

Factibilidad de la implementación de una red GPON en el municipio de Gama
Cundinamarca con el fin de proveer el servicio de internet.

Edisson Fernando Rico Barreto

Universitaria Agustiniana
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería en Telecomunicaciones
Bogotá, D.C.
2021

Factibilidad de la implementación de una red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca
con el fin de proveer el servicio de internet.

Edisson Fernando Rico Barreto

Director

Martha Isabel Villareal

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones

Universitaria Agustiniiana

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería en Telecomunicaciones

Bogotá, D.C.

2021

Dedicatoria

El presente trabajo de grado está dedicado a mi madre Aurora Barreto, mis tíos Blanca Barreto y Carlos Bejarano quienes con amor han inculcado en mí el ejemplo de esfuerzo y de no temer a las adversidades para culminar de la mejor manera este pregrado.

También a mis hermanas mayores Milena y Katherine, gracias por estar siempre presentes y ser el ejemplo para seguir.

A mi hermana Ingrid y Kevin, para que tomen como ejemplo la dedicación y el amor con el que he llevado a buen término este proceso.

A toda mi familia porque con sus buenos deseos siempre me brindaron un enorme apoyo moral y con cada palabra hicieron de mí una mejor persona.

Tío Carlos, aunque no estes en este plano y no puedo recibir un abrazo físicamente, te abrazo con el alma y te puedo dar respuesta a la pregunta de todos los días:

Que hubo Edison ¿ya se graduó?

Hoy con una sonrisa miro al cielo y te agradezco por cada una de tus enseñanzas.

Resumen

El objetivo del presente trabajo de grado es determinar la viabilidad para la posible implementación de red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca y satisfacer la necesidad de los habitantes, definir el material de implementación necesario y las características de cada uno. Esta investigación nos lleva a definir la red GPON y todos los beneficios de la red en términos de la enorme capacidad de transmisión, inmunidad electromagnética y adaptabilidad de todos los servicios; realizados en un medio de transmisión super seguro, como lo es la fibra óptica. El método utilizado es la investigación de campo, la cual se realiza a través de encuestas, basadas en una serie de preguntas de opción múltiple con el fin de cumplir las metas establecidas realizando encuesta real y dirigida a residentes del municipio. A través del diseño de esta red, se pretende mostrar la viabilidad para solventar necesidades de los habitantes en cuanto al servicio de internet en el municipio de Gama Cundinamarca. Con base en las conclusiones extraídas de la encuesta, se puede determinar que el diseño y una posible implementación de la red GPON es factible debido una muy buena aceptación y la necesidad de los propietarios. Finalmente se pretende conocer el valor total para implementación de la red, el plano general de la red, materiales y equipos, la nomenclatura para equipos de distribución, tiempos para la recuperación de inversión y conclusiones.

Palabras clave: Red, GPON, Diseño, Fibra óptica, Internet.

Abstract

The objective of this degree work is to determine the feasibility for the possible implementation of GPON network in the municipality of Gama Cundinamarca and meet the need of the inhabitants, define the necessary implementation material and the characteristics of each one. This research leads us to define the GPON network and all the benefits of the network in terms of the enormous transmission capacity, electromagnetic immunity and adaptability of all services; made in a super safe transmission medium, such as optical fiber. The method used is field research, which is carried out through surveys, based on a series of multiple choice questions in order to meet the goals established by conducting a real and targeted survey of residents of the municipality. Through the design of this network, it is intended to show the viability to solve the needs of the inhabitants in terms of internet service in the municipality of Gama Cundinamarca. Based on the conclusions drawn from the survey, it can be determined that the design and possible implementation of the GPON network is feasible due to very good acceptance and the need of the owners. Finally, it is intended to know the total value for the implementation of the network, the general plan of the network, materials and equipment, the nomenclature for distribution equipment, times for the recovery of investment and conclusions.

Keywords: Network, GPON, Design, Fiber Optics, Internet.

Tabla de contenido

Problemática.....	9
Justificación.....	10
Objetivos	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos.....	11
Marco referencial	12
Estado del arte	12
Marco teórico.....	13
Historia y antecedentes de la red Gpon.	13
Generalidades de la red GPON.....	14
Servicios de la red GPON.....	14
Fibra óptica	15
Protocolos empleados en la red Gpon.....	16
Tipo de Red	17
Topología.....	18
Tipo de cableado.....	19
Encuesta.....	19
La muestra.....	19
Formato implementado en el estudio.....	20
Escala de Likert.	20
Marco legal.....	20
Aplicación de normativa en Colombia.	20
Especificaciones Técnicas.	21
Organismos regulatorios.....	21
Estándares destacados:.....	21
Metodología	23
Cronograma.....	24
Presupuesto.....	25
Recolección de información esencial en el municipio de Gama Cundinamarca	26
Población	26

La muestra	26
Instrumentación de la investigación	26
Técnica de recolección de datos	26
Procedimientos de la investigación y análisis	27
Procedimiento.	27
Análisis de datos.	27
Levantamiento de información	31
Análisis de resultados	31
Propuesta diseño de una red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca con el fin de proveer el servicio de internet	33
Introducción a la red existente.....	33
Distribución a los abonados finales	33
Topología.....	33
Diseño de la red GPON	34
Factibilidad técnica y financiera del proyecto.....	35
Recursos	35
Recuperación de la Inversión planteada	36
Conclusiones	40
Recomendaciones.....	41
Referencias	42
Anexo 1	44
Anexo 2	45

Lista de tablas

Tabla 1.....	24
Tabla 2.....	25
Tabla 3.....	35
Tabla 4.....	36
Tabla 5.....	37
Tabla 6.....	37
Tabla 7.....	37
Tabla 8.....	38
Tabla 9.....	39

Lista de figuras

Figura 1.	Características de las tecnologías antecesoras (CORTES, 2017).	14
Figura 2.	Servicios red Gpon (CORTES, 2017).	15
Figura 3.	Arquitectura de la red Gpon (Ávila, 2014)	16
Figura 4.	Topología de una red GPON dos niveles (Rio, 2014).....	18
Figura 5.	Ubicación de puntos Google Earth.....	26
Figura 6.	Servicio de Telecomunicaciones	27
Figura 7.	Satisfacción del servicio	28
Figura 8.	Proveedor de servicios	28
Figura 9.	Problemas en servicio de Telecomunicaciones	29
Figura 10.	Nuevo proveedor	29
Figura 11.	Conocimientos en red Gpon	30
Figura 12.	Aceptación hacia la red Gpon	30
Figura 13.	Medios de pago	30
Figura 14.	Plano de red.....	31
Figura 15.	Formato de encuesta primera parte	44
Figura 16.	Formato de encuesta segunda parte.....	44
Figura 17.	Diseño de red.....	45

Problemática

¿Por qué implementar red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca?

Teniendo en cuenta que Gama es un municipio pequeño en su extensión urbana, ubicado a 118 kilómetros de Bogotá D.C, (Cundinamarca, 2018) que no supera los 900 habitantes pero tiene alto tránsito de estudiantes que residen en área rural y asisten masivamente a la institución educativa departamental ubicada en el casco urbano, con el fin de dar curso a su proceso de bachillerato, es causalidad de necesidades tecnológicas que tiene la población en general en cuanto a los avances sociales, a nivel profesional, comercio y tecnología de sus habitantes. En la actualidad, existen varios proveedores de servicio de telecomunicaciones en el municipio como claro y movistar que prestan su servicio mediante red satelital, además de ellos existe una empresa proveedora del servicio de Internet en el casco urbano de esta zona, su nombre social es A&S Soluciones SAS, fue fundada por gente del municipio, y presta el servicio por medio de la tecnología radio enlace dando así, un buen uso al anillo de fibra óptica proporcionado por la compañía Azteca el cual se encuentra vigente pero solamente prestando el servicio a entidades públicas, colegios, puntos vive digital y algunas entidades privadas con amplia capacidad de pago.

Entrando en acuerdo con la recomendación UIT-R P 618-8 el servicio actual tiene varios inconvenientes tal como lo afirma la fuente (UIT-R, 2003):

Las pérdidas de propagación en un trayecto tierra-espacio con relación a las perdidas en el espacio libre, son la suma de distintas aportaciones a saber: atenuación debida a los gases atmosféricos, atenuación debida a la lluvia, precipitación de las nubes, enfoque y desenfoque, centelleo debido a propagación de trayectos múltiples, atenuación debido a tormentas de arena y polvo. (p. 3).

En teoría los factores climáticos afectan la calidad del servicio, las lluvias y los vientos hacen que la disponibilidad del servicio se vea afectada. Teniendo en cuenta estas recomendaciones se evidencia que, al llegar con una conexión alámbrica, como se quiere proponer en este estudio, el servicio podría mejorar teniendo en cuenta que con una red cableada el municipio puede a futuro pensar en la activación de servicios adicionales tales como voz y televisión. Adicionalmente el municipio actualmente cuenta con un proveedor de Tv el cual está asociado a parabólica municipal y tiene limitado el acceso a los diferentes canales de televisión. No siendo esto una idea de emprendimiento a futuro sino generando un impacto social para el municipio donde se mejoraría la metodología de estudio de los jóvenes del municipio, implementación de tecnología en entidades públicas y masificación de CCTV e IOT.

Justificación

Al implementar una red cableada para proveer el servicio de internet en el municipio se mejoraría la conectividad de los habitantes al servicio, teniendo en cuenta que por medio de la red GPON se incrementa considerablemente el ancho de banda y con esto la velocidad de transmisión de datos y la garantía total de acceder al servicio lo cual hoy es necesario en cada hogar, ya que de éste dependen hoy en día varios factores como lo es el desarrollo educativo, personal y profesional de las comunidades, es por esto que cada municipio y sus habitantes en general merecen la oportunidad de una conexión asequible y constante evitando el aislamiento de los avances tecnológicos y la posibilidad a futuro de reducir los costos y mejorar la conectividad de los usuarios (ANDRES, 2015).

Dando provecho a la oferta laboral disponible en el sector del Diseño de redes cableadas y la experiencia laboral en el sector, busco fortalecer mis conocimientos adquiridos en la formación académica como Ingeniero de Telecomunicaciones dando así un plus a mis estudios y desarrollando registros de éxito en este tipo de proyectos con el fin de obtener crecimiento en el campo. También generando un gran impacto social y avance tecnológico para toda la comunidad del Municipio a su vez que a nivel personal dar desarrollo a la independencia profesional ofreciendo soluciones y consultorías a todos los posibles clientes.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la factibilidad técnica y financiera para el diseño de una red GPON en el Municipio de Gama Cundinamarca con el fin proveer el servicio de internet.

Objetivos específicos

- Recolectar datos esenciales como el tipo de necesidades, la satisfacción con el servicio actual y la infraestructura con la que cuenta el municipio para una posible futura instalación del cableado.
- Diseñar una red GPON para el casco urbano del municipio de Gama.
- Determinar la viabilidad técnica y financiera para la instalación de una red GPON en casco urbano del municipio de Gama Cundinamarca.

