calidad adecuada de estos servicios a sus usuarios; en cuanto a servicio de internet la empresa ofrece 10Mbps de velocidad de internet pero también presenta inconvenientes por los mismos factores climáticos ya mencionados, por tal motivo la empresa objeto empieza a perder credibilidad entre sus usuarios y por ende están trasladándose a la competencia.

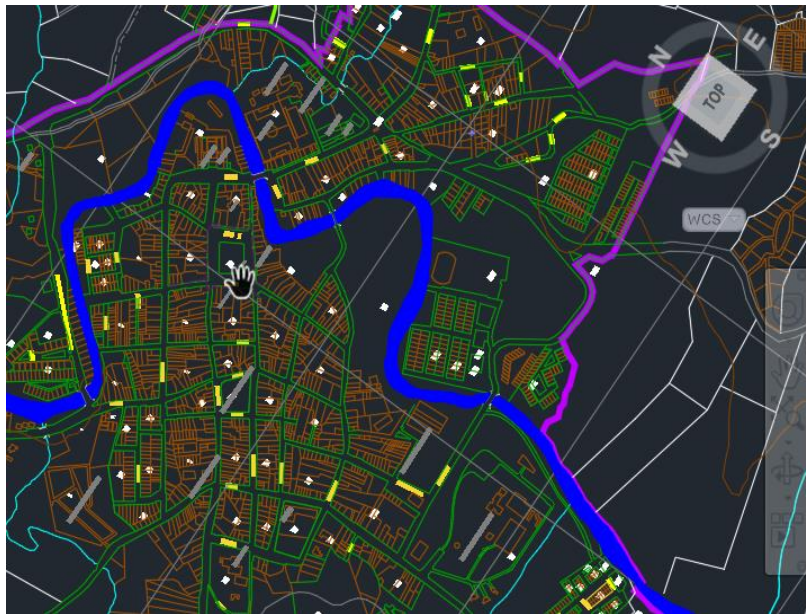


Figura 2 Zona centro del municipio de Moniquirá, Boyacá

3.2 Delimitación del proyecto

Para el desarrollo del proyecto, el cual se basa en diseños para red de distribución en fibra óptica (tecnología FTTH) del municipio de Moniquirá, Boyacá se tuvieron en cuenta algunos parámetros los cuales fueron definidos mediante visita por parte de los ingenieros tutor, cotutor y director de pasantías de la facultad quedando delimitado el proyecto así:

- **Espacial:** Debido a que en la empresa se presenta una prestación de servicio de televisión e internet de manera intermitente en la mayoría de sectores se decide principalmente en realizar este proyecto teniendo un alcance de 800 (ochocientas) personas, las cuales mediante planos serán delimitados los sectores objetivos del municipio, siendo esto específicamente en el sector central del mismo, es decir, la parte comercial del municipio ya que es donde mayor cantidad de personas se pueden comprender como posibles usuarios al momento de ser implementada esta tecnología.
- **Temporal:** El proyecto se definió y se delimitó de manera tal que se pudiera realizar en los 6 meses que comprende la práctica cumpliendo con los lineamientos de la facultad de completar las 960 horas de práctica, es decir, que durante los periodos de los meses comprendidos entre Junio y Noviembre, el proyecto debe estar completamente terminado a principios del mes de octubre, cumpliendo con los directrices que planteó la empresa y que se acojan al cronograma interno de la misma para convocar a los directivos y ahí presentar el proyecto.
- **Temática:** Con respecto a la finalidad que tiene el proyecto se tiene en cuenta los procesos de diseños para redes de comunicaciones (distribución), procesos o criterios que pueden ser muy insignificantes pero que en verdad al momento del diseño pesan mucho. También se tiene en cuenta algunos otros criterios básicos, características y demás aspectos que permitan realizar un diseño adecuado, de manera muy específica y que sea entendible para quien le revise. Según lo que se contenga dentro del diseño, también se tendrá en cuenta algunas cotizaciones (costo de la implementación) dada por algunas empresas que realizan estas actividades (implementación) para así darles un valor exacto a la empresa de la cantidad de dinero necesario para implementarlo.
- **Tecnológico:** Según como se plantea el proyecto la tecnología que actualmente usa la empresa en cuanto a nivel y calidad de equipos de cabecera (centro de distribución principal del municipio) son de muy buena calidad, por ende, se tratará de que las cotizaciones para saber los costos de implementación basados en el diseño sean utilizando esta misma tecnología,

así se mantiene una buena calidad técnica y no se modifica la tecnología o marca de equipos implementada.

De esta forma, la migración a servicios de televisión e internet de **FTTN (fiber to the node)** siendo esta una red híbrida entre **Fibra-cobre** a una tecnología **FTTH (fiber to the home)**, así se eliminan dispositivos activos para la distribución en **FTTN** con híbrida **Fibra-Cobre** como **amplificadores de señal o multitaps (Distribución domiciliaria)** por dispositivos de distribución tipo multiplicadores las cuales se muestran como tipo caja y son elementos pasivos.

3.3 Formulación de Preguntas

- ¿Cómo poder prestar el servicio de televisión e internet de alta calidad?
- ¿Cómo se ve beneficiada la empresa realizando la implementación de este proyecto?
- ¿Qué ventajas trae la implementación de esta tecnología?

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Diseñar una red FTTH para el municipio de Moniquirá, Boyacá, con un alcance para 800 usuarios dentro del perímetro urbano, donde se transporte 90 canales de TV análoga e Internet 20 Mbps de descarga y 5 Mbps de carga.

4.2 Objetivos Específicos

- Identificar la línea principal de distribución de la red FTTN actual.
- Verificar mediante planos la distribución de la postería actualmente usada para la distribución de la red FTTN en el municipio.
- Realizar un levantamiento topológico de la solución actual de la red FTTN.
- Analizar las distintas topologías para las redes de distribución del servicio de televisión e internet, según la disponibilidad de postería que posee la EBSA (Empresa de Energía de Boyacá).
- Implementar una estrategia que permita el fácil y rápido desarrollo del proyecto de red FTTH, de manera que presente niveles óptimos de calidad y entendimiento.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Marco Teórico

- **Modelo OSI:** Para todas las aplicaciones que se presentan al momento de implementar redes de comunicaciones estas se basan en un modelo el cual, así ya se haya dejado de usar para los procesos de comunicación entre equipos sigue siendo un modelo muy general para aquellos procesos. De tal manera el **modelo OSI** es el modelo donde se caracterizan todas las redes de comunicación actuales. Tiene mucha similitud al modelo de referencia **TCP/IP** el cual actualmente se usa para todo proceso de comunicación (ejemplo más común, llamadas telefónicas mediante proceso de voz por **IP**) pero todo siempre basado en el **modelo OSI**. La figura 3 representa el esquema principal de este modelo:

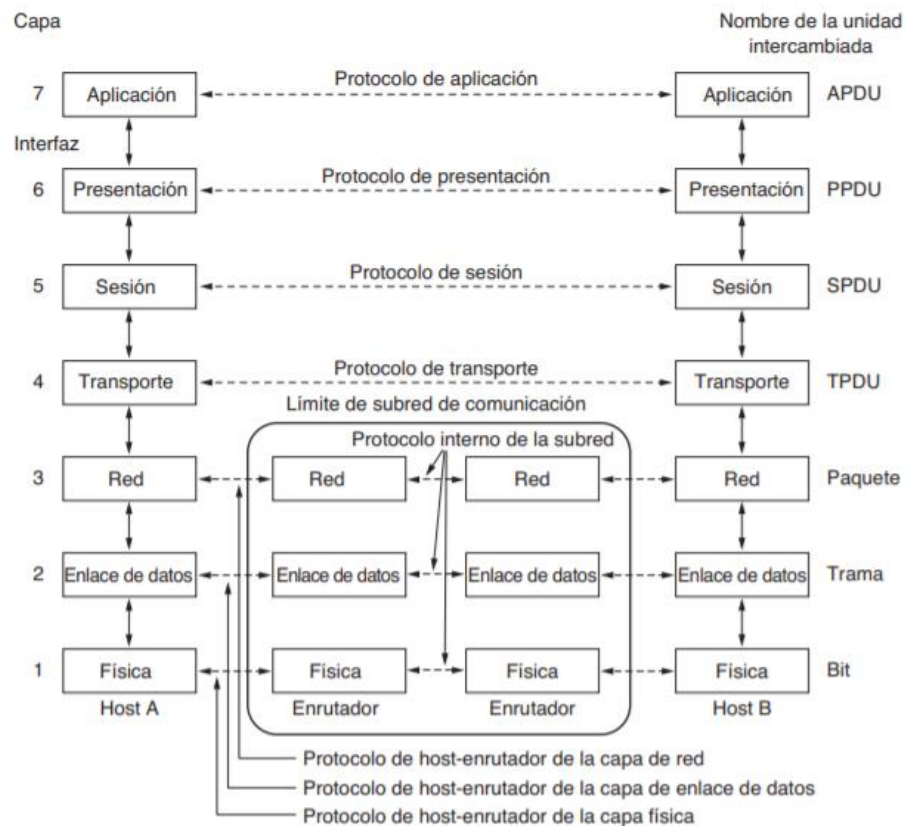


Figura 3 Esquema modelo OSI para comunicación entre equipos [1]

Este modelo por sus siglas en inglés *Open System Interconnection* **OSI** Fue creado con el fin, como su nombre lo indica de interconectar sistemas abiertos, es decir, sistemas que están abiertos a comunicarse con otros, una analogía fácil para entender este concepto es la comunicación entre equipos de red a red, red del hogar a una red empresarial.

Dividido en Capas, cada uno cumple una tarea muy importante para poder realizar la comunicación de equipos entre sí:

- **Capa Física:** Se relaciona a la transferencia de datos de forma pura, es decir, transferir información sin ninguna modificación en la codificación por bits. De alguna forma u otra se entiende como al cableado físico que se presenta en redes de comunicación.
- **Capa de Enlace de Datos:** Su función principal es convertir esos datos que llegan de manera pura, bits puros en una trama de datos en donde los errores son enmascarados por unos bits de codificación y en la cual la cada de red no los detecta. Esta capa crea una trama de datos, divide los datos puros y les asigna un encabezado, y detector de errores para que la capa de red pueda enviar estos datos
- **Capa de red:** Esta capa hace referencia a el proceso de direccionamiento de los paquetes de datos, es decir, es la que determina el encaminamiento de los datos desde su origen a su destino. El direccionamiento está definido por tablas estáticas y codifican los datos para ser enviados y/o recibidos dependiendo de a quien se haya enviado los datos.
- **Capa de Transporte:** Capa encargada de aceptar los datos entrantes que son enviados por la capa superior (capa de sesión), esta divide los datos en paquetes más pequeños si es necesario, transmite estos paquetes de datos más pequeños a la capa de red y se asegura de que todas las piezas o paquetes enviados o recibidos lleguen correctamente al destino.
- **Capa de Sesión:** esta capa de usuario se encarga de poder crear conexiones en tiempo real entre equipos, permitiendo de esta manera realizar conversaciones en tiempo real (comúnmente conocido como mensajería instantánea), es decir, realiza la sincronización de los equipos para que los datos puedan ser transmitidos sin pérdida alguna y ayudando a que el sistema pueda recuperarse de manera autónoma.
- **Capa de Presentación:** Esta capa se enfoca principalmente en verificar la sintaxis y la semántica de la información, es decir, se encarga de verificar que los datos transferidos estén correctamente escritos.
- **Capa de Aplicación:** Esta capa se relaciona con algunos de los protocolos de comunicación existentes en cuanto a servicios de

internet, principalmente el protocolo **HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)** y se encamina a la **Word Wide Web**. [1]

- **Sistema de Comunicación Óptica:** Los sistemas de comunicaciones ópticas nacen por la necesidad de poder realizar transferencia de datos, archivos, etc. con mayor velocidad. Si bien los sistemas de comunicación convencionales alcanzan una frecuencia de trabajo de aproximadamente **1GHz** esto todavía no comprendía la necesidad de esta tasa de transferencia de datos a la cual querían superar. Si bien sabemos desde hace millones de años, algunas formas de comunicación era mediante el fuego el cual se podía observar a la distancia por el fenómeno óptico de la luz del fuego, se implementaron los sistemas de comunicación óptica. Gracias a esta invención la tasa de transferencia de archivos se superó más de lo requerido, llegando a frecuencias de aproximadamente **200 THz**, representando un crecimiento en velocidad de más de 10000 veces. Todas las frecuencias representan las oscilaciones de la señal portadora. Como en todo sistema de comunicación, y en este caso se usan señales a las cuales se les introducen los datos y de ahí se envían. [2]

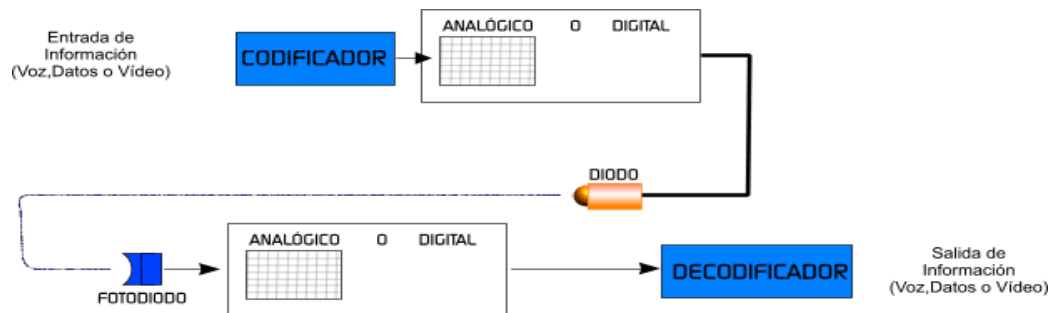


Figura 4 Esquema Básico Sistema de Comunicación óptica.