Marco referencial

Estado del arte

La red Gpon es una tecnología que ha venido ingresando gradualmente a Colombia y son muy pocas las empresas que utilizan esta solución en sus portafolios de productos. UNE telecomunicaciones es una de las pioneras en el uso de esta tecnología para brindar mayor calidad a los clientes en diferentes sectores de Medellín. Esta empresa lo que busca es mejorar los problemas de la red de cable de cobre que lleva instalada aproximadamente 20 años, y por la complejidad y las necesidades de cada uno de los clientes, ha decidido migrarlos a fibra óptica para proceder con un orden, brindándoles altas velocidades y reduciendo las fallas en el servicio. Como resultado de la migración, es posible incrementar la expansión del portafolio de servicios de la compañía en las áreas designadas del proyecto, incluyendo mayores velocidades en el servicio de internet (CAMPO, 2017).

La UIT aprobó redes ópticas pasivas con capacidad gigabit en diferentes propuestas de 2003 a 2004. (UIT, 2021) Todos los fabricantes de dispositivos deben cumplir las especificaciones para garantizar la interoperabilidad entre los diferentes dispositivos utilizados en estas redes. Las recomendaciones G984.x se refiere a la estandarización de redes PON a velocidades superiores a 1Gbit/s. Posteriormente se editaron dos nuevas propuestas de acuerdo con la extensión y alcance y otra con referencia al largo alcance (UIT, 2021).

A nivel de Colombia, se han propuesto trabajos relacionados con el uso de la tecnología GPON para el diseño de redes de fibra óptica, y en la mayoría de los casos estos proyectos han cumplido con las especificaciones recomendadas de diseño y aplicación. Por información de personas involucradas en la alcaldía municipal de Gama Cundinamarca, hasta el momento, no se han presentado propuestas de estudios relacionados con el diseño o la implementación de redes GPON de fibra óptica en el municipio de Gama Cundinamarca.

En abril del 2019 en la universidad Inca Garcilaso de la vega en Perú, se presentó un trabajo para una revista de tecnología, en el cual se abarca el estudio técnico y económico para la implementación de una red FTTH y poder brindar servicios complementarios en el contexto colombiano. En este trabajo los investigadores limitaron el ámbito de influencia dentro del ámbito de una urbanización y no dieron opciones para la futura expansión de la red. Predijeron que a partir del uso de equipos de conmutación de red se pueden acomodar hasta 512 usuarios al mismo tiempo, y el uso de la red estaría dedicado a la transmisión de datos y video (Mario A. Melo López, 2019).

En cuanto a las investigaciones realizadas en Bogotá, se encuentran varios ingenieros y empresas multinacionales de telecomunicaciones, donde se proporcionan parámetros para el diseño básico de la red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON. Entre ellos se presentan en detalle los diferentes estándares PON que pueden utilizarse para el diseño de redes de acceso, y la topología que brindan los servicios convergentes como la telefonía fija, internet y Tv; El propósito de muchos de estos trabajos fue diseñar, calcular la red FTTH y la red de acceso de fibra óptica utilizando el estándar GPON, las demostraciones proporcionan pautas específicas para el uso por parte de clientes generales y corporativos (CORTES, 2017).

Marco teórico

Historia y antecedentes de la red Gpon.

El interés por las redes ópticas pasivas nació en la década de 1990 teniendo en cuenta los avances tecnológicos y la prioridad por parte de los proveedores para brindar una mejor calidad en los servicios de telecomunicaciones en el hogar, con el trascurso del tiempo se han venido priorizando la reducción de costos y disminución de tiempos a la hora de implementar servicios en los clientes finales. Con el fin de llevar esta idea a buen término se implementaron dos tecnologías, una de ellas es la red PON la cual tiene bajo consumo de energía, brinda la posibilidad de obtener mayor ancho de banda, mejor calidad de los servicios y menor tiempo de implementación de estos, la segunda es la red AON basada en el estándar IEEE 802.ah el cual estandariza el uso de elementos activos lo que quiere decir que existen equipos que requieren energía eléctrica para su funcionamiento, por lo cual se establece que este tipo de redes AON cuentan con amplia capacidad pero requiere mayores costos de implementación (Pérez Guevara, 2016) (Ávila, 2014).

Continuando con lo aportado por los autores (Pérez Guevara, 2016) (Ávila, 2014) indican que en 1995 se crea la red de acceso de servicio completo (FSAN) funcionando como entidad encargada de contribuir técnicamente y definiendo condiciones en cuanto a las redes ópticas pasivas, promoviendo actualizaciones, observación y aumento de organismos como la unión internacional de telecomunicaciones que establece estándares definidos en ITU-T G.984.x(x=1,2,3,4), teniendo siempre como prioridad la solución a las necesidades del usuario final.

Previamente al descubrimiento de la red óptica pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) como se puede observar en la Figura 1 hubo dos clases de redes ópticas pasivas que fueron el fundamento para el desarrollo de las redes GPON, la red óptica pasiva ATM (modo de transferencia asíncrona) la cual provocó retrasos en el aprovisionamiento de servicios, y la red óptica pasiva de banda ancha

(BPON) donde se introduce una onda adicional de transporte de video. La segunda clase de red óptica pasiva es la red óptica pasiva Ethernet (EPON) que es una red punto a multipunto con puerto Ethernet la cual ayuda considerablemente para la evolución a redes GPON (Ávila, 2014).

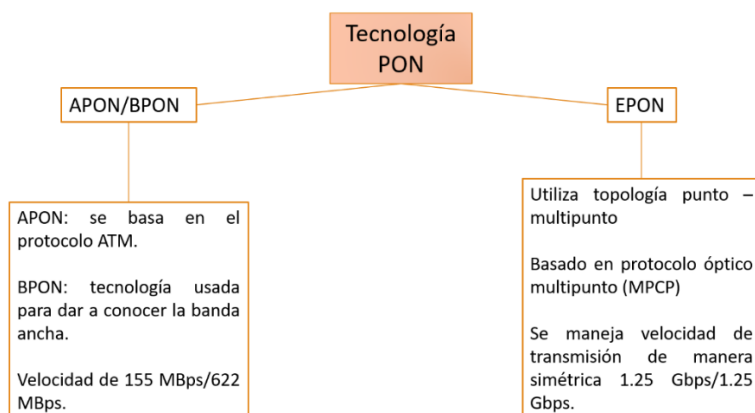


Figura 1. Características de las tecnologías antecesoras (CORTES, 2017).

Generalidades de la red GPON.

A finales de la década de 1990 las redes ópticas pasivas empezaron a ser consideradas importantes para el desarrollo y evolución de las redes ópticas, dando pie a los diferentes proveedores de servicios de telecomunicaciones para pensar en oportunidad de producto innovador y rentable a mediano plazo, llevando fibra óptica hasta el hogar del usuario final. En los años 2003 y 2004, la unión internacional de telecomunicaciones (UIT, 2021) realiza una detallada descripción con actualizaciones consideradas en los últimos años en cuanto al estudio y desarrollo de las redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit (GPON), esta tecnología tiene topología de red punto a multipunto lo que conlleva a una reducción considerable en cuanto al tendido de fibra y cumpliendo el objetivo principal de este tipo de redes que es brindar al usuario un mayor ancho de banda junto con el adecuado transporte de servicios IP, la reducción de costos y tiempo en cuanto a la implementación e instalación de servicios de telecomunicaciones donde mejora considerablemente la calidad del servicio debido a la ausencia de interferencias en el transporte de la información, la ausencia de elementos activos entre el proveedor y el cliente final y la amplia posibilidad de brindar cualquier tipo de servicio como el internet, servicios de VoIP, televisión y datos.

Servicios de la red GPON.

La red GPON ofrece acceso a diferentes servicios como se puede observar en la Figura 2, teniendo en cuenta la amplia capacidad que puede ofrecer este tipo de red óptica es posible para el usuario final contar con una velocidad hasta de 2,5 Gbps de forma asimétrica, la velocidad más

común utilizada por los proveedores de equipos utilizados en descarga de datos es de 2,488 Gbps y en carga es de 1,244 Gbps, cabe aclarar que también existen ciertas configuraciones en las que es posible emplear hasta 100Mbps por usuario (Andres, 2012) (CORTES, 2017).

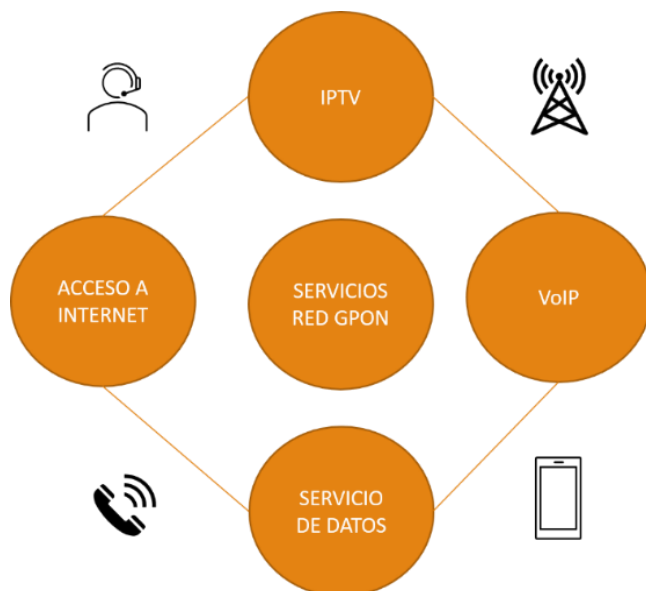


Figura 2. Servicios red Gpon (CORTES, 2017).

Fibra óptica

Se hace referencia al elemento primordial en las redes ópticas que cuenta con hilos de vidrio encargados de conducir haces de luz que a su vez transportan información viajando a través del hilo en forma de reflexiones internas (Andres, 2012). La fibra óptica se compone de las siguientes partes:

Se realiza descripción de los componentes de la fibra óptica teniendo en cuenta el aporte realizado por el autor (Andres, 2012):

El núcleo conduce las señales ópticas hasta el punto destino, es aquel filamento de vidrio de diámetro diminuto que transporta los haces de luz. El revestimiento, su función principal es proteger al núcleo, además actúa como capa reflectante de modo que los haces de luz que se intenten escapar forman un modo espejo y son reflejados. El recubrimiento, su función principal es proteger al núcleo y al revestimiento de posibles daños externos, como el agua, la humedad, el calor, el aplastamiento, los roedores, entre otros.

La fibra Óptica puede clasificarse dependiendo los modos de propagación, existe la fibra óptica monomodo definida por el autor (CORTES, 2017): “Tiene un modo de propagación, el diámetro de la fibra es pequeño, permite la propagación de un rayo de luz en línea recta. Este tipo de fibra es óptima para distancias largas, con la ventaja de mayores velocidades”.

Existe también la fibra óptica multi modo, definida por el autor (CORTES, 2017):

Permite la propagación de varios rayos de luz donde cada uno toma un trayecto diferente, es decir, su núcleo tiene un mayor diámetro lo que produce que los rayos de luz se reflejan contra el revestimiento y pueden viajar por varios caminos. Este tipo de fibra se utiliza en cortas distancias, pero tiene un ancho de banda menor a la monomodo.

ONT (terminal de red óptica). Es el equipo final ubicado en las instalaciones del cliente y es activo ya que requiere alimentación de energía eléctrica para su correcto funcionamiento, el objetivo principal es recibir de manera correcta la información proveniente de la OLT y entregarla de manera correcta al usuario y viceversa, en conclusión, capta y envía datos al terminal de línea óptica (OLT). Como se muestra en la Figura 3, la red óptica con capacidad de Gigabit GPON consta de un terminal de línea óptica (OLT) siendo este el primer elemento activo de la red ubicándose en las instalaciones del proveedor de servicios de telecomunicaciones desde donde se podrán soportar hasta 64 terminales de red óptica ONT en cada puerto, las ONT se encuentran en las instalaciones del usuario final siendo el segundo y último elemento activo de la red óptica pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) por medio de la cual se pueden brindar servicios de televisión, acceso a internet con intercambio de información, juegos en línea y servicios de voz. Se tiene en cuenta según la información de fabricantes y las adaptaciones realizadas durante implementación que la distancia máxima entre OLT y ONT es de 20 km (Hernandez, 2011).

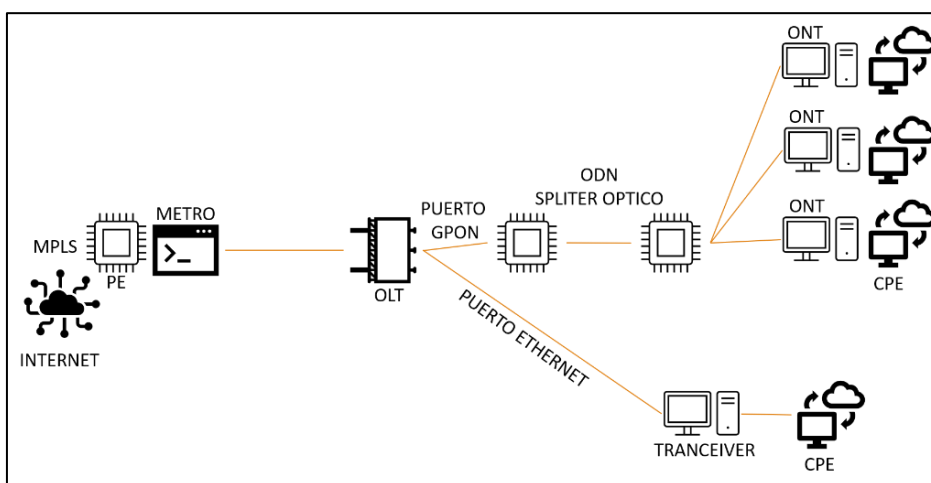


Figura 3. Arquitectura de la red Gpon (Ávila, 2014)

Protocolos empleados en la red Gpon.

La red óptica pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) tiene diferentes tecnologías y protocolos para su correcto funcionamiento, uno de ellos es la multiplexación por división de tiempo (TDM) empleada en el envío de paquetes de datos en periodos fijos y utiliza periodos de forma

descendente. Para transmitir de forma ascendente se emplea otra tecnología llamada acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) en donde el funcionamiento se basa en la ONT que envía paquetes de información en 22 tiempos, esto previene errores en la transmisión de paquetes de información. Existe la dinámica de ancho de banda (DBA) la cual permite utilizar de forma eficiente el ancho de banda y actúa a favor del incremento en los usuarios, lo que quiere decir que cuando algunos usuarios pertenecientes a la red no estén conectados, serán beneficiados con un mayor ancho de banda los que si estén conectados. (Cabezas Piedad, 2020).

El protocolo ATM (modo de transferencia asíncrona) tomando en cuenta la definición dada por el autor (Cabezas Piedad, 2020): “opera en modo orientado a la conexión lo que quiere decir que antes de transmitir se establece una conexión entre el punto de origen y destino por medio de un protocolo de llamada o señalización. Este protocolo es asíncrono”.

El método de encapsulación (GPON GEM) es un reglamento definido por la unión internacional de telecomunicaciones bajo ITU-T G. 984.3 (UIT, 2021):

Se define la posibilidad de encapsular la información de varias señales, para poderlas transportar en redes como SDH (Jerarquía Digital Síncrona) u OTN (red de tecnología Oracle), en el caso de la red GPON, este es un protocolo de transporte síncrono que tiene tramas periódicas de 125ms dando mayor eficiencia a la red y ofreciendo un mayor ancho de banda. En este protocolo, el tráfico se transporta mediante un protocolo llamado GTC (convergencia de transmisión GPON) desde la OLT (terminal de línea óptica) hacia la ONU (unidad de red óptica) y viceversa, donde al llegar a la ONU, un adaptador llamado OMCI (ONT Interfaz de gestión de control) es el encargado de filtrar el tráfico y entrega las tramas adecuadas al cliente GEM.

Tipo de Red

Hoy día es la fibra óptica el medio de transmisión mejor catalogado ya que se puede contar con un gran ancho de banda, teniendo en cuenta que este ancho de banda se ve afectado por limitaciones dependientes de los equipos que sean conectados, es de suma importancia contar con un gran ancho de banda con el fin de ofrecer un servicio de internet de buena calidad.

Por estos motivos, resulta justificable que una arquitectura de red basada en fibra óptica es fiable, por lo cual se define el uso de fibra óptica en este diseño. Y realizando un análisis de posibles resultados en la encuesta realizada en el capítulo anterior y cumpliendo los parámetros inicialmente establecidos se concluye que la arquitectura a usar para el diseño es la FTTH (fibra hasta el hogar), la cual permite llegar hasta el cliente final con fibra óptica que para este caso serán las casas y puntos comerciales de los residentes del municipio de Gama Cundinamarca, directamente desde la

OLT hasta las ONT que se ubicaran en el hogar de los clientes finales. Para la ejecución de una red FTTH se utilizarán redes ópticas pasivas GPON que son descritas en el marco Teórico, dando como ventaja principal el uso de elementos activos únicamente en los extremos de la transmisión, haciendo esto que sea mucho más sencilla una posible implementación de la red, permitiendo menos fallas en el servicio y generando menos costos de mantenimiento en relación con otros tipos de red.

Se pretende dar un indicio para una futura instalación de red GPON con características propias como:

- División que emplea splitter de 1:8 para una mejor organización en cajas de empalme.
- Eficiencia ofrecida del 94% teniendo en cuenta que el servicio principal a proveer es el internet.
- Tendido de fibra hasta el cliente final.

Topología

Las tecnologías GPON manejan buenos niveles de potencia por lo que es posible aplicar varias topologías de conexión y las cuales es posible modificarlas dependiendo de los estados del terreno o estudios de campo.

Se propone para el diseño una topología de dos niveles, indicada en la Figura 4 que consiste en la interconexión de un nodo central o divisor óptico OLT, continuando a través del divisor óptico (splitter) siendo de primer nivel, una caja de empalme actuando como segundo divisor óptico (splitter) de segundo nivel y finalizando en el abonado con el terminal de nodo óptico ONT.

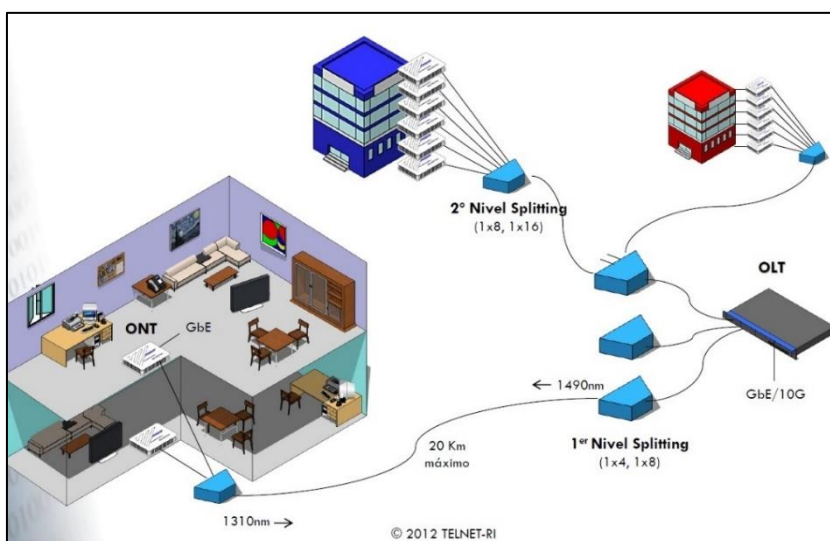


Figura 4. Topología de una red GPON dos niveles (Rio, 2014)

Tipo de cableado

Para este diseño de red se utilizará un cable de fibra óptica monomodo aéreo G. 652D ADSS cable de fibra óptica 48H SM-ADSS SPAN 160M y 24H SM-ADSS SPAN 160M ya que es esta la fibra que brinda mayor protección en cuanto al tendido y mantenimiento, la fibra se ubicara en los postes existentes en el área urbana del municipio de Gama.

Para una posible ejecución y construcción del cableado, resulta como forma más factible el uso de los postes existentes ya que se da lugar una instalación sencilla, facilita los mantenimientos, es posible una detección rápida de daños y se eliminan costos adicionales en la construcción de infraestructura para posible tendido de la red.

Para el caso específico del acceso al cliente final, no se evidencian distancias grandes teniendo en cuenta que se trata de cumplir con las características para no generar perdidas de señal, esto quiere decir que no se realizaría un tendido mayor a 200 metros de cable desde la caja de distribución hacia el cliente final, es por esto que se pretende ubicar dichas cajas de distribución de la mejor manera para no exceder el metraje de la acometida y dar factibilidad a los clientes. Para este caso se utilizaría fibra tipo drop que consta de dos hilos de fibra óptica para acometida al cliente final.

Con el diseño y levantamiento de información en campo se pretende establecer puntos importantes como la ubicación de las OLT, definición del tipo de OLT a utilizar, ubicación y cantidad de los splitters y definir los componentes principales para la red GPON

Encuesta.

La encuesta se denomina conjunto de preguntas que se diseñan específicamente y se consideran dirigidas a una muestra de población, que se considera en determinadas situaciones funcionales del trabajo con el fin de comprender las opiniones de las personas sobre determinadas poblaciones actuales. El problema debido a que aún no es posible medir la temperatura de ciertos eventos que han ocurrido a personas en una determinada comunidad, lo que ha atraído especial atención de la opinión pública, por lo que es necesario realizar una encuesta para comprender más profundamente los sentimientos de las personas y así continuar (Ucha, 2008).

La muestra.

La muestra es una parte representativa de una población específica. Cuando no sea posible realizar un censo, se utilizará el muestreo, que es una herramienta para determinar que parte de la realidad se estudiara (López, 2004).

Formato implementado en el estudio

Brindando una previa socialización de lo que se trata la fibra óptica, sus generalidad y composición, se pretende recolectar datos en el área urbana de Gama Cundinamarca, encuestando a comerciantes y hogareños del municipio para el posterior uso de los indicadores que queremos cumplir en el proyecto. De esta forma, se puede tratar con los clientes y obtener información veraz y acertada sobre ellos y la conformidad con los servicios actuales.

Escala de Likert.

Los participantes designan una escala del grado de acuerdo o desacuerdo con las declaraciones que expresan aprobación o actitudes desfavorables hacia el concepto investigado; utilizando la escala de Likert, los participantes deben considerar solo una declaración a la vez, en donde la escala se extiende de un extremo a otro.