Para formar un sistema básico de comunicación óptica los elementos más comunes para este fin pueden ser:

- Multiplicador de señales
 - Conversor análogo-digital
 - Diodo emisor de luz
 - Fotorreceptor - fotorresistencia
 - Conversor digital-análogo
 - Desmultiplicador de señales
- **OLT (Optical Line Terminal):** Una terminal de línea óptica hacer referencia a un equipo, dispuesto en un bastidor para sistemas de comunicación el cual presenta físicamente puertos de conexión tanto en línea eléctrica Ethernet como en línea óptica. Esta unidad fue diseñada con el fin de centralizar todas la características y funciones que este terminal cumple. Generalmente este dispositivo presenta en sus puertos ópticos tecnología tipo **PON (passive**

Optical Network) la cual en redes distribución no usa dispositivos activos para adecuar las señales ya que en este tipo de transmisión de datos (medio) las pérdidas en niveles de ganancia de la señal son muy pequeñas y aunque se tienen totalmente presentes esta no representan un cambio considerable en estos niveles las cuales están presentes en factores como:

- Calidad de la fibra Óptica.
- Pérdidas por Curvatura del cable
- Pérdidas por cajas multiplicadoras (derivaciones)

Como se viene mencionando la OLT es un dispositivo que centraliza servicios, es decir, desde un solo punto se puede gestionar toda la información desde un solo punto. En servicios de internet se puede controlar:

- Ancho de Banda por Usuario
- Datos de navegación por Usuario
- Cortes del servicio
- Cambios en la información de usuario
- Gestión de contraseñas (ONT u ONU)

Lo antes mencionado son algunas de las gestiones que se pueden realizar directamente desde la OLT el cual como es un equipo que define muchas características dentro de la prestación de servicios (caso de internet) este solo se encuentra dentro de las oficinas de la empresa o como tal en el bastidor donde se encuentren los equipos para adecuación de los datos (internet, voz o video) antes de ser distribuido, a los usuarios.



Figura 5 Dispositivo representativo OLT comercial. [3]

- **Fibra Óptica:** En sistemas de comunicación óptico se emplea mucho en termino de fibra óptica para referirse al medio de propagación de la luz para la transferencia de datos. La fibra óptica es un hilo muy delgado, elaborado principalmente de vidrio, cristales de sílica o materiales plásticos. Estos componentes presentan una característica principal y es la forma en la cual

hace propagar un haz de luz longitudinalmente a su superficie. De esta forma la fibra óptica es un hilo muy delgado, de material transparente tipo plástico en el cual se envían pulsos de luz a través de este medio en donde estos pulsos de luz se interpretan como archivos, datos que se transfieren.

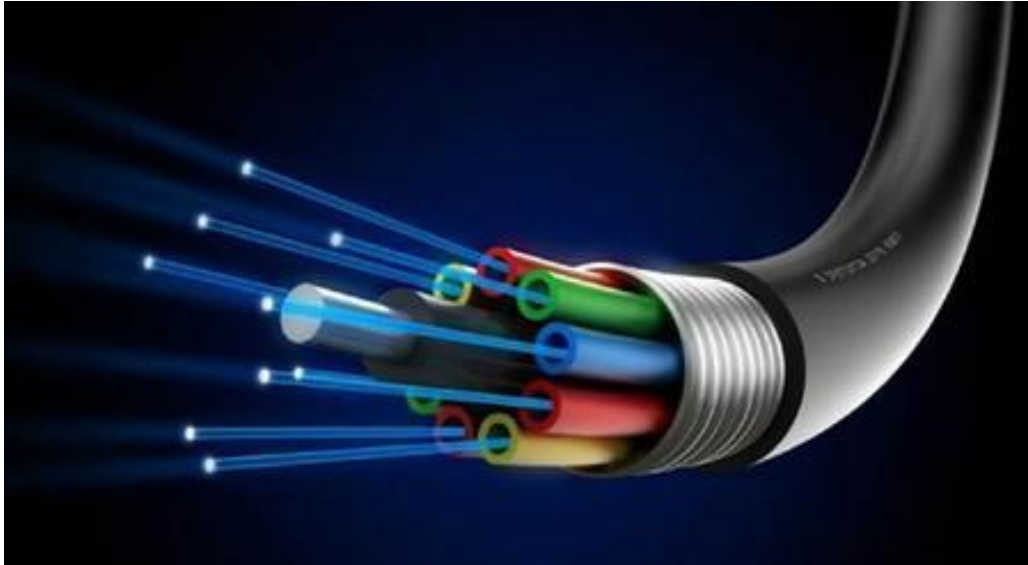


Figura 6 Esquema digital cable de fibra óptica

Fuente:

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjJwLiM9dHkAhXuxlkKHTmGBpAQjRx6BAgBEAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.xataka.com%2Finvestigacion%2F661-tbps-solo-hilo-fibra-optica-tenemos-nuevo-record-velocidad-para-transmision-datos&psig=AOvVaw2uT_4AJT4K2AXVCSmnleUi&ust=1568605505808307

El haz de luz es generalmente un láser de luz infrarroja el cual dependiendo de los pulsos este haz de luz comienza a encenderse y apagarse, así, esta variación se representa como datos los cuales son codificados y decodificados, forma en la cual representa la transferencia de datos. [4]

La disposición de la fibra óptica en cuanto a su geometría es de tipo cilíndrica principalmente de material de sílica, cristales de sílica en su núcleo, contiguo a ella está un material con índice de reflectancia muy bajo a comparación del núcleo y así hasta completar un cable de fibra el cual contenga varios hilos de fibra dispuestos dentro de un recubrimiento principal; generalmente el cable de fibra se presenta de manera que contenga internamente 6, 12, 24, o 48 hilos. La siguiente figura (figura 6) representa en un esquema la disposición de cada núcleo de fibra con las medidas de este

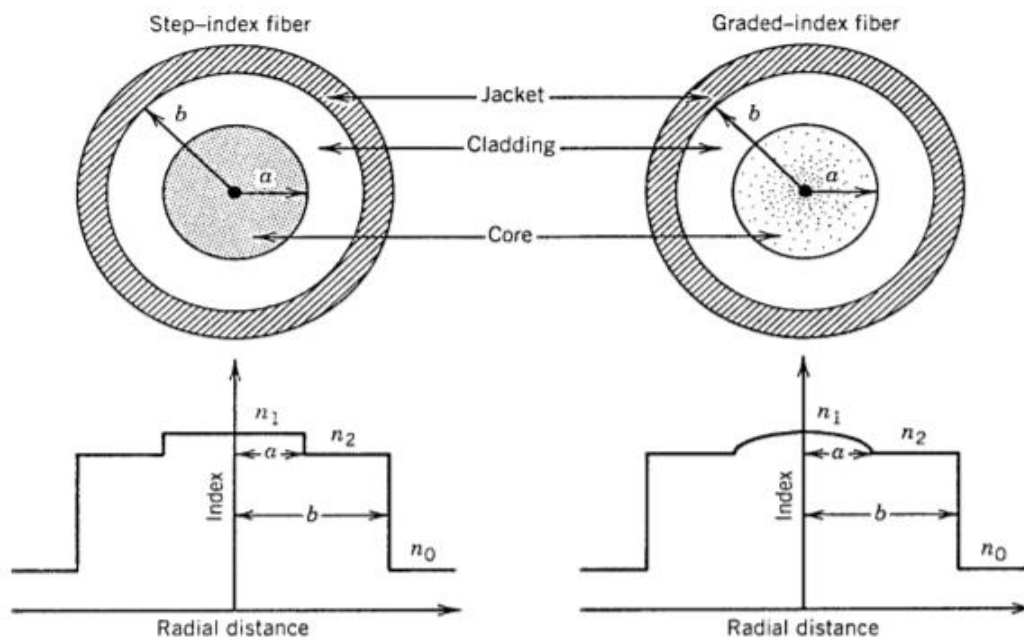


Figura 7 Esquema de disposición de fibra óptica de 2 clases [5]

El esquema (figura 7) muestra 2 clases de fibra. El esquema de la izquierda representa una clase de hilo de fibra óptica en el cual el núcleo tiene un índice muy alto de reflectancia, pero el recubrimiento el índice es muy bajo, su característica principal es que el haz de luz que viaja a través del núcleo está confinado y por ninguna forma puede salir del recibimiento. El esquema de la derecha el índice de reflectancia del núcleo se asemeja al índice del recubrimiento proximal a la superficie exterior del hilo del núcleo y su característica principal es generar incidencias de luz de tal forma que la trayectoria de cada línea del haz de luz presente una parábola, suavizando el ángulo de incidencia de la luz con el recubrimiento del núcleo. [6]

- **Estándar de comunicación:** Debido al crecimiento sustancial de la tecnología y junto a ella las comunicaciones se convirtieron en factor importante con este avance. De tal forma las comunicaciones al ser factor principal para el avance tecnológico se crean algunos estándares de comunicación, los cuales son de alguna forma el principio para poder crear redes de comunicación entre dispositivos. Así, al crear estos estándares se crean principales algoritmos para ser implementadas las redes de telecomunicación, siendo algunos de estos estándares los siguientes y más principales:

- **IEEE 802.3ae:** lanzado en el año de 2002 el cual especifica el uso de una subcapa de control de acceso mediante direccionamiento MAC a

través de un acceso múltiple la cual presenta señales en frecuencia de portadora y detección de colisiones mediante conexión física de 10Gbps de esta forma generando un alcance de aproximadamente 40Km garantizando una tasa de bits errados de 10-12. De esta forma solo es implementada en comunicaciones mediante fibra óptica. [7]

- **ANSI/TIA/EIA-568-B.3:** Publicado en el año 2000. Este estándar hace alusión a los requerimientos mínimos para el cableado estructurado dentro de edificaciones, da la relación de cómo debe ir el cableado, también especifica conectores, hardware de conexión, patch Cords, instrumentos de prueba y establece también los tipos de fibras existente y dependiendo de la aplicación específica qué tipo de fibra, que características y qué condiciones estará indicará la mejor con relación a estas condiciones y algunas otras más.

Este estándar también especifica dependiendo de las características de la fibra a implementar qué tipo de ancho de banda es aceptado con dicha fibra por cada kilómetro de recorrido, los niveles de atenuación que se deben tener presentes con la implementación de la fibra y que características más deben estar al momento de ser usada. [8]

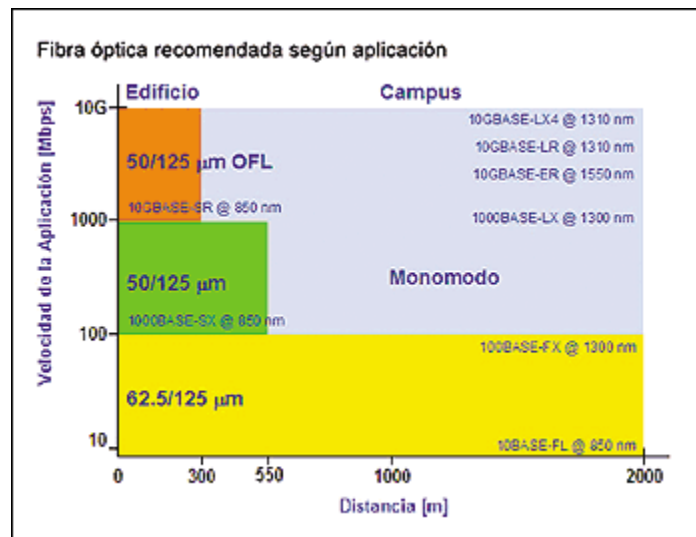


Figura 8 Diagrama de especificaciones de la fibra según su aplicación

- **ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1:** Este estándar se refiere a un anexo al estándar **ANSI/TIA/EIA-568-B.3**, este anexo adiciona algunas especificaciones más sobre las fibras, características de ancho de banda aceptados dependiendo de cada una de las fibras y dependiendo de la aplicación que se desee también especifica

algunas formas tanto de montaje como de conexión. Como este estándar es un anexo también se adiciona algunas características en el cableado estructurado dentro de edificaciones, aplicaciones donde se deseen conectar toda una red de equipos y servidores. Otra de las características que especifica este estándar es la forma de medición de potencias de la fibra, el cual dice que el método más fácil para realizar estas medidas es medición de ancho de banda efectivo por lanzamiento de láser, así es fácil especificar y certificar la fibra para su uso con el ancho de banda implementado en las mediciones. [8]

5.2 Marco Histórico

- Desde el principio de las civilizaciones se tenía la necesidad de poder comunicarse. Luego de haber ocurrido la invención del fuego o el descubrimiento del fuego las civilizaciones implementan esta técnica del fuego para comunicarse con otras civilizaciones a largas distancias. Pero no solo usaban la técnica del fuego para poderse comunicar, también implementan espejos y señales de humo para expresar algo distinto dependiendo de cómo se haga comportar las señales.