En una prueba el participante indica si está de acuerdo (o en desacuerdo) con cada aspecto y marca uno de los siguientes descriptores de fuerza de dirección:

- Totalmente de acuerdo.
- De acuerdo.
- Indeciso.
- En desacuerdo.
- Totalmente en desacuerdo.

Se asignará un peso numérico a cada respuesta (por ejemplo, cinco, cuatro, tres, dos, uno) (Osinski., 1998).

Con esta técnica podremos tabular la información obtenida de las encuestas realizadas a la muestra poblacional.

Marco legal

Aplicación de normativa en Colombia.

En la ejecución de proyectos se consideran las normas UNE aprobadas por el comité 133 de la asociación española de normalización y certificación (AENOR), tomadas del autor (Española, 2002) y que se mencionan a continuación:

UNE 133100-1:2002: Infraestructura para redes de telecomunicaciones, parte 1 canalizaciones subterráneas. UNE 133100-2:2002: Infraestructura para redes de telecomunicaciones, parte 2 arquetas y cámaras de registro. UNE 133100-3:2002: Infraestructura para redes de telecomunicaciones, parte 3 tramos interurbanos. UNE 133100-4:2002: Infraestructura para redes de

telecomunicaciones, parte 4 líneas aéreas. UNE 133100-5:2002: Infraestructura para redes de telecomunicaciones, parte 2 instalaciones en fachada.

Especificaciones Técnicas.

El siguiente contenido describe los estándares técnicos que deben ser considerados en la construcción de redes telefónicas y de fibra óptica en Colombia, aquí se mencionan todos los pasos a seguir y se describe cada actividad que debe cumplir con características específicas en lo que refiere a materiales, parámetros y metodología.

Los parámetros mencionados dependerán de la estructura y ubicación geográfica, así como de los obstáculos que puedan surgir durante el proceso de canalización, debiendo consultarse cada tipo de permiso de construcción (comité CTN 133-TELECOMUNICACIONES , 2002).

Organismos regulatorios.

- ANSI: American National Standards Institute: Una organización privada sin fines de lucro, establecida en 1918, es responsable de administrar y coordinar el sistema de estandarización voluntaria del sector privado en Estados Unidos.
- EIA: Electronics Industry Association: Fue establecido en 1924 y se dedica al desarrollo de normas y publicaciones en los principales campos técnicos: componentes electrónicos, electrónica de consumo, información electrónica y telecomunicaciones (STANDARDS, 2021).
- ISO: International standards organization: Es una ONG fundada en 1947 en todo el mundo y tiene organismos nacionales de normalización en más de 140 países (ISO, 2021).
- IEEE: Instituto de ingenieros electrónicos y de electrónica: Principalmente responsable de las especificaciones de LAN, como los estándares 802.3 Ethernet, 802.5 Token Ring, ATM y Gigabit Ethernet.

Estándares destacados:

- ANSI/TIA/EIA-568-B: cableado de telecomunicaciones en edificios, comerciales. (como instalar el cableado).
- TIA/EIA 568-B1: Requerimientos generales.
- TIA/EIA 56-B2: Componentes de cableado mediante par trenzado balanceado.
- TIA/EIA 568-B3: Componentes de cableado, fibra óptica.
- ANSI/TIA/EIA-569-A: Normas de recorridos y espacios de telecomunicaciones de edificios comerciales (como enrutar cableado).

- ANSI/TIA/EIA-570-A: Normas de infraestructura residencial de telecomunicaciones
- ANSI/TIA/EIA-606-A: Normas de administración de infraestructura de telecomunicaciones en edificios comerciales.
- ANSI/TIA/EIA-607: Requerimientos para instalaciones de sistemas de puesta a tierra de telecomunicaciones en edificios comerciales.
- ANSI/TIA/EIA-758: Norma cliente-propietario de cableado de planta externa de telecomunicaciones.

Metodología

La metodología de la investigación desde el punto de vista conceptual tiene su consideración y definición tal y como lo manifiesta el autor (Rodríguez, 2012):

La metodología de la investigación se considera y se define como la disciplina que elabora, sistematiza y evalúa el conjunto del aparato técnico procedimental del que dispone la ciencia, para la búsqueda de datos y la construcción del conocimiento científico. La metodología consiste entonces en un conjunto más o menos coherente y racional de técnicas y procedimientos cuyo propósito fundamental apunta a implementar procesos de recolección, clasificación y validación de datos y experiencias provenientes de la realidad, y a partir de los cuales puede construirse el conocimiento científico. (p. 1).

El tipo de investigación que llevara a cabo este proyecto es investigación de campo exploratoria, en la que la población del municipio de Gama Cundinamarca será la fuente de información para este proyecto. El proyecto no se limita a la recopilación de datos, sino que también incluye la predicción e identificación de eventos existentes en la red. Al ser un proceso de no cotización, se recopilarán datos basados en los servicios de red existente y la satisfacción del cliente en el proceso de urbanización del municipio de Gama, y serán públicos, se resumirán y analizarán los resultados con sumo cuidado, además se extraerán generalizaciones importantes en aras de un mejor proyecto.

Los métodos de levantamiento de la información en este proyecto se basarán en métodos de recolección de datos cualitativos y cuantitativos, ya que se pueden definir correctamente los problemas que surgen en el proceso de investigación para una red cableada en el municipio de Gama.

La investigación exploratoria como bien lo menciona (Morales, 2012) “Es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un novel superficial de conocimiento.”

Es una investigación que está diseñada para brindarnos una descripción general basada en ciertas condiciones reales. se eligió este tipo de investigación porque no hay mayor discusión sobre el tema en el municipio de Gama, por lo que se pueden generar hipótesis precisas o algunas generalidades y se pueden generar análisis y resultados más precisos.

Cronograma

Tabla 1.

Cronograma

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES					
ACTIVIDAD	2021				
Semana	1	2	3	4	5
Planteamiento de proyecto					
Investigación sobre redes ópticas					
Investigación redes proveedoras existentes					
Investigación y características técnicas para tener en cuenta al momento de realizar el estudio					
Semana	6	7	8	9	10
Documentación del diseño de redes					
Recolección de información en campo.					
Semana	11	12	13	14	15
Análisis de información, digitalización de planos y realización de presupuestos					
Investigación de pruebas a realizar					
Documentación y desarrollo de los objetivos					
Semanas	16	17	18	19	20
Análisis y Conclusiones					
Presentación y terminación de proyecto					

Presupuesto

Tabla 2.

Presupuesto del proyecto

Recurso	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones	Encargado de ejecución del proyecto	1 x 4 meses	\$ 1,700,000	\$6,800,000
Acceso a internet	Plan de datos y servicio fijo de internet hogar.	4 meses	\$110,000	\$440,000
Transporte	Alquiler de vehículo para movilización a zonas de investigación	20 horas	\$20,000	\$400,000
Computador		1	\$1,600,000	\$1,600,000
Licencia office		1	\$180,000	\$180,000
Total			\$3,610,000	\$9.420,000

Nota. Se realiza cotización y extracción de precios medios teniendo en cuenta el costo base del mercado y cotización de componentes tecnológicos.

Recolección de información esencial en el municipio de Gama Cundinamarca

Población

La población de este estudio está determinada por el número de predios construidos que hay en el municipio de Gama, ordenando el número total de viviendas da para un total de 297 predios, siendo así clientes estimados ya que pueden ser más, esto debido a la existencia de varios hogares en un solo predio o la existencia de locales comerciales en algunos predios, por lo que, por cada jefe de hogar debe existir una encuesta.

La muestra

Para este proyecto, se realiza conteo como se puede ver en la Figura 5 ubicando una a una las propiedades del casco urbano del municipio de Gama en donde se ha determinado que, debido a la pequeña población, se pretende encuestar a una persona en cada hogar lo que quiere decir 297 personas.

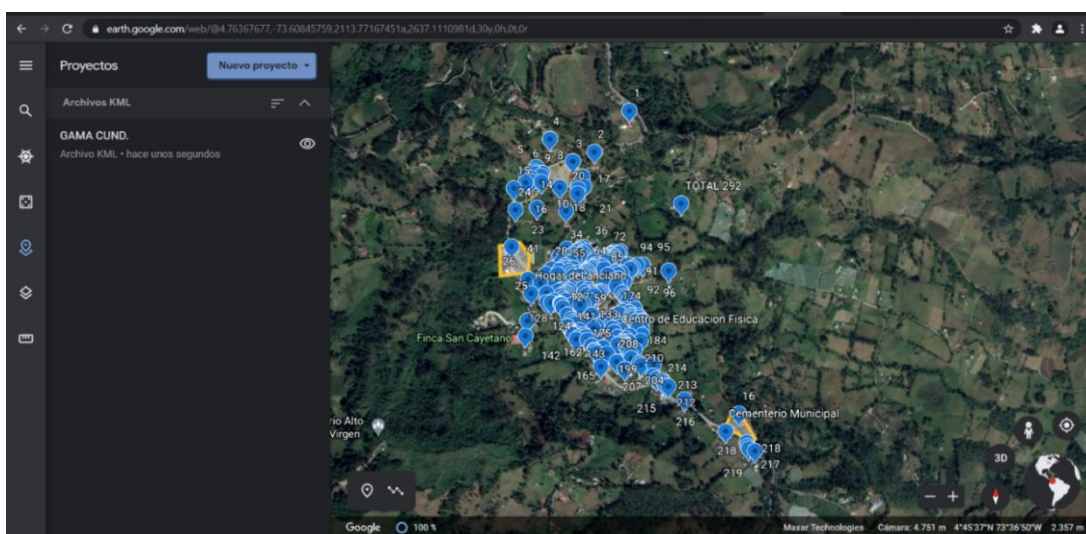


Figura 5. Ubicación de puntos Google Earth

Instrumentación de la investigación

Para la realización de este proyecto de investigación se utilizarán determinadas técnicas de investigación, las cuales se llevarán a cabo directamente en el casco urbano de Gama Cundinamarca. Las técnicas empleadas son:

Técnica de recolección de datos

Para llevar a cabo el proyecto de Factibilidad de la implementación de una red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca con el fin de proveer el servicio de internet, se debe aplicar técnicas para recolectar datos y brindar información para una gestión óptima. Por lo tanto, se

utilizarán diferentes técnicas de recolección de datos, procesamiento de información y formas de presentación de la información obtenida, todo con el fin de cumplir con los requerimientos de los clientes en esta zona urbana.

Procedimientos de la investigación y análisis

Procedimiento.

- Realizar el formato de la encuesta para obtener los indicadores que se pretenden cumplir.
- Realizar encuesta a un propietario de cada vivienda en el casco urbano del municipio de Gama, dirigiéndose personalmente y almacenando las respuestas en un formulario Google.
- Recolectar por lo menos el 30% de respuestas y realizar el respectivo análisis.

Análisis de datos.

El debido procesamiento de la investigación en el casco urbano del municipio de Gama Cundinamarca se hará a través de medios digitales tales como Microsoft Word para plasmar información textual que haga referencia a definiciones o ilustraciones, y Microsoft Excel realizando recolección gráficos para analizar los resultados de la encuesta realizada a las personas del área urbana del municipio de Gama.