De alguna otra forma esta forma de comunicación se extendió por siglos, hasta el siglo XVIII donde todavía se usaban lámparas banderas, y otros dispositivos como lámparas de 3 colores para comunicarse. Pero esto solo tenía alcance cuando las condiciones del clima estaban a favor de las civilizaciones alcanzando distancias de comunicaciones a través de estos métodos de aproximadamente de unos cuantos kilómetros de distancia. Por esta razón es que surge la idea de mediante transmisiones mecánicas de los mensajes codificados a aproximadamente 100 Km, esto mediante estaciones intermedias de retransmisión de los mensajes. Una analogía actual de lo que en esa época esperaban poder realizar se refieren a repetidores de señal, amplificadores de señal. El primer telégrafo óptico implementado con este tipo de características (uso de repetidores intermedios) se alcanza y se pone en funcionamiento entre la ciudad de París y Lille, las cuales son ciudades francesas las cuales se encuentran distanciadas una de la otra por más de 200 Km en el mes de Julio del año de 1794, cumpliendo con su objetivo y siendo una de las invenciones más revolucionarias de la época.

En la década de los años de 1830 la telegrafía óptica había alcanzado niveles de implementación por muchas ciudades impresionantemente, pero ese año de 1830 con la invención de la electricidad se crea el telégrafo por pulsos eléctricos, siendo este otro revolucionario invento el cual muy rápidamente reemplaza la telegrafía óptica por este sistema más eficiente. Al migrar de telegrafía óptica a eléctrica la tasa de datos aumentaba

considerablemente (aproximadamente 10b/s gracias a la implementación del código morse) e con la implementación de estaciones intermedias de retransmisión se alcanzaban distancias enormes (de aproximadamente 1000 Km) el cual el primer cable telégrafo implementado ocurrió sino hasta 1886.

Entrando ahora en los sistemas de comunicación óptica que actualmente vemos podemos empezar hablando de las investigaciones, las cuales comenzaron a desarrollarse en los años de 1975.

La figura 9 representa el avance tecnológico que obtuvieron en las investigaciones de los sistemas de comunicaciones ópticas, durante el periodo comprendido desde el inicio de las investigaciones hasta el inicio del siglo XXI

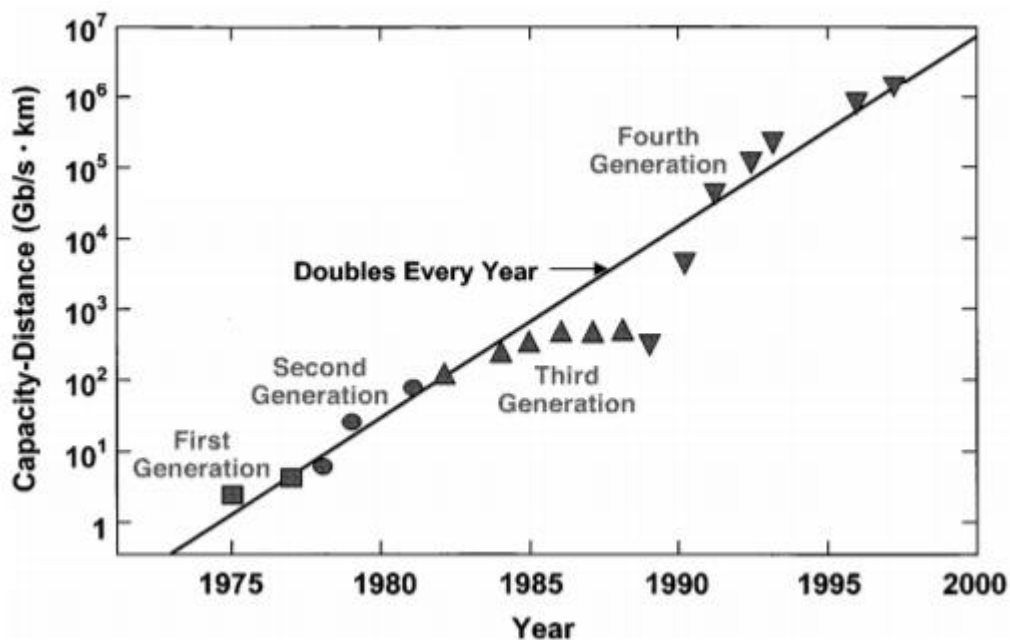


Figura 9 Grafico representación avance en sistemas de comunicaciones ópticas relacionando la tasa de datos de transferencia con el año de la investigación. [9]

Según la figura anterior se puede observar como las tasas de transferencia de datos desde los inicios de las investigaciones representan un crecimiento inimaginable debido a que este efecto no se vio posible en la primera generación de investigaciones siendo esto ahora una realidad que al mundo y a la tecnología le interesa para incrementar los avances tecnológicos tanto en equipos (hardware) como en la interconexión de estos entre sí.

Cada generación representa que tan grande era la transferencia de los datos, y la duración de estos en el medio, esto a través de la incorporación de información a una señal portadora de cierta frecuencia, la cual fue aumentando progresivamente hasta llegar a la cuarta generación de estos sistemas en donde dicha frecuencia el medio (fibra óptica) presentaba una frecuencia de corte en donde dejaba de transmitir información. Actualmente, a datos internacionales, en el año 2000 se presentaban cables submarinos que interconectan continentes, así, un dato aproximado de distancias de cable submarino tendido son aproximadamente 27000 Km cables que alcanzan la velocidad de transferencia de datos de entre 2 Tb/s a 3 Tb/s con varios canales de transmisión en puertos 10 Gb/s sobre 4 pares de hilos de fibra con la tecnología de WDM (o multiplexación por división de ancho de banda) la cual permite introducir a un solo hilo de fibra varias señales sin que estas se hagan interferencias entre sí, esto permitiendo enviar billones de datos por un solo núcleo ampliando la capacidad de transferencia de datos del cable ya sea este de varios hilos (24, 48 hilos), fibra Drope (2 hilos) o unifilar (1 hilo) [10]

5.3 Marco Conceptual

- **Localización:** El municipio de Moniquirá, Boyacá se encuentra es una de las secciones colombianas donde el clima es muy cambiante. La localización geográfica de este municipio está definida por la provincia de Ricaurte Bajo, comprendida por el departamento de Boyacá y el cual presenta zona limítrofe con el departamento de Santander, específicamente con la puerta del sol de Santander. Esta localización del municipio hace que sea uno de los ejes económicos principales del departamento el cual se presenta como su apodo más popular “la ciudad dulce de Colombia” y junto con otros municipios en el cual limita dentro de departamento de Boyacá un gran porcentaje en la población total del departamento.

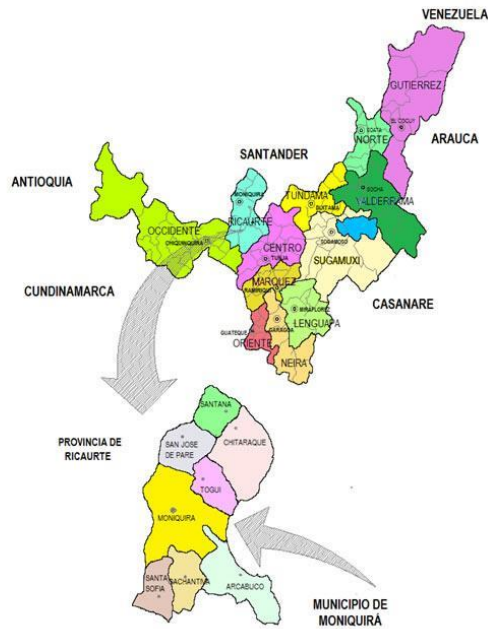


Figura 10 División provincial del departamento de Boyacá. [11]

Como lo podemos observar en la figura 10, el municipio de Moniquirá se encuentra en el centro de la provincia de Ricaurte bajo, junto con otros municipios como Villa de Leyva, Arcabuco, Santa Sofía, Togüí, Sutamarchán, Gachantivá y San José de Pare. [12]

- **Territorio:** En cuanto al territorio municipal, Moniquirá presenta un alto nivel de turismo debido a que se encuentra aproximadamente a una altitud de 1700 msnm. Con una extensión de 220 Km² es uno de los municipios del departamento de Boyacá con más afluencia de turismo, ya que está ubicado en un punto geográficamente estratégico, además de ser nacionalmente conocido como la ciudad dulce de Colombia. Y no solo por esto es por lo que es turístico, sino que también es uno de los climas más apasionados por muchos colombianos y su crecimiento poblacional está aumentando considerablemente cada año.
- **Clima:** Debido a su ubicación geográfica, su disposición en altitud y la zona característica del clima hacen de este un punto ideal para el turismo. Este ámbito ha sido muy llamativo para turistas las cuales encuentran la forma de pasar un fin de semana disfrutando del clima y del turismo que este municipio les ofrece, obviamente sin dejar de lado la tecnología y la información que reciben a través de la televisión y de los equipos móviles. Este factor también ha generado un crecimiento poblacional desmesurado, todos los factores antes mencionados como su clima, su turismo y lo que pueden realizar allí

han sido decisivos y también porque en algunos casos las personas deciden pasar su jubilación en estos climas como el que ofrece Moniquirá.

5.4 Marco Legal

- **RITEL:** Este documento fue elaborado debido a que todos los servicios públicos son también responsabilidad del estado y por ende la **comisión reguladora de comunicaciones CRC**, siendo el organismo de control de las comunicaciones a nivel nacional, adscrita al **ministerio de tecnologías de la información y comunicaciones MINTIC** deciden publicar y entrar en vigencia desde su publicación el “**Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicación-RITEL**”, el cual reglamenta, como su nombre lo indica, las disposiciones y lineamientos que se deben tener presentes al momento de realizar instalaciones internas de telecomunicaciones para construcciones nuevas, es decir, se aplica a todo inmueble que esté en calidad de construcción nueva y que desee implementar esta red de telecomunicaciones la cual debe ser elaborada y regida por este reglamento sin excepción alguna mediante la **resolución 4262 de 2013** expedida por la **CRC**. [13]
- **NTC 947:** Hace referencia a una norma técnica la cual reglamenta la resistencia de los cables en fibra óptica comerciales a condiciones extremas de calor. Este documento da lineamientos para los cables de fibra óptica, los cuales deben ser lo suficientemente resistentes a las condiciones de extremo calor sin deformarse o convirtiéndose en focos de incendios. Esta norma fue publicada por **ICONTEC** y las normas técnicas **NTC** en el año 2016 en donde mediante pruebas sometieron a diferentes tipos de cable de fibra óptica a fuego y en donde se verifica el comportamiento del cable a propagaciones o crecimientos verticales del fuego. [14]

6. METODOLOGIA

6.1 Fases del proyecto

En sus principios el proyecto presenta algunas variaciones debido a que dentro de la empresa no existía algún tipo de plano o diseño de red digital el cual pudiéramos seguir de guía al momento de comentar la elaboración de este. Después de un tiempo tratando de buscar los planos del municipio pudieron conseguir los planos de caracterización catastral con este pequeño paso inicial se decide en primera instancia realizar una identificación predial, con esto se puede demostrar un estimado en número de posibles actuales y nuevos usuarios dentro de la zona objetivo. Luego de realizar esta caracterización transcurridas un par de semanas de la mano de la alcaldía municipal se hicieron posibles la llegada de los planos, toda la variedad de planos que se deben tener por municipio de forma digital y editables por el software base AutoCAD.

De alguna u otra forma en el siguiente esquema se muestran las fases del proyecto, características y observaciones que se deben tener en cuenta para el desarrollo en su totalidad del proyecto:

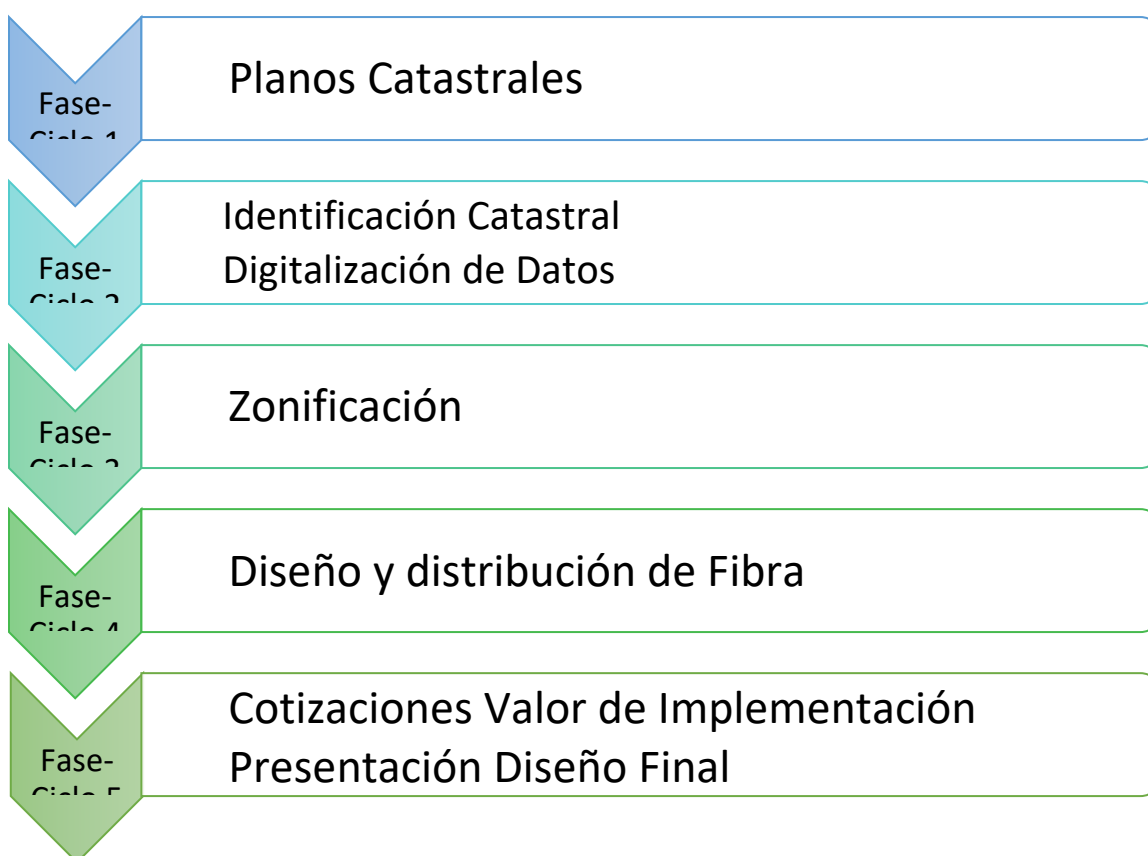


Ilustración 1 Esquema de Procesos para el Proyecto.

- **Fase 1:** Con relación a la fase 1 en el desarrollo del proyecto se tiene como principal objetivo la recepción de los planos necesarios para la implementación del diseño según establecido en el proyecto por parte de los entes gubernamentales (Alcaldía Municipal) esto con el fin de obtener un punto más claro sobre cómo se encuentra distribuida la zona objetivo del proyecto.

Recibiendo los planos necesarios se verifican si estos se encontraban actualizados para la fecha de recepción y aunque se recibieron en formato **.PDF** Se verificó la veracidad de la información. De ahí se parte para iniciar con la fase 2 del proyecto.

- **Fase 2:** Obtenidos los planos y/o mapas correctos, verificados y aprobados por la alcaldía municipal se procede a realizar esta segunda fase en la cual consiste en realizar una identificación catastral, esto quiere decir que, se debe realizar por cada uno de los predios que se encuentran marcados en el plano se debe señalar en qué consiste este predio, en otras palabras se debe señalar cómo está constituido el predio con el fin de verificar la probabilidad de nuevos Usuarios o posibles Abonados.

En este proceso se señala la altura del predio en plantas, si corresponde a una casa o edificio, si este tiene locales comerciales en su primera planta y si existen apartamentos o si es una casa unifamiliar de varias plantas, todo este proceso desarrollado para la zona objetivo del municipio la cual se presentó en la zona centro o comercial del mismo.

Obtenidos estos datos se procede a realizar la digitalización de estos. Para este proceso se debe tener presente que los planos facilitados por el ente gubernamental deben ser archivos digitales con la extensión **.DWG** el cual representa a un archivo editable en el software AutoCAD. Si se tienen estos archivos se debe realizar la digitalización de los datos previamente obtenidos, de esta forma, y mediante las herramientas que presenta el software AutoCAD se puede generar un reporte del total de posibles abonados para la nueva red que se identificó.

Cabe resaltar que la forma más eficiente de realizar el proceso de identificación catastral, predio a predio es recorrer la zona caminando, debido a que para poder conocer por predio cuántos posibles abonados se presentan en 1 solo predio se realizan basados en puntos de energía eléctrica, en otras palabras, basados en cuantos contadores de energía existen por predio junto con la verificación de postería de la zona, esto también con la finalidad de poder identificar cómo es más viable tender líneas

de fibra el cual se basa verificación como se encuentra distribuida la red eléctrica entre poste y poste. Este último proceso se llama “**viabilidad**”.

- **Fase 3:** Como en todos los diseños de redes en fibra óptica se deben realizar una zonificación, el cual trata de reunir varios predios los cuales completan un total de 24 abonados, es decir, se debe cumplir la regla de que en la primera zonificación sean uniones de 24 abonados. Este proceso determinará el uso de los puertos **GPON** de la **OLT**, los cuales por condiciones de los fabricantes solo soportan un total de 128 abonados por puerto, de esta forma según el proyecto, la idea no es sobrecargar el puerto a su total capacidad de abonados.

Luego de esta primera Zonificación creando celdas de 24 abonados se realiza la unión de 4 celdas de este tipo, es decir, se unen 4 celdas cada una con 24 abonados para así tener un total de 96 abonados. Con esta segunda zonificación se tiene ese total de abonados (96) el cual comprenderá un puerto **GPON** de la tarjeta **OLT** el cual, este número representará en porcentaje un valor del 70% de carga del puerto, así asegura la empresa poder tener la velocidad de internet que espera ofrecer a los usuarios y la calidad en servicios de televisión.

- **Fase 4:** Mediante el desarrollo de estas tres primeras fases en esta 4ª fase se desarrolla el proceso de verificación y tendido dentro del archivo editable en el software AutoCAD del posible recorrido del cable de fibra en distribución dentro de la zona objetivo. En este proceso se verifica la Viabilidad según tendido eléctrico por postería y en donde el diseñador tendrá la capacidad de obedecer a este soporte o si dado el caso se presenta una dificultad en la verificación el mismo decidirá cuál será el mejor camino por donde tendrá que pasar el cable en fibra.

Esta fase también se desarrollará, durante el proceso de tendido de línea, es decir, posible ruta por donde estará el cable se realizarán los procesos de sangrado de la fibra, es decir, que cada vez que el cable de fibra llegue a un punto central en la zona de 96 abonados se deben dejar 1 o dos hilos de fibra en el punto y continuar con el cable de fibra con estos hilos menos, dependiendo del caso que se necesite.

Esta fase representa el punto crítico en el diseño de redes en fibra ya que si se llegase a saltar algún punto o algún pequeño detalle en las tres fases anteriores el proceso que se llevaría hasta el momento se debe reestructurar toda la distribución ya previamente realizada.

- **Fase 5:** En esta fase se espera tener todo acuerdo como se delimitó el proyecto y terminado en un 100% el diseño. Esto con el fin de poder realizar para la empresa unas cotizaciones de los valores reales los cuales representan el costo de implementación del diseño. Se desarrolla este proceso para que la empresa pueda tomar la decisión adecuada en cuanto a la empresa que les convenga ahorrando recursos y que presenten las mejores ofertas.

Para poder realizar estas cotizaciones se debe tener presente que el diseño completo se debe encontrar completamente terminado con el reporte del total de abonados y de líneas, equipos, sangrados cajas de distribución y demás conceptos que son importantes al momento de la implementación

6.2 Metodología de la Investigación

Para el desarrollo del proyecto se emplea una investigación de tipo propositivo de manera que sea de carácter mixta, esto debido a que las características presentadas con las cuales se espera realizar el proyecto se encuentran definidas, es decir, el proyecto está acotado, presentan un impacto en la sociedad, utiliza algunas estadísticas que permiten medir el nivel de satisfacción de los usuarios en cuanto a prestación del servicio dado por la empresa, sino que también cuantifica los fenómenos que actualmente afectan al servicio de manera precisa, los cuales son pilares en el caso que la empresa quiera expandir sus servicios, tendrá que dar solución a los mismos, adicional que servirán de lineamientos en el diseño que se va a realizar, todo esto mediante la profundización e investigación de las tecnologías actuales implementadas y que se están implementando en el campo de las comunicaciones y que las empresas más grandes comercialmente están implementando para ampliar su portafolio de servicios.

Este proyecto será realizado haciendo uso de varias plataformas (softwares) que le permitan tanto al estudiante como a la empresa poder realizar a futuro y con sus propios recursos y personal nuevos diseños para posibles implementaciones reales basadas en tecnología de punta que surjan en el tiempo y que tenga una alta probabilidad para su desarrollo. Entre algunos ejemplos las plataformas o softwares que serán manejadas para el desarrollo del proyecto están:

- AutoCAD (versión 2019)
- Google Earth
- AutoCAD Civil 3D (versión 2019)
- Google Maps
- Pix4D Capture

6.3 Estrategias de Divulgación

La principal estrategia de divulgación que se planteó para el proyecto es la proyección de algunas pautas en el canal comunitario del municipio, adscrito a la empresa, así, todas las personas, todos los Moniquiréños se enteraran de los procesos que se llevan a cabo dentro de la empresa y el proyecto de migración de tecnología para las prestaciones de los servicios con calidad y eficiencia.

7. RESULTADOS

Los resultados que se generaron con la implementación del proyecto, el diseño de la nueva red en fibra y debido a que a través de los objetivos y metodología presentada dentro de este. Los resultados obtenidos han sido de buena aceptación debido a que estos cumplen no solo con la solución de la problemática presente, sino que también son resultados que cumplen los objetivos presentes en este documento. De esta forma se presentan así los resultados:

Durante los inicios del proyecto se pudo verificar la topología que actualmente maneja la empresa en sus líneas de distribución, de cómo está compuesta la red actualmente y de los problemas que esta presenta. Mediante investigaciones en las páginas del ministerio de tecnologías de la información y telecomunicaciones (MINTIC) y la comisión reguladora de telecomunicaciones (CRC) en la sección de normas, reglamentaciones y otros documentos legales en Colombia actualmente no se presenta alguna reglamentación en diseños de redes de telecomunicaciones pero aunque esto sea un factor donde no se tiene unificado todos estos procesos en este proyecto se decide tomar como referencia la reglamentación Española, normativa a la cual está basado algunas en Colombia y que son referente para la elaboración de estas. [15] [16]

En la figura 11 se muestra el plano que actualmente tiene la empresa el cual demuestra la gravedad de la situación en cuanto a guías para el mantenimiento de la red, es decir un esquema adecuado de la red actual que tienen y de como a los técnicos de mantenimiento tienen que gastar tiempo valioso encontrando el problema en la red y dándole efectiva solución a la misma.