Los resultados obtenidos en cada pregunta formulada en la encuesta para los propietarios del municipio de Gama Cundinamarca se mostrarán a continuación.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la pregunta, ¿Cuál de los siguientes servicios de comunicación tiene actualmente en su hogar? En la Figura 6 se puede observar que la mayoría de los encuestados cuenta con Internet como principal servicio de telecomunicaciones en su hogar y en algunos casos acompañado de Televisión u otro servicio de telecomunicaciones.

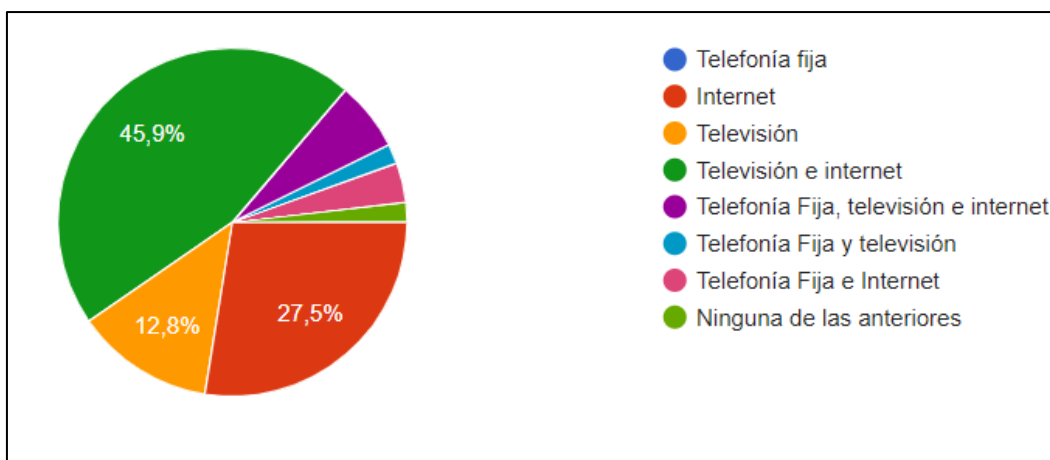


Figura 6. Servicio de Telecomunicaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos de la pregunta, ¿Está satisfecho con los proveedores que brindan los servicios de comunicaciones mencionados anteriormente? En la Figura 7 se puede observar que la mayoría de los encuestados está en desacuerdo con el actual proveedor de servicios de telecomunicaciones.

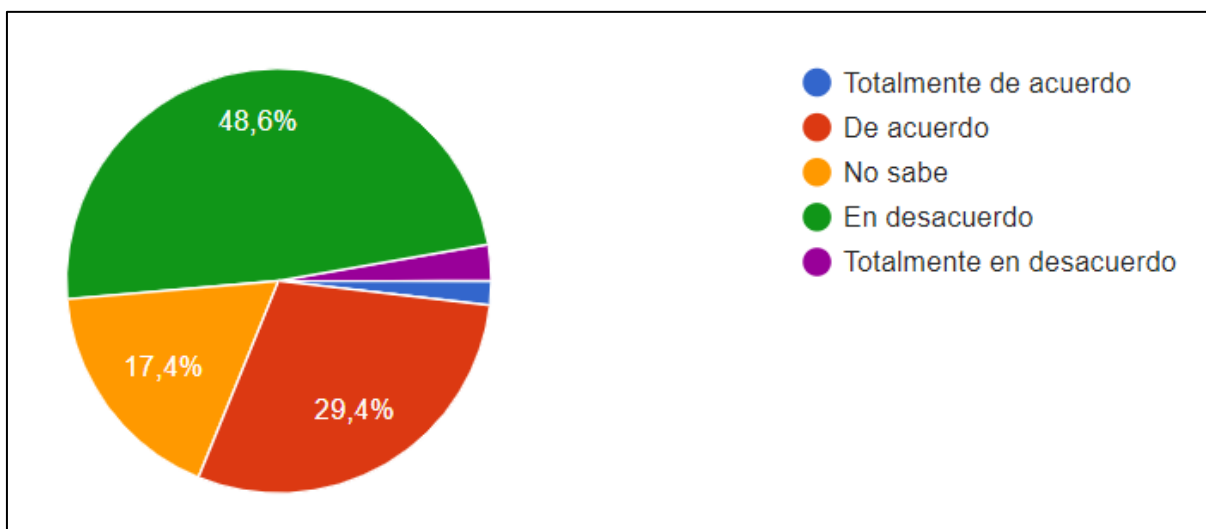


Figura 7. Satisfacción del servicio

De acuerdo con los resultados obtenidos de la pregunta, ¿Cuál es su proveedor de servicios mencionados anteriormente? En la Figura 8 se puede observar que la mayoría de los encuestados tiene como proveedor de servicios de telecomunicaciones reconocidos operadores como movistar, claro y tv azteca, también se puede deducir de los resultados que las personas que cuentan con servicio de internet en su hogar, la mayoría tienen como proveedor de servicios A&S soluciones S.A.

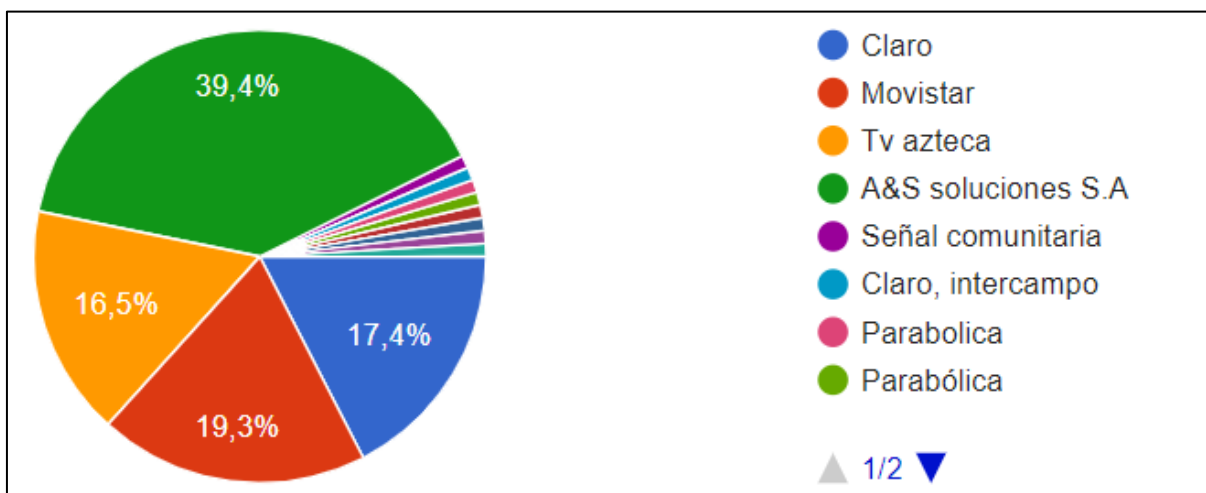


Figura 8. Proveedor de servicios

De acuerdo con los resultados obtenidos de la pregunta, ¿Cuál es el principal problema de su servicio de telecomunicaciones? En la Figura 9 se puede observar que la mayoría de los encuestados experimentan problemas en su servicio de telecomunicaciones y este se encuentra altamente relacionado con la intermitencia en horarios pico y la caída del servicio cuando hay presencia de lluvias y vientos fuertes.

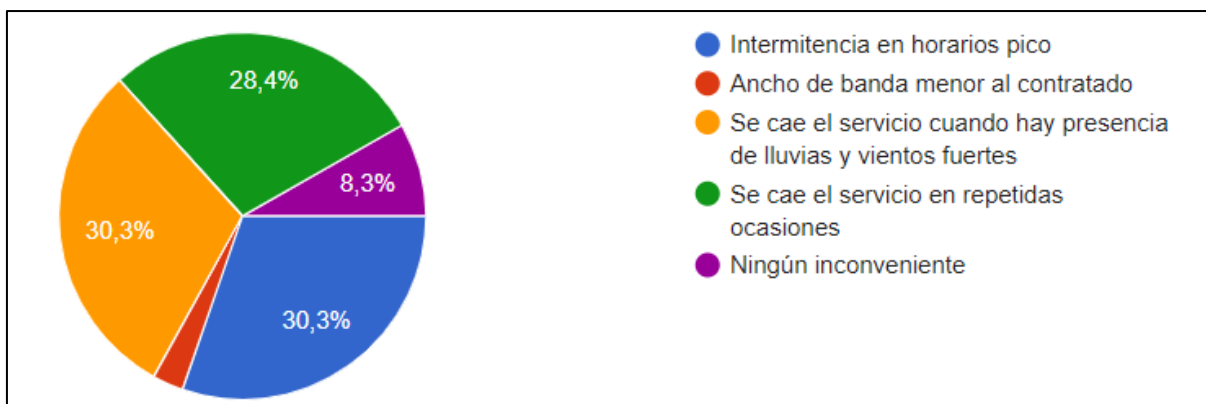


Figura 9. Problemas en servicio de Telecomunicaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos de la pregunta, ¿Estaría dispuesto a contratar un proveedor que le ofrezca conexión cableada por fibra óptica hasta el hogar por un valor más elevado al servicio que usted ya posee? En la Figura 10 se puede observar que al realizar sumatoria de porcentajes la mayoría de los encuestados está de acuerdo con la noción.

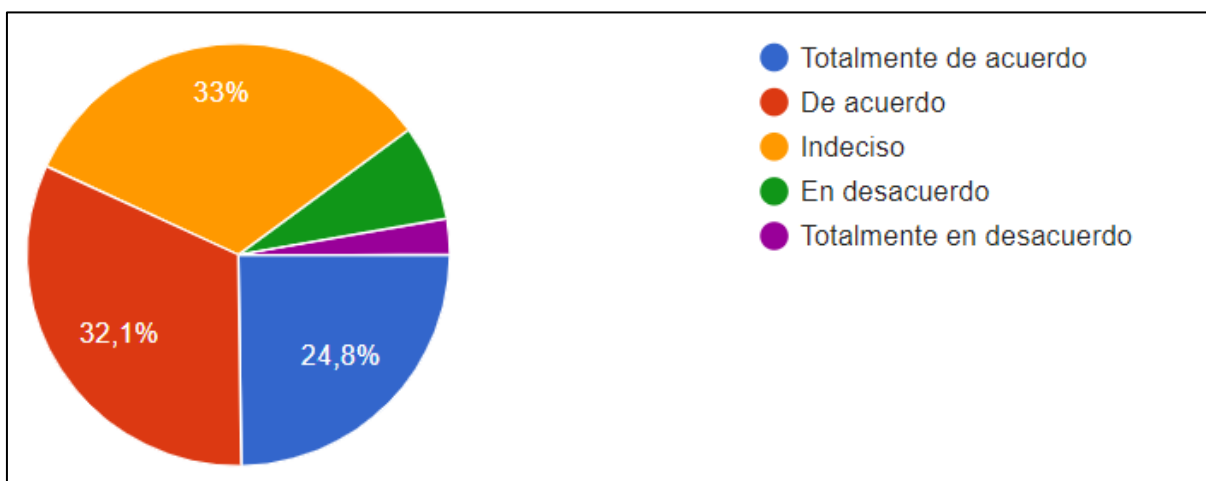


Figura 10. Nuevo proveedor

De acuerdo con los resultados obtenidos de la pregunta, ¿cree que la tecnología GPON permite al usuario un mejor servicio y acceso a mayor ancho de banda? En la Figura 11 se puede observar que la mayoría de los encuestados está de acuerdo.