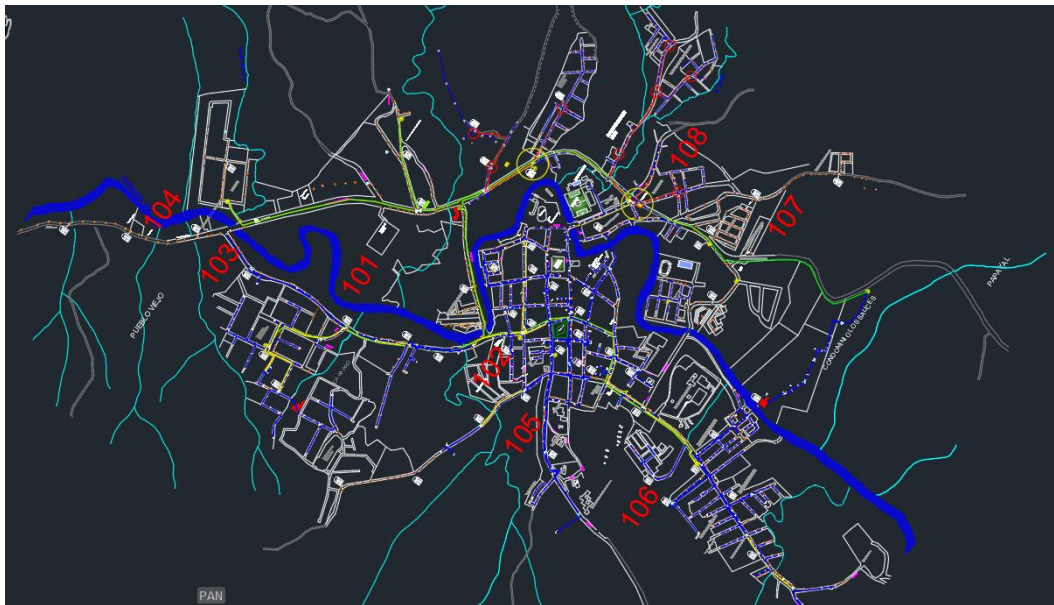


Figura 11 Plano "Nodo 107" red de distribución municipio de Moniquirá

Este esquemático de la red actual da una idea más clara de cómo la red se encuentra, de cómo han realizado correcciones a este sin haber tenido en cuenta lineamientos necesarios que se deben contemplar para que sirva de soporte técnico y de soporte administrativo en cuanto a costos de arrendamiento de postera, cobro que realiza la EBSA por el uso de su red de postera (cobro por cada poste utilizado en la red). De esta forma se tiene una idea más específica de cómo se encuentra distribuida la red, de cómo se encuentra estéticamente. El levantamiento topológico de la red actual en tecnología FTTN solo pudo ser completado hasta los puntos de sangrado, puntos donde la red se convierte en cobre (presencia de nodo Fibra-Cobre) debido a que la red después de este punto presentaba variaciones, cambios, no se podía identificar qué línea era cual debido a que también la empresa no tuvo presente el etiquetado de las redes y se mezclaban con las redes de la competencia por ende solo se tuvo una idea muy generalizada basados en los planos que tenía en su poder la empresa. La figura 12 muestra más detalladamente como se encuentra la red actual de la empresa según el plano “Nodo 107” que están en poder de esta y que es el único plano que tienen que dar una idea de la distribución de la idea, sección comprendida entre el coliseo y el parque Bolívar del municipio.

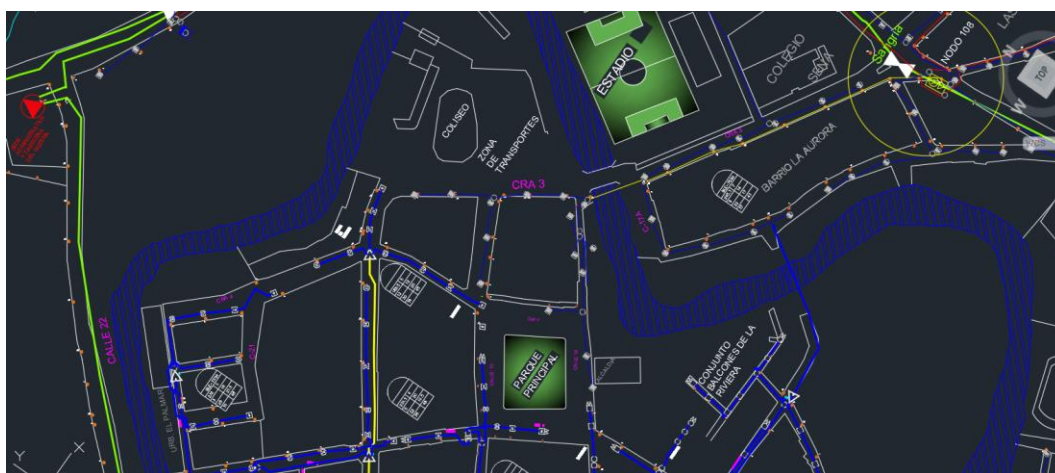


Figura 12 Imagen detallada del plano “Nodo 107” red de distribución municipio de Moniquirá

Otro de los puntos más importantes a tener presentes para el desarrollo de este proyecto fue los puntos por donde se presenta el paso de la red de fibra troncal de distribución, la cual tiene dos derivaciones desde el punto de cabecera, es decir, desde las oficinas de la empresa donde allí se procesa para poder ser enviada a los usuarios. La siguiente figura muestra las dos derivaciones de la red en fibra óptica (líneas en color verde claro) presentes desde la cabecera hacia el pueblo (Usuarios) resaltada por un círculo amarillo

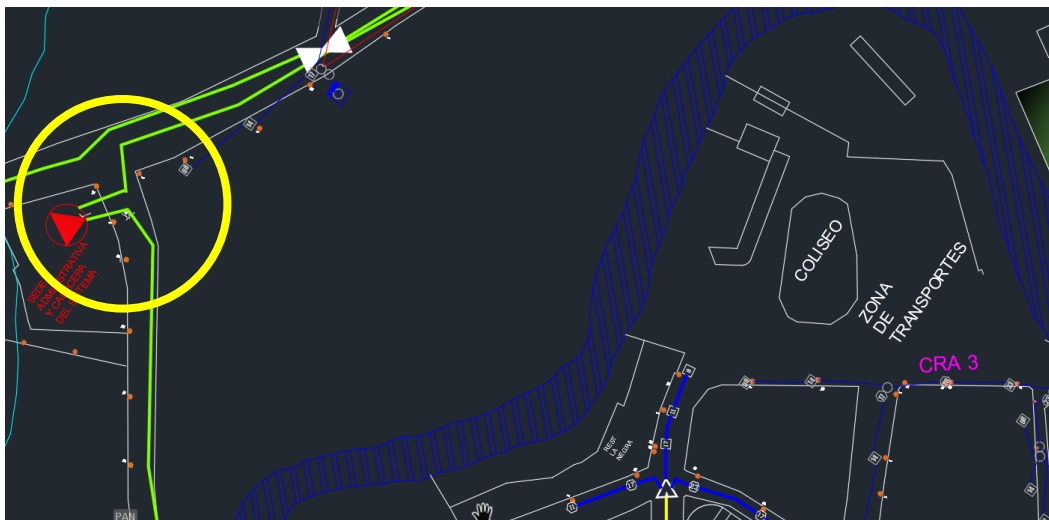


Figura 13 Captura imagen derivaciones de fibra en distribución según plano “Nodo 107”

Demostrando así, en la figura 14 el recorrido que estas dos líneas realizan para pasando por el punto más central de la zona centro (zona comercial) del municipio y otra que se encuentra tendida paralela a la vía principal en dirección vía Moniquirá-Tunja todo mostrado por la línea de color verde clara.

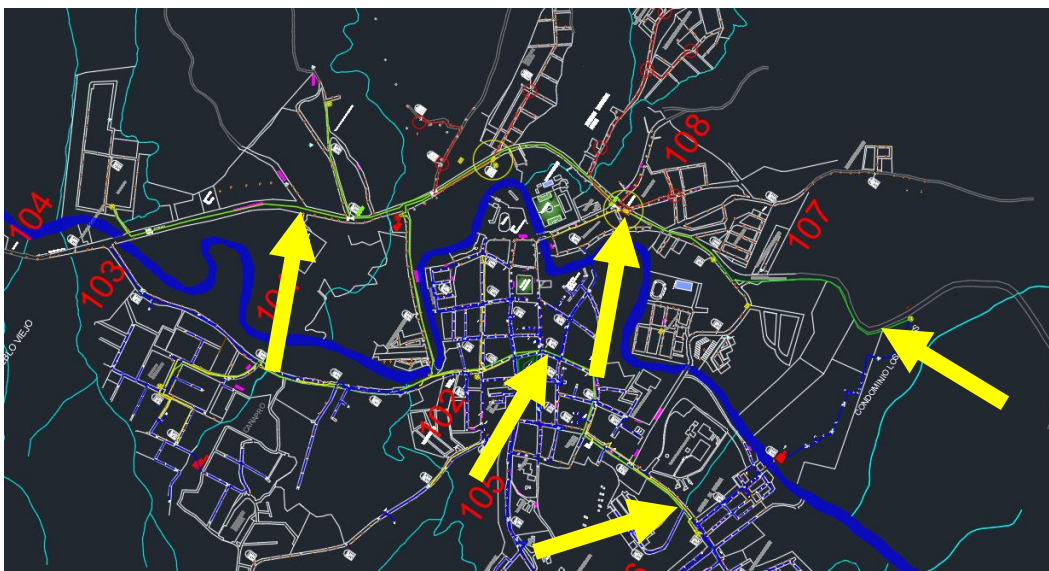


Figura 14 Recorrido de línea actual en fibra óptica a través del municipio zona centro según plano “Nodo 107”

Aunque actualmente la red presenta complicaciones en su identificación desde la parte baja de la postería, es decir, revisión de la red desde el piso el actual y único plano de la empresa presenta casi una veracidad del 70%, debido a los cambios que ha presentado la red desde la fecha de elaboración de este plano hasta la hoy y también porque la persona contratada por la empresa en esa época encargada de realizar este levantamiento y según el gerente, este proceso fue

desarrollado de manera que no cumple con las condiciones necesarias en cuanto a ser un archivo guía los técnicos en el mantenimiento y reconocimiento de la red. Desde las figuras 15 a 18 se presentan algunas de las fotos (evidencias tomadas por el autor) en donde muestra cómo se encuentra la red en algunos puntos del municipio donde la empresa tiene cobertura urbana, la cual es de un 100% y que por esas características de la red en estos puntos es difícil identificar cuál de las líneas pertenece o no a la empresa.



Figura

15 Primer punto estratégico de identificación de red Sector Puente La Aurora. Carrera Tercera (3ª) arriba de la vía principal



Figura 16 Punto estratégico numero 2 identificación de red actual. Evidencias Sector "Calle de las Famas". Calle 18 entre carrera octava (8ª) y Novena (9ª)



Figura 17 Tercer punto estratégico. Evidencias Sector barrio La Auadita. Carrera séptima (7ª) calle decima (10ª)



Figura 18 Cuarto punto estratégico. Evidencias Cabecera. Carrera 2 Con Av. Jaime Castro

Estos puntos estratégicos se muestran respectivamente en las figuras 19, 20 y 22 las cuales muestran geográficamente donde fueron realizadas las tomas de las evidencias mediante el plano “Nodo 107”

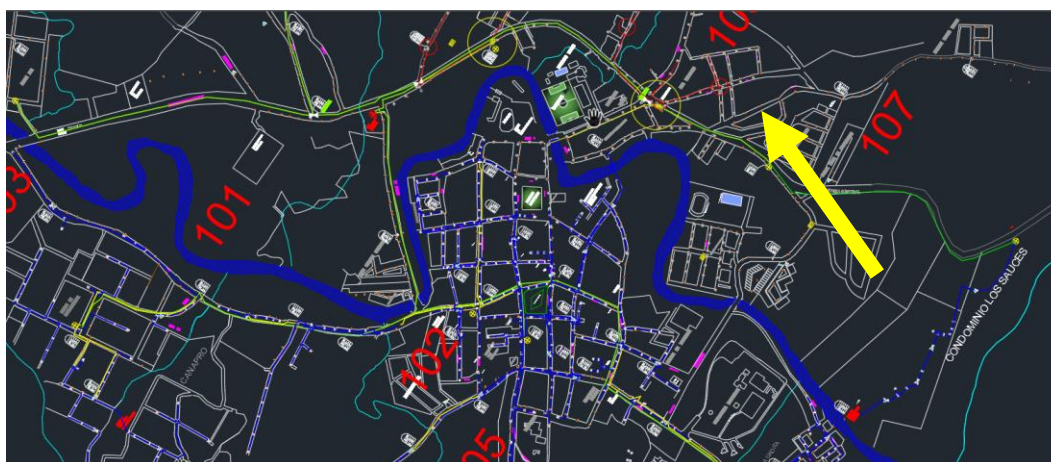


Figura 19 Ubicación primer punto estratégico

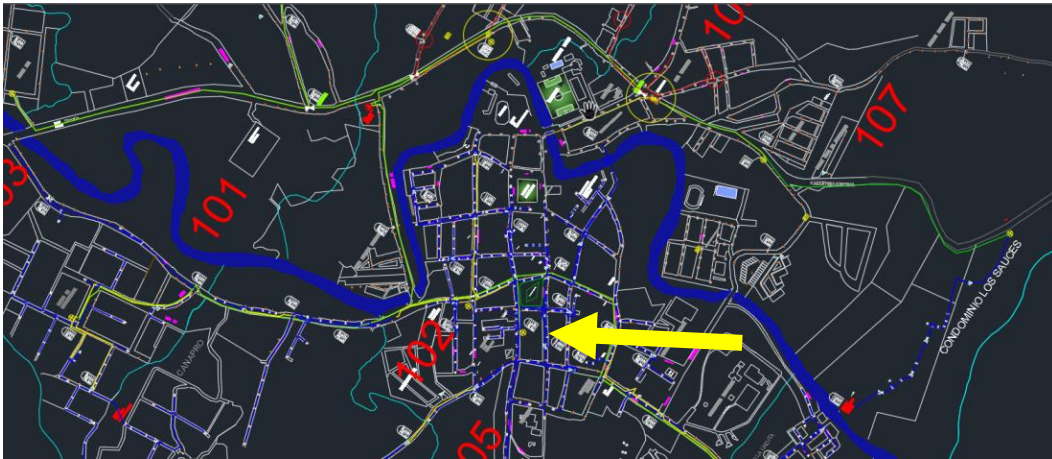


Figura 20 Ubicación segundo Punto Estratégico

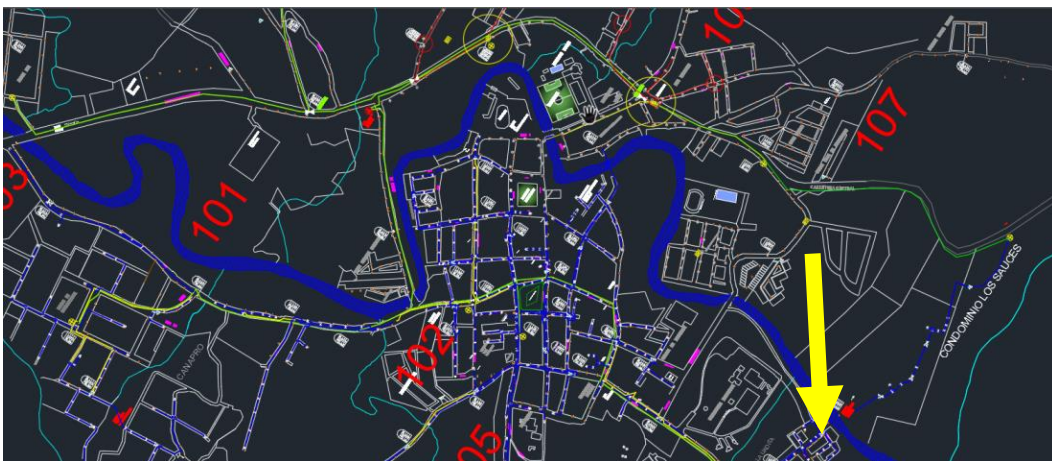


Figura 21 Ubicación tercer punto estratégico.

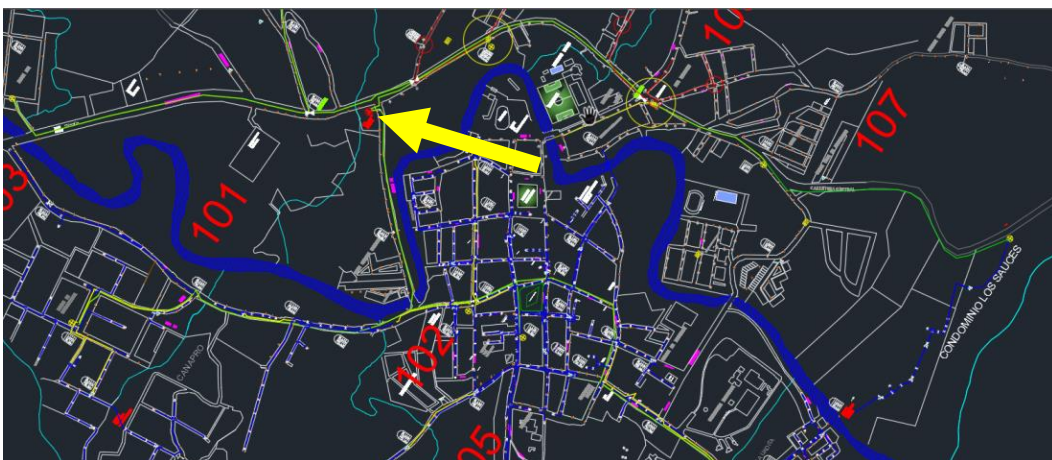


Figura 22 Ubicación Cuarto punto estratégico.

Esto es fácil de la manera en que los técnicos que llevan el suficiente tiempo laborando en ella conocen la red, pero teniendo a un externo que no conoce cómo va la distribución esta persona puede terminar perdida y desarrollando actividades (conexiones, mantenimiento entre otros) en redes que no son de su jurisdicción y

poder iniciar una pelea tanto comercial como jurídica entre la competencia, caso que es de manera exagerada pero que se podría presentar si dado el caso para algunas de estas cuestiones.

Ya entrando en materia del proyecto, lo primero que se debió realizar fue la petición a la dependencia de planeación de la alcaldía municipal para la cual se pidió que fueran facilitados los planos del municipio que contaran con las siguientes características:

- División catastral
- Esquema de postería (infraestructura aérea)
- Alumbrado publico
- Nombramiento de calles y carreras
- Limitación Urbano-Rural

Estas son el conjunto de características que se deben tener en cuenta para la elaboración del diseño en fibra, debido a que estas afectan en su totalidad el diseño, las formas en que tienen que estar dispuestas las líneas principales, secundarias y de empalme a las casas, ya que si se presenta algún objeto o cualquier cosa que pueda obstruir el paso de las líneas se debe tener en cuenta y verificar por cual otro lado se es más fácil pasar la(s) línea(s) y que no incurra en aumento de los costos de implementación. De esta manera las siguientes figuras (figura 23 y 24) muestra los planos que fueron facilitados por la dependencia de planeación de la alcaldía municipal y que fueron guía principal para el desarrollo definitivo del proyecto.

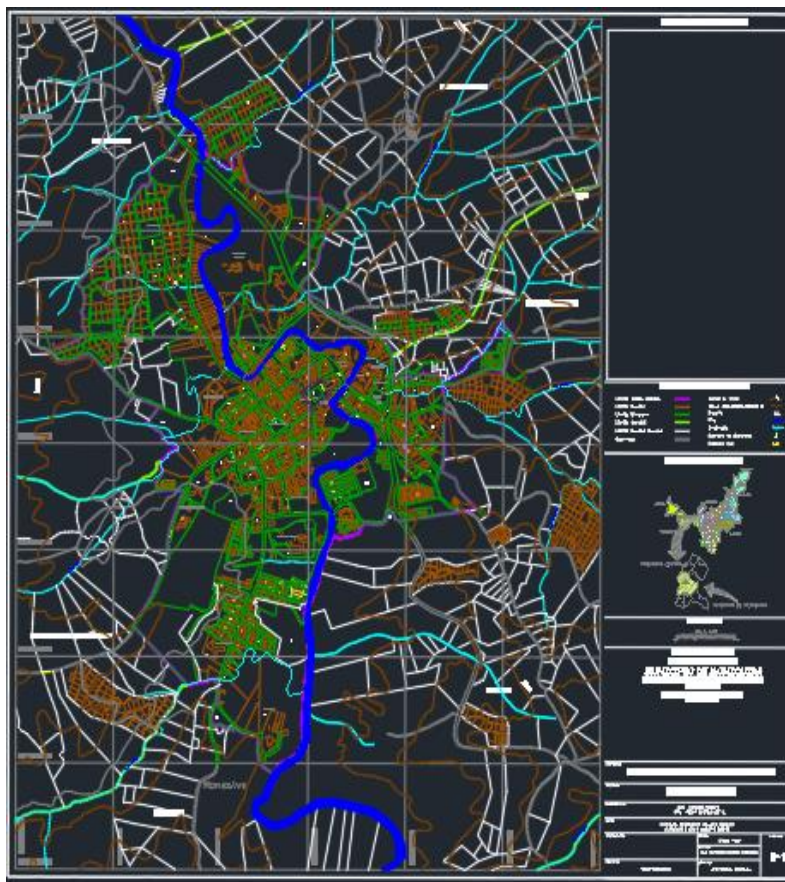


Figura 23 Plano “Catastral” municipio de Moniquirá

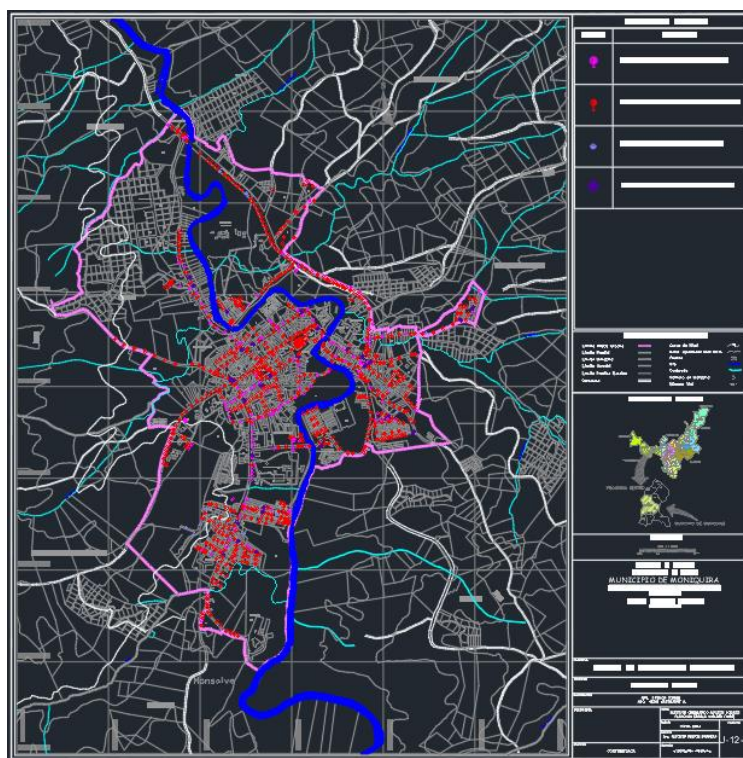


Figura 24 Plano “Eléctrico” municipio de Moniquirá

Gracias a que la alcaldía municipal accedió a facilitar a la empresa estos planos se procede a realizar un segundo proceso para el cual fue necesario realizar un reconocimiento de campo, a pie de toda la zona objetivo a la cual está pensado el proyecto. Debido a esto se realizó un reconocimiento de toda la zona centro-comercial del municipio comprendida desde el coliseo, el cual rodea el río hasta la parte alta del municipio por la vía antigua a puente nacional, Santander como se puede observar en la figura 25 el cual los bordes de la imagen representan la limitación de proceso de reconocimiento.