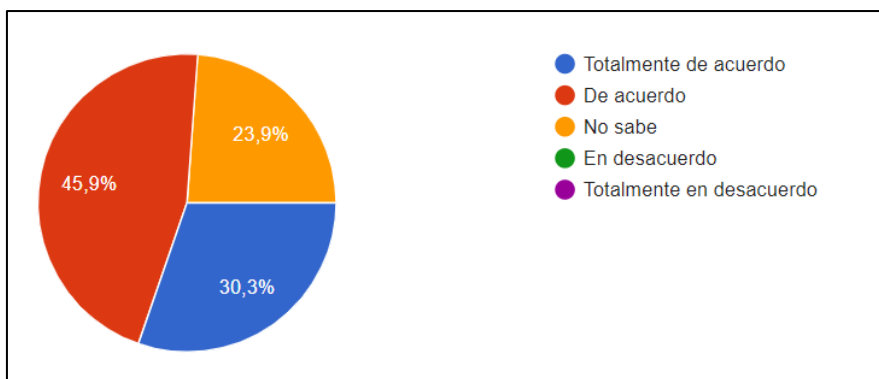


Figura 11. Conocimientos en red Gpon

De acuerdo con los resultados obtenidos de la pregunta, ¿Cree que la instalación de una red cableada de fibra óptica en el municipio de Gama generaría un gran avance tecnológico y económico para la comunidad en general? En la Figura 12 se puede observar que todos los encuestados están de acuerdo.

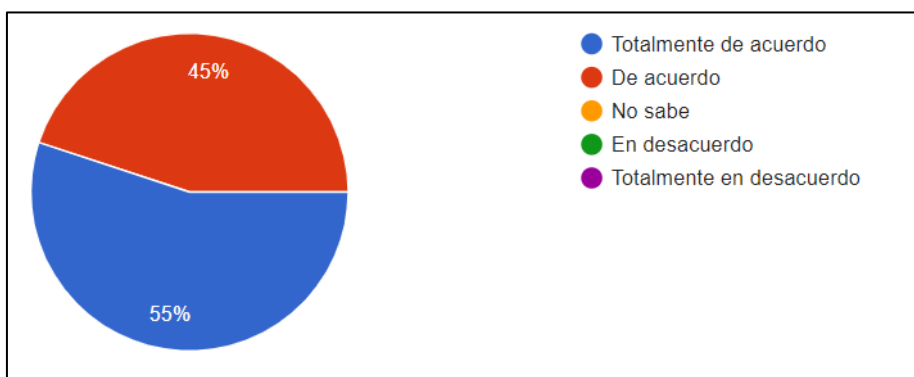


Figura 12. Aceptación hacia la red Gpon

De acuerdo con los resultados obtenidos de la pregunta, ¿Como ejecuta el pago de sus servicios de telecomunicaciones? En la Figura 13 se puede observar que la mayoría de los encuestados realiza el pago de su servicio de telecomunicaciones en puntos físicos de recaudo.

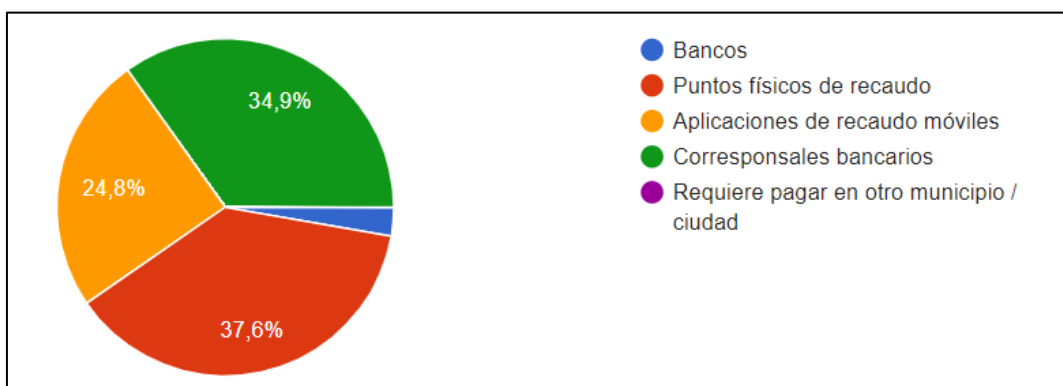


Figura 13. Medios de pago

Levantamiento de información

Como se muestra en la Figura 14, se realiza levantamiento de información en campo, determinando en el sitio de investigación el medio físico para instalación de fibra óptica como lo son los postes pertenecientes a la empresa de energía de Cundinamarca, se toman las respectivas distancias para definir el total de cableado necesario para una posible ejecución, se realiza la respectiva identificación y conteo de los predios y los clientes potenciales en la zona.

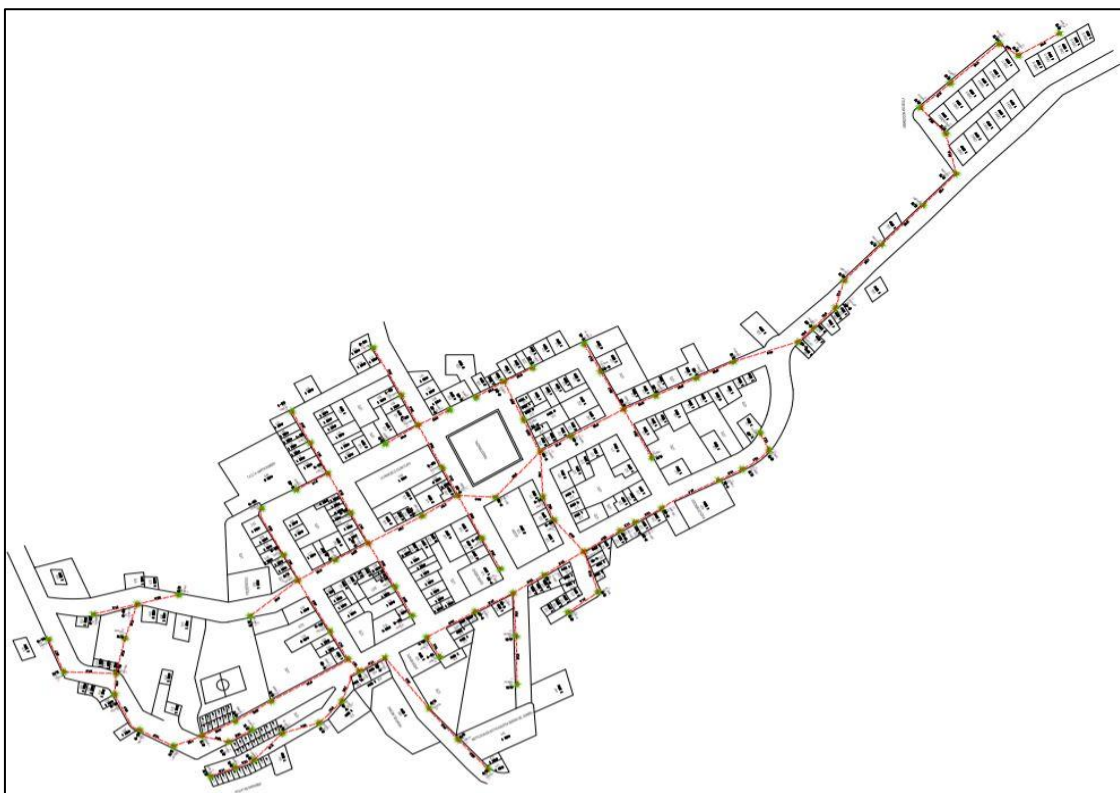


Figura 14. Plano de red

Análisis de resultados

En el trabajo de grado actual, se realizó una encuesta a los propietarios del área urbana del municipio de Gama Cundinamarca, por lo que a través del análisis de porcentajes se puede determinar el grado de aceptación dentro del municipio.

Actualmente el casco urbano del municipio de Gama cuenta con proveedores de telecomunicaciones los cuales ofrecen combo triple para servicios de telefonía fija, televisión e internet. Pero ninguno de estos bajo la tecnología GPON. Mediante la encuesta realizada se puede determinar que es una tecnología con gran nivel de aceptación por parte de los propietarios encuestados en el municipio, aparte de todo esto se cuenta con una propuesta única en el municipio

de Gama Cundinamarca con el mejor medio de transmisión como lo es la fibra óptica, de un total de 297 propietarios se recolectaron al menos el 30% de las respuestas, teniendo en cuenta para el análisis de resultados 109 respuestas en las cuales se obtuvo un buen nivel de aceptación en cada una de las preguntas realizadas con las principales características de la propuesta como garantías en la estabilidad del servicio, posible instalación de servicio bajo mejor tecnología como lo es GPON garantizando mejor ancho de banda en el medio de transmisión que es la fibra óptica. Mediante la encuesta realizada se logra establecer que la mayoría de los propietarios encuestados está de acuerdo y cuenta con la necesidad de una red cableada por fibra óptica. Teniendo como resultado que este sea un proyecto totalmente viable para proceder con el diseño y viabilidad de una red GPON en el casco urbano del municipio de Gama Cundinamarca.

Propuesta diseño de una red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca con el fin de proveer el servicio de internet

Introducción a la red existente

Esta propuesta pretende mostrar el diseño de una red troncal que brinde cubrimiento a toda la zona urbana del municipio de Gama Cundinamarca permitiendo ofrecer a los habitantes el servicio de Internet mediante una red de tecnología GPON usando fibra óptica teniendo en cuenta que es el mejor medio de transmisión que brinda gran capacidad y a costo considerable, lo cual ante una futura instalación brindara ventajas ante las diferentes tecnologías ya instaladas en el municipio como lo es la tecnología de radio enlace.

El diseño, planificación y capacidad de la red se ha tenido en cuenta de acuerdo con el número de propietarios según se mostró en el capítulo anterior, adicional se analiza la posibilidad de mejores costos, facilidad de instalación de acometidas y una posible expansión de la red. El diseño propuesto se basa en estándares establecidos por la empresa Tigo en Bogotá teniendo en cuenta las normas que rigen toda su red a nivel local.

Distribución a los abonados finales

Para la proyección de zonas abiertas el caso que se maneja en el diseño propuesto deberá existir un splitter de segundo nivel desde donde se proyectaría una fibra de acceso Drop hacia cada abonado donde estarán ubicadas las ONTs siguiendo el mismo proceso desde cada splitter de segundo nivel para brindar cobertura desde zona abierta a los abonados finales.