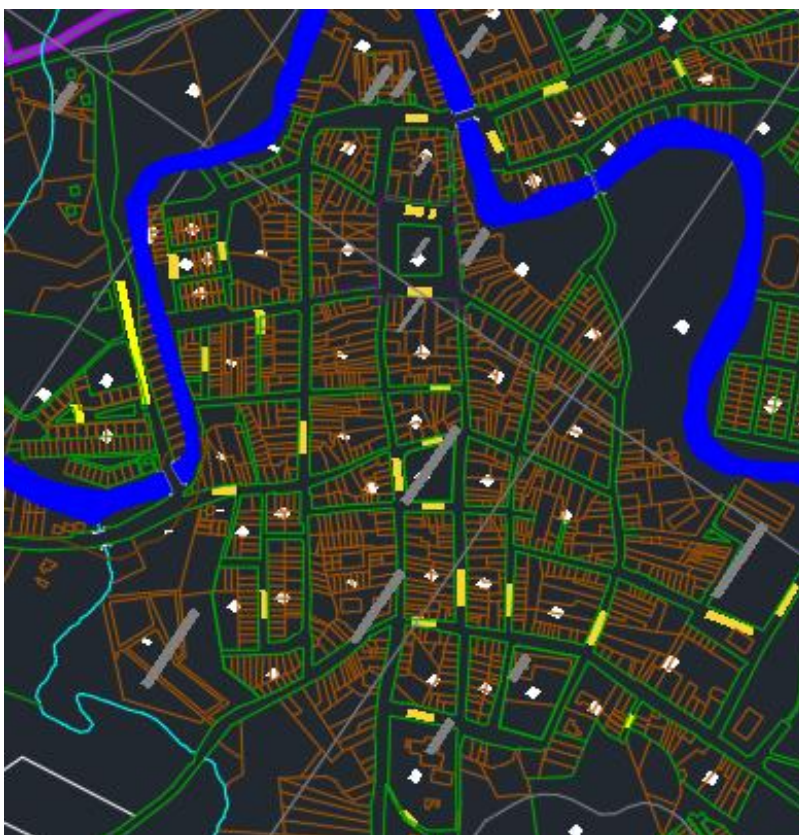
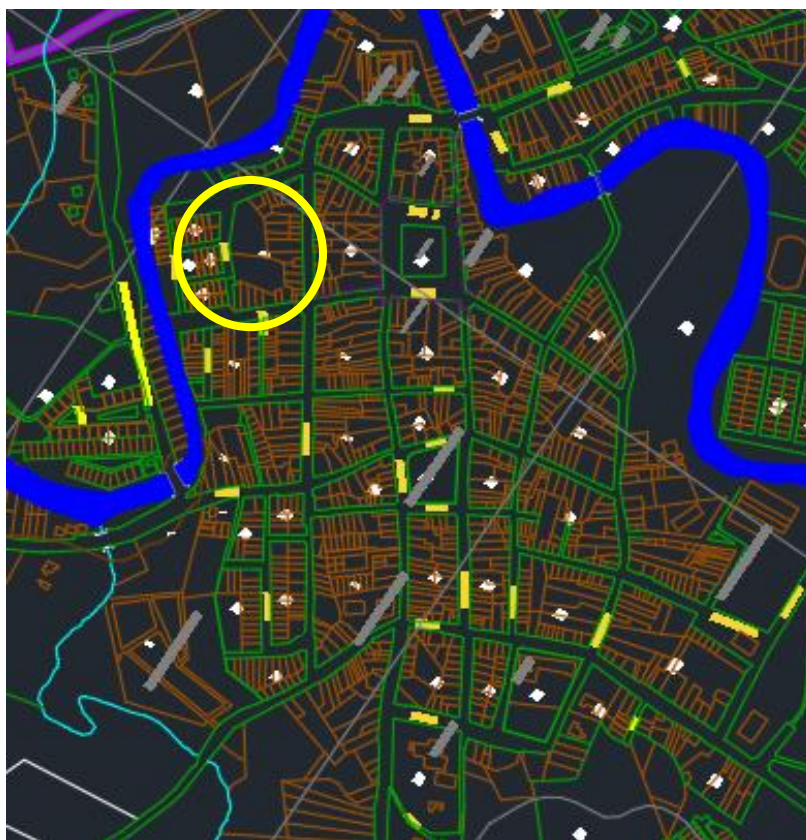


Figura 25 Limitación de identificación catastral zona centro Municipio.

En este proceso su principal objetivo es identificar posibles abonados dentro de la zona, es decir, en cada uno de los predios pueden presentar más de un abonado, un punto de conexión o usuarios debido a que en estos municipios y en la mayoría de los casos por predio realizan una edificación ya sea de dos (2), tres (3), hasta cuatro (4) y en el cual pueden haber locales comerciales, apartamentos, locales y apartamentos entre otras opciones y debido a que son posibles o potenciales usuarios se deben individualizar cada una de las conexiones o presentando edificaciones de varias unidades familiares hasta casas unifamiliares por predio. Paralelo a este proceso se debió verificar la veracidad de los planos adquiridos por parte de la alcaldía municipal, tanto el plano catastral como el plano de red de postería o infraestructura aérea, debido a que fueron elaborados en el

año 2003 por una firma de ingenieros, pero los mismos funcionarios de la alcaldía no pudieron dar información si ya habían sido modificados.

Al momento de ir identificando y verificando la veracidad de los documentos se encontró una anomalía en el plano catastral. La figura 26 (a) muestra el punto exacto donde se debió verificar mediante imágenes aéreas tomadas por un drone como se encontraba ese punto y si correspondía a las suposiciones que en ese momento se hicieron debido al cambio tan drástico en la esquematización, la figura 26 (b) el acercamiento a esta zona donde se ve más detalladamente el conflicto generado por el cambio.



a



Figura 26 Zona presentando conflicto durante la identificación por cambios en las vías y la adición de un nuevo predio cortando la calle (a) y acercamiento zona demarcada presentando conflicto por el corte de la calle 21 por un predio (b)

La figura 27 muestra el proceso de identificación terminado junto con los procesos paralelos desarrollados en donde se presenta la identificación predio a predio y junto a ellos, de color rojo más pequeños se encuentra la identificación de la red eléctrica o también conocida como infraestructura aérea, esto debido a que las nuevas líneas en fibra óptica pasaran por la mayoría de esta postería.



Figura 27 Identificación catastral, infraestructura aérea (infraestructura de red eléctrica) zona centro municipio de Monquirá finalizado.

Luego del proceso de identificado se realizan ahora agrupaciones de predios los cuales completan un numero exacto o no mayor a 24 abonados, esto indicara un numero determinado por puerto en fibra o puerto GPON de la OLT para así mantener un orden y al momento de realizar la implementación se tenga caracterizado cada uno de los puntos correspondientes de cada puerto. De esta forma la figura 28 muestra el proceso antes mencionado terminado y junto a ella la viabilidad de la forma más fácil y económica de tender las líneas en fibra presentada en dicha figura por líneas que interconectan postes de energía de color rosado. De esta forma se tiene lo siguiente:



Figura 28 Proceso de agrupamiento de predios completando un numero no mayor a 24 abonados o posibles usuarios de la nueva red y viabilidad de red aérea.

Luego de haber realizado la agrupación respectiva a los 24 abonados posibles dentro del plano, lo que ahora se buscaba era tratar de integrar cuatro de estas agrupaciones para formar una celda más grande (4 celdas de 24 abonados en una) para así llegar a un total de 96 posibles abonados, esto con el fin, lo antes mencionado hacer uso de los puertos de la OLT de tal manera que esta no se sobrecargue de datos por puerto.

Según especificaciones en diseños de redes en fibra óptica con uso de dispositivos OLT, estos por cada puerto en fibra o puerto GPON el soporte de número de usuarios máximo dentro de este es de 128 usuarios es decir 128 AB/Puerto de esta forma, la agrupación de 24 abonados, relacionados con la agrupación de 96 abonados esta definido para que la red tenga un cien por ciento (100%) de cobertura dentro del municipio (principalmente la zona céntrica de este) pero en cuanto a equipamiento la red esta soportada por al setenta por ciento (70%) correspondiente al la carga de usuarios que la OLT recibirá por cada uno de sus puertos. Así realizando los cálculos un OLT de 8 Puerto GPON cada puerto al setenta por ciento (70%) de su capacidad responderá a un total de setecientos sesenta y ocho (768) usuarios los cuales en términos de cobertura dentro del municipio responde al treinta punto dos por ciento (30,2%) de los usuarios que se beneficiaran con esta implementación (dado el caso la empresa decida implementarlo con recursos propios).

Y así respectivamente, si se tiene una OLT de 16 puertos GPON y cada uno de estos a la capacidad antes mencionada del setenta por ciento (70%) se estaría hablando de mas o menos del sesenta y uno punto cuatro por ciento (61.4%) de cobertura dentro del municipio, de esta forma se puede evidenciar la capacidad que soportan estas tecnologías como lo es la implementación de cables de fibra óptica para la distribución de servicios (caso concreto de televisión e internet) llegando la fibra dentro de cada casa y la ampliación de estos servicios como el aumento de megas en velocidad para el internet y en cuanto a la televisión servicio con calidad, mayor cantidad de canales en la parrilla y canales en alta definición (HD).

Por consiguiente, la figura 29 muestra como este proceso de unión de 4 celdas de 24 abonados, explicación dada anteriormente esta presente dentro del plano, así:



Figura 29 Muestra agrupación celdas 24 Abonados para la formación celdas de 96 abonados correspondiente a cada uno de los puertos GPON.

En la figura anterior se observa por relleno de celdas la unión de 4 celdas correspondientes cada una a un total de 24 posibles usuarios o abonados para así formar las celdas que representan a cada uno de los puertos GPON, es decir, que para cada color de relleno que corresponden a los 96 posibles usuarios o abonados se tiene asignado un puerto específico de la OLT.

Luego de haber desarrollado este procedimiento, el cual fue uno de los procedimientos en que se destinó mayor cantidad de tiempo debido a que era necesario poder dejar no mas de 24 abonados en los primeros agrupamientos y

después encontrar la manera de poder encerrar 4 de estos agrupamientos en uno solo pero se llega a finalizar con éxito pasando así a la siguiente fase que es asignar las ubicaciones adecuadas para los Splitters divisores “X4” esto para encontrar la mejor ruta del sangrado de la fibra principal hasta su destino el cual por generalidad se ubican en la parte central de la agrupación de 4 celdas de 24 abonados y los splitters “X32” el cada será al punto antes de llevar el cable de fibra hasta el hogar. De esta forma la disposición de algunos de estos spliter se muestran a continuación, presentando en la figura 30 la zona a la cual se definió el proyecto donde se encuentran ubicados poco mas de 800 usuarios (exactamente mil usuarios), posterior a esto en la figura 31 se muestra un acercamiento de la zona objetivo la cual define esta cantidad de usuarios antes mencionada y especificando uno de los esquemas de cómo se dejó especificada la ubicación de los splitters y en última instancia un acercamiento mucho mas detallado de la ubicación de estos splitters señalados en círculos rojos el splitter “X4” y en azul los splitters “X32” perteneciente a la figura 32.

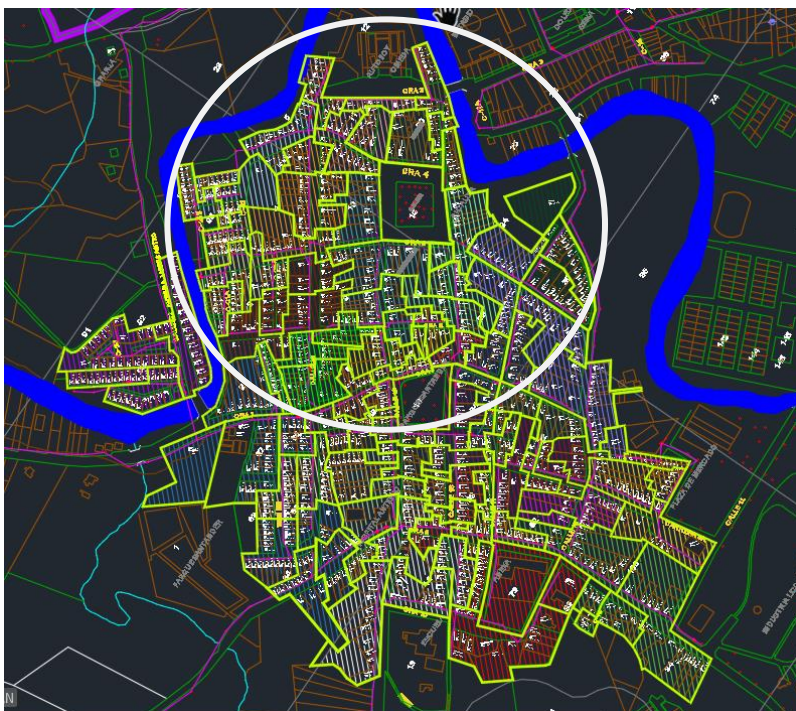


Figura 30 Muestra delimitación zona objetivo

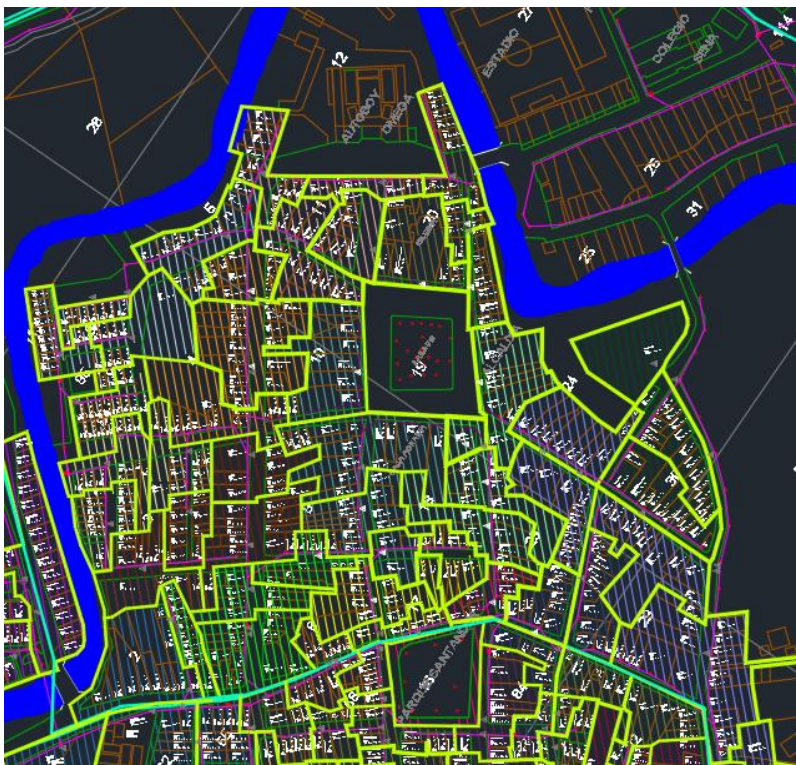


Figura 31 Acercamiento zona objetivo proyecto (coliseo hasta parque Santander)



Figura 32 Señalización ubicación spliter "X4" y spliter "X32"

Como ya se cuenta con una idea mas especifica de como extender la línea de fibra, nos basamos en los planos de la empresa para poder llevar un esquema y de manera rápida saber la ruta exacta de la línea, de esta forma la figura 33 muestra, basado en planos actuales, la nueva línea principal en fibra óptica a la cual se le asigno al diseño. Esta se asemeja mucha por donde pasa la red actual, y se decidió dejarla de esta forma porque la línea se encuentra dispuesta de manera tal que ayudara a cubrir todo el municipio dado caso quieran expandir el servicio con esta tecnología.



Figura 33 Especificación de línea principal de fibra óptica basada en el tendido actual

A continuación de este proceso de paso de línea principal en fibra óptica se procede a esquematizar la simbología adecuada para identificar que de ahí hay un sangrado en fibra. El sangrado en fibra significa que de todos los hilos que se encuentran dentro del cable se desprende uno solo de estos, y de ahí pasa a ser uno independiente, para así llegar a su tramo final que es el splitter "X4" para ahí desprender nuevos hilos directo a los splitters "X32" y como ultimo fin el hogar de los posibles usuarios.

Y como últimas acciones que se realizaron dentro del diseño fue crear un esquema de potencias, esto indica en cada uno de los puntos principales en el trayecto de la fibra las potencias el dBm del haz de luz que desde la OLT son emitidos, de esta forma se tiene una especificidad mayor en cuanto al diseño y dado caso si se es implementado el proyecto, los técnicos tengan puntos de referencia para poder encontrar fallas en la red externa o interna de los hogares. De esta forma las figuras 34 y 35 muestran respectivamente estos procesos finalizados.



Figura 34 Sangrado en fibra respectivo para un aproximado de 1450 usuarios basado en la fibra actual.

Figura 35 Esquema de potencias línea principal hasta splitters “X4” nueva red

Como nos podemos dar cuenta, la comparación entre la red que actualmente tiene la empresa con la actualmente diseñada son la misma topología. La topología identificada es topología en **estrella**, en la cual este tipo de topología tiene un inicio principal y su ultima línea de fin son los usuarios, las redes de fibra principales tienden a separarse, es decir, cada una tiene una dirección específica y nunca se conectan entre sí. De esta forma la red no tiene respaldo si llegase a ocurrir un daño severo en las líneas principales por lo que sería una desventaja actualmente, aunque a futuro la empresa puede implementar una red en **anillo** la cual las líneas que se separan desde el principio vuelven y convergen en otro punto, así, toda la red puede tener un respaldo si ocurre algún daño dentro de la red.

Como es de un proyecto en ingeniería, se decide realizar basados en este nuevo plano en tecnología 100% en fibra óptica realizar varias cotizaciones a empresas en este sector para conocer mas de fondo el coste de la implementación de este diseño, teniendo en cuenta todos los aspectos que se presentaron durante el proceso de elaboración de este proyecto, sus características y que dispositivos son los mas adecuados para este fin. Los archivos correspondientes se encuentran en los anexos, donde se especifica cada una de las empresas a las cuales se cotizó.

8. APORTES DERIVADOS DEL TRABAJO

Con el proyecto se presentan algunos otros aspectos que en la empresa puede llegar a ser muy importante y de mayor relevancia. El aporte que mayor peso tiene al momento de realizar este proyecto es de haberle dado a la empresa la idea de poder mejorar los servicios que ella presta a la comunidad del municipio de tal manera que este mejoramiento se ve evidenciado en la posible reducción en costes de mantenimiento en la red, de esta forma la empresa comienza a crecer más rápidamente su capital y así poder implementar más servicios.

Otro aporte importante es la de generar capacitaciones a los técnicos en manejo de plataformas de diseño como lo es AutoCAD, plataforma usada en este proyecto al momento de realizar el diseño de la red en fibra óptica. Esta generación de capacitaciones a los técnicos en el manejo de estas plataformas permite a la empresa tener mayor control en sus redes, mayor conocimiento tanto en manejo de software como en la red que presenta en la distribución del servicio.

Basado en las condiciones a las cuales se debió desarrollar el proyecto se presenta otro de los aportes o aspectos importantes que se derivaron del proceso en la elaboración del proyecto fue la identificación de la postería que se usa en cuanto a la distribución del servicio dentro del municipio, esto de alguna manera le aporta a la empresa en la revisión de la postería que de verdad esta implementando para que se evite los sobrecostos que puede realizar la EBSA en cuanto al arriendo de esta postería.

9. CONCLUSIONES

Con la elaboración del diseño la empresa puede tener una visión mas amplia de lo que es los sistemas de telecomunicaciones alámbricas, de esta forma la empresa y todos sus copropietarios (usuarios inscritos) pueden ver mas a futuro, mas adelante como con los avances en la tecnología pueden ayudar a mejorar infinidad de servicios y a esto ligado el beneficio del bajo costo que se presenta en términos del mantenimiento de las redes y de la confiabilidad que tendrían los usuarios al saber que estas implementaciones son para beneficio de ellos.

La red que actualmente usa la empresa para distribuir sus servicios dentro del casco urbano del municipio presenta fallas debido a la calidad en fabricación de los dispositivos que son implementados para este fin, la red por ser una red que lleva unos cuantos años al servicio de la población y debido a las condiciones climáticas que el municipio presenta los dispositivos de calle se han venido afectando gradualmente y de lo cual hace perder credibilidad en sus usuarios viéndose reflejado esto en la cancelación de las suscripciones independientemente del servicio por fallas que duraban hasta 1 mes sin ser atendidas. Por mas que la red sea una red FTTN de tipo hibrida esta tiende a ser mas costosa tanto en implementación como en mantenimiento debido a los altos costos de las cajas de conversión de fibra a cobre (también llamadas nodos).

Con la verificación de postería se da apertura al proceso de verificación interno de cuantos postes están siendo implementados por la empresa en cuanto a la red de distribución. Debido a que la EBSA genera cobros por el uso de esta infraestructura, ella cobra aproximadamente mil doscientos pesos (1200 m/cte.) por cada poste que se esta usando en la red actual tendida. Gracias al interés del representante legal la empresa decide realizar un pequeño censo de cuantos postes se encuentran usando la misma para sus redes de cable fibra, cable cobre 500, cable cobre RG11 y RG6 y cuantas son los que en realidad está cobrando la EBSA.

También en cuanto a una conclusión previamente enunciada en la sección de resultados de este proyecto se evidencia que la empresa cuenta con una red en topología estrella. Esta topología presenta una característica en particular, la cual es que la red no presenta una conexión de respaldo que le permita mantener el servicio si por alguna razón en los dos puntos actuales de divergencia de la red de las líneas principales directamente a la salida de la cabecera se presenta alguna falla, esto quiere decir que, si la red fuera una topología en anillo en algún punto lejano a la cabecera la red debería converger en sus dos líneas principales actuales, así se genera el respaldo para solucionar un poco la perdida del servicio por alguna razón y en alguno de las secciones. Por esta razón la red se identifico como una red de topología estresa, diverge en dos líneas principales desde cabecera y todos los puntos terminan los usuarios sin tener conexiones adicionales o la convergencia de la red.

10.RECOMENDACIONES

Con base en el desarrollo del proyecto y en cuanto a las recomendaciones que se podrían dar a la empresa en cuenta al tema de redes de distribución se puede decir que es recomendable realizar las capacitaciones debidas a todo el personal, principalmente a los técnicos, capacitaciones no solo en conocimiento de redes, conocimiento en el funcionamiento de los equipos, sino también a enseñar a mantener el orden en todo su trabajo, a llevar una secuencia de tareas que le permitan a la empresa poder mejorar su servicio en mantenimiento.

Otra recomendación está ligada a la anterior, es decir, la de poder generar mayor oportunidad de ingresos para la empresa mediante las capacitaciones a los técnicos en herramientas que permitan una mayor agilidad en cuanto al proceso que los técnicos desarrollan dentro de la empresa, agilidad que les permitirá ser mas efectivos en el cumplimiento de las labores y atendiendo los llamados de los usuarios en poco tiempo, creando así entre ellos (los usuarios) un mayor grado de satisfacción.

Otra recomendación que se realizó a la empresa es que mediante este proyecto de diseño se vea en la tarea de ampliar sus equipos de trabajo e incorporara a estos personal tanto técnicos como administrativo capacitado que le permita mejorar sus procesos, siendo mas eficientes, trabajando con calidad y mejor prestación de servicio y atención a sus usuarios con el fin de darle mayor credibilidad a la empresa y que esta pueda obtener mejores ingresos que a futuro conlleven a un crecimiento sustancial.

Debido a que es una empresa prestadora de servicios a las directivas de esta se les recomienda realizar la compra de licencias de todos los softwares que hacen uso los trabajadores ya que esto les permite tener mayor cantidad de herramientas dentro de cada software y a que dado caso se llegue a presentar una auditoria de algún ente de control ellos puedan evidenciar que todo las herramientas se encuentran con licencia vigente de forma paga.

11.BIBLIOGRAFIA

- [1] Redes de Computadoras. Quinta Edición. Andrew S. Tanenbaum y David J. Wetherall. 2012. Pearson Education. P 35-38
- [2] Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition. Govind P. Agrawal. 2002 John Wiley & Sons, Inc. Pg 15-19
- [3] ANÁLISIS DE PON: Qué es OLT, ONU, ONT y ODN. Fecha de Consulta: 5 de Septiembre de 2019 <https://www.adslzone.net/foro/fibra-optica.94/analisis-pon-que-es-olt-onu-ont-odn.461996/>
- [4] ¿Qué es la fibra óptica? <http://www.antel.com.uy/personas-y-hogares/internet/fibra-optica/que-es-la-fibra-optica>
- [5] Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition. Govind P. Agrawal. 2002 John Wiley & Sons, Inc. Pg 23-28
- [6] Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition. Govind P. Agrawal. 2002 John Wiley & Sons, Inc. Pg 24
- [7] 10 Gigabit Ethernet sobre Fibra Óptica: Estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1 y aplicaciones IEEE 802.3ae. <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=444>
- [8] Standards ANSI/TIA/EIA 568-B. Comercial Telecommunications Cabling Standard.Quang Dung Group Tek
- [9] Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition. Govind P. Agrawal. 2002 John Wiley & Sons, Inc. Pg 1-8
- [10] Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition. Govind P. Agrawal. 2002 John Wiley & Sons, Inc. Pg 5
- [11] Sitio web oficial Municipio de Moniquirá, Boyacá, Galería de Mapas. Fecha de Consulta: 11 de Septiembre de 2019 <http://www.moniquira-boyaca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>

- [12] Sitio Web oficial Municipio de Moniquirá, Boyacá, Información del Municipio.
<http://www.moniquira-boyaca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

- [13] Reglamento Técnico de instalaciones internas de Telecomunicaciones-RITEL. 2013. Comisión Reguladora de Comunicaciones CRC, Ministerios de tecnologías de la información y las telecomunicaciones MINTIC.

- [14] Comisión Reguladora de Comunicaciones CRC. Fecha de Consulta: 13 de septiembre de 2019 <https://www.crcom.gov.co/es/pagina/inicio>

- [15] Ministerio de tecnologías de la información y las telecomunicaciones. Fecha de Consulta: 13 de Septiembre de 2019 MINTIC. <https://www.mintic.gov.co/>

- [16] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Fecha de Consulta: 14 de septiembre de 2019 <https://www.iso.org/member/1644.html>

- [17] Diseño de una red de fibra óptica FTTH para un bloque de edificios. Fernández López, Ismael. Universidad de Valladolid, Escuela de ingenierías industriales. Enero 2018. Fecha de consulta: 25 de octubre 2019

ANEXOS

- A. Artículo “Diseño de la nueva red de fibra óptica para distribución de servicios de internet y televisión para 800 usuarios de la zona urbana del municipio de Moniquirá, Boyacá” ponencia **V congreso Internacional en instrumentación control y telecomunicaciones CIICT** y **II Congreso Internacional en fabricación y nuevos materiales CIDIFAM** USTA Tunja 22 al 24 de Octubre de 2019
- B. Cotizaciones empresas.