Topología

Para este diseño de red GPON teniendo muy en cuenta la conexión con el cliente final, existen muchas topologías, en este diseño se utiliza la siguiente topología:

- El nodo principal tendrá alimentación por gigas alimentado desde nodo Azteca comunicaciones.
- Una OLT (terminal de línea óptica) ubicada en el nodo.
- Splitters, 3 divisores ópticos para mejor organización de la red.
- La red troncal tendrá un total de 2.003,2 mts.
- Empalmes de distribución ubicados de acuerdo con el diseño de la red.
- Fibra de acceso Drop desde splitter de segundo nivel ubicado en área abierta hasta la ONT (terminal óptico).
- Tendido máximo de cable Drop deberá ser máximo de 300 mts.

Diseño de la red GPON

Se realiza digitalización de la información, la cual se encuentra disponible en los archivos anexos del proyecto. Como se observa en el archivo anexo 2 “RicoBarreto-EdissonFernando-Anexo2-2022”, se determina la nomenclatura de identificación para cada uno de los elementos necesarios en este diseño de red, como lo son la OLT, el tendido de fibra óptica, los empalmes de distribución y los splitter de primero y segundo nivel. Se realiza diseño de red teniendo en cuenta la ubicación de empalmes de distribución y la red troncal para brindar cobertura total de la red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca.

Factibilidad técnica y financiera del proyecto

Recursos

En consideración de la situación actual en cuanto al uso de servicios de telecomunicaciones y más específicamente el Internet, se indican valores referenciales de materiales a utilizar en una posible futura implementación de la red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca como se indica en la Tabla 3 se definen costos del proyecto en caso de ejecución.

Tabla 3.

Costo del proyecto

Recurso						
Ítems	Descripción	Tipo	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
1	Cable de fibra óptica 48H Adss span 160M	Material	Metros	1263,2	\$2.459,07	\$3.696.493,70
2	Cable de fibra óptica 24H Adss span 160M	Material	Metros	740	\$1.808,43	\$1.592.503,46
3	Fibra óptica Drop 1H	Material	Metros	1000	\$650,26	\$773.809,40
4	Empalme 48H	Material	Unidad	1	\$128.177,28	\$128.177,28
5	Splitter 1x8	Material	Unidad	3	\$28.560	\$101.959,20
6	Cto de 8 puertos	Material	Unidad	17	\$137.292	\$2.777.417,16
7	Cto de 16 puertos	Material	Unidad	3	\$432.116,57	\$1.542.656,15
8	Herraje de retención	Obra	Unidad	87	\$108.454	\$9.435.498
9	Herraje de suspensión	Obra	Unidad	13	\$54.554	\$709.202
10	Marquillas de cable	Material	Unidad	41	\$11.451	\$469.491
11	Diseño de red GPON	Obra	Metros	2003,2	\$865	\$1.732.768
12	Levantamiento de información en campo	Obra	Metros	2003,2	\$132	\$264.422,40
13	Tendido de fibra	Obra	Metros	2003,2	\$2.208	\$4.423.065,60
14	Rack ODF/OLT	Material	Unidad	1	\$2.575.747	\$2.575.747,51
15	KIT de Herramientas	Obra	Unidad	1	\$15.000.000	\$15.000.000
Total						\$45.223.210,86

Nota. Investigación directa, elaborado por Edison Fernando Rico Barreto

Recuperación de la Inversión planteada

De acuerdo con la recuperación de la inversión planteada para la red GPON propuesta en el municipio de Gama Cundinamarca, se logra establecer desde el análisis de la encuesta ya realizada a los propietarios que existe un gran porcentaje de aceptación por parte de los que serían clientes finales. Se establece que ante una posible instalación de la red en el municipio se cuenta con una aceptación del 56,9% con respecto a la disposición de cambiar al proveedor actual de servicios de telecomunicaciones, un alto porcentaje de inconformidad con el servicio actual y una aceptación del 100% con respecto a la necesidad de contar con una red cableada de fibra óptica en el municipio de Gama Cundinamarca para proveer el servicio de internet.

Se estima para un proyecto de implementación tener 164 (50%) de clientes captados en 6 meses, entonces con esta información se pueden determinar los valores previstos para el primer año de funcionamiento de la red propuesta, año que transcurre una vez pasen los seis meses estimados para captar clientes.

Teniendo como referencia un costo moderado se establece el valor de \$35.000, como se muestra en la Tabla 4 con el fin de determinar el valor anual pagado por los clientes con respecto al servicio de telecomunicaciones a prestar, también se establecen estrategias de acuerdo con la encuesta ya realizada a los propietarios, por ejemplo, si el cliente cuenta con tarjeta de crédito no realizaría pago de instalación de servicio y si tiene cuenta de ahorro solo debería pagar el 50% del valor de la instalación como se muestra en la Tabla 6 , es decir \$30.000, si el cliente realiza el pago directamente en un punto físico y en efectivo debería cancelar el valor total de instalación como se muestra en la Tabla 5 correspondiente a \$60.000, con el fin de promover el uso de aplicaciones móviles de pago. Se deberían establecer condiciones para acceder a las promociones, por ejemplo, una permanencia mínima del contrato de 15 meses; de no cumplirse la permanencia mínima debería realizarse reliquidación a valores regulares. Como se muestra en la Tabla 7 se obtienen los cálculos necesarios para obtener valores de recaudo en el primer año.

Tabla 4.

Valor para pagarse en un año

Valor para pagarse en un año por el usuario			
Meses	Valor del servicio	clientes	Total
12	\$35.000	164	\$68.880.000

Nota. Investigación directa, elaborado por Edisson Fernando Rico Barreto

Tabla 5.

Instalación por pago en efectivo

Valor de instalación pago en efectivo		
Clientes	Valor	Total
100	\$60.000	\$6.000.000

Nota. Investigación directa, elaborado por Edison Fernando Rico Barreto

Tabla 6.

Instalación por pago cuenta de ahorro

Valor de instalación por pago cuenta de ahorro		
Clientes	Valor	Total
64	\$30.000	\$1.920.000

Nota. Investigación directa, elaborado por Edison Fernando Rico Barreto

Tabla 7.

Valor de recaudo primer año

Valor de recaudo primer año	
Valor para pagarse en un año por el usuario	\$68.880.000
Valor de instalación pago en efectivo	\$6.000.000
Valor de instalación por pago cuenta de ahorro	\$1.920.000
Total	\$76.800.000

Nota. Investigación directa, elaborado por Edison Fernando Rico Barreto

Se planea realizar una inversión al proyecto de implementación de red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca, por un valor de \$45,223,208, el costo de operación de la red en un año de funcionamiento como se puede observar en la Tabla 8 es de \$45,000,000 y aumentara \$1,000,000 cada año, se estima funcionamiento mínimo de la red por dos años

Se espera que los ingresos anuales derivados de la operación de la red GPON sean de \$76,800,000 con crecimiento anual de \$2,000,000 considerando una tasa de interés del 5% anual.

Tabla 8.

Costo de operación

Operación de la red						
Ítems	Descripción	Tipo	Unidad	Cantidad	Valor mensual	Total, año
1	Alquiler de infraestructura	Operativo	Unidad	56	\$700.000	\$8.400.000
2	Recurso humano	Operativo	Unidad	1	\$1.200.000	\$14.400.000
3	Recurso humano	Administrativo	Unidad	1	\$1.000.000	\$12.000.000
4	Transporte	Operativo	Unidad	1	\$200.000	\$2.400.000
5	Servicios públicos	Administrativo	Unidad	3	\$200.000	\$2.400.000
6	Servicios generales	Material	Unidad	2	\$100.000	\$1.200.000
7	Papelería	Material	Unidad	1	\$50.000	\$600.000
8	Arriendo	Obra	Unidad	1	\$300.000	\$3.600.000
Total		Gasto mensual \$3.750.000			Gasto anual \$45.000.000	

Nota. Investigación directa, elaborado por Edisson Fernando Rico Barreto

Teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo se utilizará la ecuación (1) con el fin de establecer el valor presente del proyecto.

$$vp = \frac{vf}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Donde vp representa el valor presente, vf el valor futuro, i el interés y n el número de periodos.

Teniendo en cuenta la ecuación (2) se determina el valor presente para los ingresos estimados del proyecto en funcionamiento,

$$\begin{aligned} vp(\text{ingresos}) &= vp1 \left(\frac{76,800,000}{(1+0.05)^1} \right) + vp2 \left(\frac{78,800,000}{(1+0.05)^2} \right) \\ &= vp1(73,142,857) + vp2(71,473,923) \\ &= 144,616,780 \end{aligned} \quad (2)$$

Teniendo en cuenta la ecuación(3) se determina el valor presente para los egresos estimados del proyecto en funcionamiento,

$$\begin{aligned}
 vp(\text{egresos}) &= vp1 \left(\frac{45,000,000}{(1 + 0.05)^1} \right) + vp2 \left(\frac{46,000,000}{(1 + 0.05)^2} \right) \\
 &= 42,857,143 + 41,723,356 \\
 &= 84,580,499 + 45,223,208 \\
 &= 129,813,073
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Según la información expresa en la ecuación (4) podemos observar el valor presente neto (VPN) del proyecto con un estimado de dos años de funcionamiento y con una tasa de interés del 5% anual, en donde podemos observar de buena manera la viabilidad del proyecto ya que arroja un resultado positivo indicando que en los tiempos, ingresos y gastos estimados se ha realizado la recuperación de la inversión.

$$\begin{aligned}
 VPN &= vp(\text{ingresos}) + vp(\text{egresos}) = 144,616,780 + 129,803,707 \\
 &= 14,813,073
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Como se puede observar en la Tabla 9 , se realizan los respectivos cálculos teniendo en cuenta los valores presentes del proyecto y se realiza un estimado del tiempo para recuperación de la inversión.

Tabla 9.

Recuperación de la inversión

Recuperación de la inversión (valor presente)	
Ganancia mensual = (Total Año en valor presente /12)	\$6.095.238
Ganancia real = Ganancia mensual – Gastos mensuales	\$2.523.809
Recuperación = Ganancia real*18	\$45.428.562

Nota. Investigación directa, elaborado por Edison Fernando Rico Barreto

Conclusiones

Del estudio realizado para una futura instalación de una red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca se obtienen las siguientes conclusiones del trabajo:

- Teniendo en cuenta las características, la tecnología GPON es superior a otras tecnologías empleadas en el municipio de Gama Cundinamarca, ya que maneja servicios de alta transmisión de datos, con opciones futuras de brindar video. Y una oferta de mejores precios para servicio de calidad alta.
- La instalación de esta red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca permitirá satisfacer necesidades de los usuarios en cuanto al uso de aplicaciones que requieren mayor ancho de banda.
- El diseño propuesto tiene características pasivas, ya que en todo el proyecto se utilizan equipos pasivos, salvo los puntos terminales de la red donde se ubican la OLT y las ONTs.
- Técnicamente es factible el diseño para una futura implementación de la red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca ya que existe el medio físico necesario para la instalación del cableado y se cuenta con el lugar para implementar el nodo central.
- La red GPON propuesta ofrece cobertura total para todo el municipio siendo atendido inicialmente al 50% con respecto al número de abonados y previendo expansión necesaria de la red.
- Se realiza diseño técnico de red para solventar las necesidades de los habitantes del municipio de Gama Cundinamarca.
- Según el estudio económico realizado, la recuperación de la inversión se realizará a los 18 meses de operación de la red contando con 164 (50%) usuarios activos.

Recomendaciones

Para terminar el trabajo realizado se realizan las siguientes recomendaciones:

- Explorar siempre los beneficios que nos brinda la tecnología GPON, ya que al tener un mayor ancho de banda se puede hacer mayor uso de aplicaciones con excelente calidad.
- Al momento de implementación de la red y pensando en la recuperación de la inversión, es de suma importancia garantizar el número de usuarios, calidad y disponibilidad de la red, por lo que se recomienda el mantenimiento constante de la misma.

Referencias

- Abreu, M. (01 de 10 de 2019). *revistas facultad de ingeniería de la universidad de Montevideo*.
Obtenido de <http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/270>
- ANDRES, A. M. (2015). ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON DE TELCONET EN LA COMUNIDAD DE JUAN GOMEZ RENDON . PROGRESO, JUAN GOMEZ RENDON , ECUADOR .
- Andres, B. (7 de 7 de 2012). *Archivo digital UPM*. Obtenido de <http://oa.upm.es/21757/>
- Ávila, N. C. (2014). *repository.usta.edu*. Obtenido de <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/770/estudio%20para%20la%20implementacion%20de%20servicios%20corporativos%20sobre%20fibra%20optica%20en%20red%20gpon%20para%20claro%20colombia%20soluciones%20fijas.pdf?sequence=1>
- Cabezas Piedad, C. J. (07 de 2020). *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7539713>
- CAMPO, L. R.-O. (2017). *POLITECNICO GRANCOLOMBIANO*. Obtenido de POLITECNICO GRANCOLOMBIANO:
<https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/929/Documento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- comité CTN 133-TELECOMUNICACIONES . (31 de 01 de 2002). *UNE NORMALIZACION ESPAÑOLA* . Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/comites-tecnicos-de-normalizacion/comite/?c=CTN%20133>
- CORTES, A. (15 de 03 de 2017). *Universidad Tecnológica de Panamá*. Obtenido de portal de revistas : <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1259>
- Cundinamarca, A. M. (13 de 09 de 2018). *Alcaldía Municipal de Gama en Cundinamarca*. Obtenido de nuestro municipio : <http://www.gama-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Española), U. (. (31 de 01 de 2002). *UNE Normalización Española*. Obtenido de <https://www.une.org/>
- Hernandez, C. (26 de 11 de 2011). *revistas u distrital*. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/REDES/article/view/7186>
- ISO. (15 de 03 de 2021). *ISO.ORG*. Obtenido de <https://www.iso.org/home.html>

- López, P. L. (08 de 2004). *Scielo*. Obtenido de punto cero:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=s1815-02762004000100012&script=sci_arttext
- Mario A. Melo López, A. T. (01 de 04 de 2019). *perspectiv@s*. Obtenido de revistar uigv edu:
<http://revistas.uigv.edu.pe/index.php/perspectiva/article/view/604>
- Morales, F. (19 de 09 de 2012). *conozca tres tipos de investigacion: descriptiva, exploratoria y explicativa*. Obtenido de <http://www.creadess.org/index.php/Informato/De-Interes/Temas-De-Interes/17300-Conozca-3-Tipos-De-Investigacion-Descriptiva-Exploratoria-Y-Explicativa>
- Osinski., I. C. (31 de 12 de 1998). *Psicothema*. Obtenido de
<https://reunido.uniovi.es/index.php/PST/article/view/7489>
- Pérez Guevara, S. M. (06 de 2016). *Repositorio Institucional* . Obtenido de Universidad Francisco Jose de Caldas: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2881>
- Rio, E. d. (4 de julio de 2014). *Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga*. Obtenido de <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/2014/07/04/analisis-de-los-equipos-utilizados-en-una-instalacion-ftth-de-movistar/>
- Rodríguez, M. L. (07 de 03 de 2012). *Introduccion General a la Metodología de la Investigacion*. Obtenido de <https://metodologiasdelainvestigacion.wordpress.com/2012/03/07/Introduccion-General-A-La-Metodologia-De-La-Investigacion/>
- STANDARDS, E. (21 de 02 de 2021). *EIA STANDARDS* . Obtenido de <https://standards.ec-central.org/home>
- Ucha, F. (12 de 2008). *Definicion ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/Comunicacion/Encuesta.Php>
- UIT. (11 de 02 de 2021). *Union Internacional de Telecomunicaciones* . Obtenido de UIT Publicaciones : <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>
- UIT-R. (2003). *Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicaciones Tierra-espacio*. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.618-8-200304-S!!PDF-S.pdf
- Uniagustiniana. (22 de Septiembre de 2020). *Uniagustinaina*. Obtenido de <https://twitter.com/uniagustoficial>

Anexo 1

Listado de preguntas observadas en la Figura 15 y la Figura 16 las cuales se ejecutaron mediante formato de encuesta Google a los propietarios del municipio de Gama Cundinamarca.

Encuesta factibilidad de la implementación de una red GPON en el municipio de Gama Cundinamarca con el fin de proveer el servicio de internet.

1. ¿Cuál de los siguientes servicios de comunicación tiene actualmente en su hogar?
 - Telefonía fija
 - Telefonía fija y televisión
 - Internet
 - Telefonía fija, televisión e internet
 - Televisión
 - Telefonía Fija e Internet
 - Televisión e Internet
 - Ninguno de los anteriores

2. ¿Está satisfecho con los proveedores que brindan los servicios de comunicaciones mencionados anteriormente?
 - Totalmente de acuerdo
 - En desacuerdo
 - De acuerdo
 - Totalmente en desacuerdo
 - No sabe

3. ¿Cuál es su proveedor de servicios mencionados anteriormente?
 - Claro
 - A&S soluciones S.A
 - Movistar
 - Otro ¿Cuál?
 - Tv azteca

4. ¿Cuál es el principal problema de su servicio de telecomunicaciones?
 - Intermittencia en horarios pico
 - Se cae el servicio en repetidas ocasiones
 - Ancho de banda menor al contratado
 - Ningún inconveniente
 - Se cae el servicio cuando hay presencia de lluvias y vientos fuertes

5. Teniendo en cuenta las grandes ventajas que ofrece la fibra óptica, entre las cuales se puede destacar una mayor seguridad de los datos, mayor velocidad de transmisión, mejor calidad de la información y evitar interferencias de señal. ¿Estaría dispuesto a contratar un proveedor que le ofrezca conexión cableada por fibra óptica hasta el hogar por un valor más elevado al servicio que usted ya posee?
 - Totalmente de acuerdo
 - En desacuerdo
 - De acuerdo
 - Totalmente en desacuerdo
 - Indeciso

Figura 15. Formato de encuesta Hoja 1. Autoría propia

6. En comparación con la tecnología de radio enlace, ¿cree que la tecnología GPON permite al usuario un mejor servicio y acceso a mayor ancho de banda?
 - Totalmente de acuerdo
 - En desacuerdo
 - De acuerdo
 - Totalmente en desacuerdo
 - No sabe

7. ¿Cree que la instalación de una red cableada de fibra óptica en el municipio de Gama generaría un gran avance tecnológico y económico para la comunidad en general?
 - Totalmente de acuerdo
 - En desacuerdo
 - De acuerdo
 - Totalmente en desacuerdo
 - Indeciso

8. ¿Como ejecuta el pago de sus servicios de telecomunicaciones?
 - Bancos
 - Corresponsales bancarios
 - Puntos físicos de recaudo
 - Requiere pagar en otro municipio / ciudad
 - Aplicaciones de recaudo móviles

Figura 16. Formato de encuesta Hoja 2. Autoría propia

Anexo 2

Plano correspondiente al diseño final de red observado en la Figura 17 en el cual se pueden detallar cada una de las convenciones y la continuidad de la red Gpon propuesta en el municipio de Gama Cundinamarca con el fin de proveer servicio de internet.

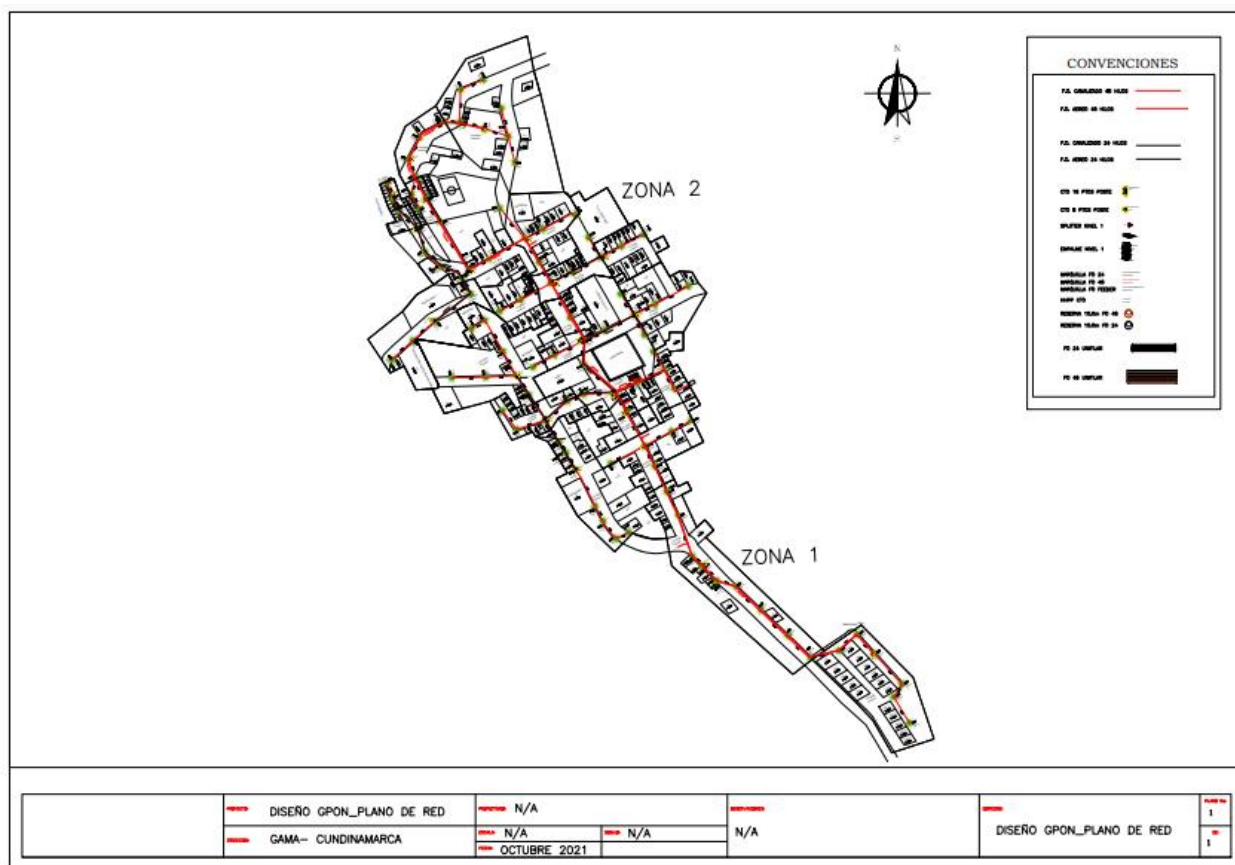


Figura 17. Diseño de red. Autoría propia