



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN REDES
DE COMUNICACIONES**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÁSTER EN
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN REDES DE
COMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UNA RED GPON EN EL BARRIO CARMEN BAJO DE LA
PARROQUIA DE LLANO CHICO**

AUTOR: JERSSON FABRICIO BARRIGA CARVAJAL

TUTOR: GERMÁN VICENTE ARÉVALO BERMEO, PHD.

QUITO, 2023

DEDICATORIA

Dedico este triunfo una vez más a mis padres, Walter y Jhulisa que son el motor de la casa y la razón más grande para seguir creciendo profesionalmente. Su apoyo, amor y valores que han sabido compartir a mi persona, guiándome a ser mejor persona día a día.

A mi abuelito Octavio, mis hermanos Dilan y Jhoma que han sabido estar en los problemas pequeños, alentándome para seguir adelante y nunca darme por vencido. Este triunfo es para toda mi familia y colegas que de una u otra manera me han ayudado a conseguir esta meta que es importante para mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial a Dios por permitirme estar con salud y poder gozar de mis propios triunfos, y me ha sabido guiar con un camino mejor y a derramado bendiciones para que todo se haga posible. De igual manera el agradecimiento a toda mi familia, en especial a mi padres que me han aportado con un granito de arena en todo lo que se ha establecido, los quiero por siempre y gracias su apoyo diario.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Capítulo I	11
Definición del Proyecto.....	11
Introducción.....	11
Justificación	12
Planteamiento del problema.....	13
Objetivos	14
<i>Objetivo General</i>	14
<i>Objetivos Específicos</i>	14
Capítulo II	15
Marco referencial o antecedentes.....	15
Marco teórico	19
Fibra óptica.....	19
<i>Tipos de fibras ópticas</i>	21
<i>Cables de fibra óptica</i>	22
Elementos de las redes GPON	27
<i>OLT (Optical Line Termination)</i>	27
<i>ODN (Red de distribución óptica)</i>	27
<i>ONU (Terminal de nodo óptico)</i>	29
Capítulo III	30
Estado actual de cobertura de Barrio Carmen Bajo en la parroquia de Llano Chico	30
Área de estudio.....	30
<i>Superficie</i>	30
<i>Servicios básicos</i>	31
<i>Infraestructura de Salud</i>	32

<i>Inventario del Sistema Educativo</i>	32
Análisis de Barrio Carmen Bajo	33
Proveedores de servicio de Internet en la parroquia de Llano Chico	34
<i>Proveedor Celerity</i>	34
<i>Proveedor Netlife</i>	35
Capítulo IV.....	37
Diseño y propuesta de red GPON	37
Diseño físico de la red.....	37
Presupuesto óptico de la red.....	43
Análisis de presupuesto económico	47
<i>Selección de equipos para el despliegue de red</i>	48
Capítulo V	54
SIMULACIÓN DE LA RED GPON	54
Red feeder.....	54
Red de distribución (ODN)	56
Red acometida	57
Análisis de simulación para el caso más crítico	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Parte interna del cable de fibra óptica.....	19
<i>Figura 2</i> Fibra multimodo	21
<i>Figura 3</i> Fibra monomodo.....	21
<i>Figura 4</i> Cable óptico zipcord.....	23
<i>Figura 5</i> Cable dúplex redondo.....	23
<i>Figura 6</i> Cable tipo cinta	23
<i>Figura 7</i> Cable aéreo	24
<i>Figura 8</i> Cable blindado.....	24
<i>Figura 9</i> Cable para enterramiento directo.....	25
<i>Figura 10</i> Cable ADSS.....	25
<i>Figura 11</i> Cable OPGW	26
<i>Figura 12</i> Estructura GPON.....	27
<i>Figura 13</i> Red de distribución	28
<i>Figura 14</i> Cobertura de la parroquia de Llano Chico	30
<i>Figura 15</i> Cobertura aérea del barrio Carmen Bajo	34
<i>Figura 16</i> Cobertura de internet de proveedor Celerity.....	35
<i>Figura 17</i> Cobertura de internet de proveedor Netlife	35
<i>Figura 18</i> Calles y visión aérea de implementación de red GPON	36
<i>Figura 19</i> Diagrama de acceso a internet para OLT	37
<i>Figura 20</i> Equipo OLT para implementación.....	38
<i>Figura 21</i> ODF planta interna.....	38
<i>Figura 22</i> ODF planta externa.....	39
<i>Figura 23</i> Red feede	39
<i>Figura 24</i> Manga de concentración de elementos	40
<i>Figura 25</i> Red de distribución	41
<i>Figura 26</i> Red de dispersión.....	41
<i>Figura 27</i> Diseño físico de la red.....	42
<i>Figura 28</i> Mapa geográfico de la red GPON.....	43

<i>Figura 29 Red feeder en Optisystem</i>	<i>54</i>
<i>Figura 30 Configuración de la señal.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 31 Parámetros de potencia de transmisión OLT.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 32 Red de distribución (ONDN)</i>	<i>56</i>
<i>Figura 33 Configuración de pérdidas en splitter.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 34 Red acometida.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 35 Atenuador óptico.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 36 Diagrama de enlace óptico</i>	<i>58</i>
<i>Figura 37 Potencia recibida para el usuario más alejado.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 38 Diagrama de ojo en sentido downstream.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 39 Atenuador óptico de 5 dB.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 40 Diagrama de ojo para atenuador 5 dB</i>	<i>60</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	22
Tabla 2	31
Tabla 3	32
Tabla 4	44
Tabla 5	44
Tabla 6	45
Tabla 7	46
Tabla 8	46
Tabla 9	47
Tabla 10	48
Tabla 11	48
Tabla 12	49
Tabla 13	49
Tabla 14	50
Tabla 15	51
Tabla 16	52

Resumen

Hoy en día, los usuarios requieren de servicios y aplicaciones que ayuden a resolver distintas operaciones que se presentan en la vida cotidiana, como es el caso de videoconferencias, transacciones bancarias, etc. El internet en los últimos años ha tenido un crecimiento muy rápido, por lo que los abonados que se conectan a la red han aumentado exponencialmente, exigiendo a las redes la obligación de brindar mayor ancho de banda y velocidad de transmisión de datos con mayor cantidad de usuarios. Los servicios que ofrecen las distintas operadoras, pueden verse escasos por el alcance que se tiene, lo que llega a tener problemas, como es la velocidad de conexión muy lenta, interferencias, entre otros. Pero el uso de sistemas de fibra óptica ha permitido actualmente a los usuarios obtener mejor rendimiento en las redes, siendo inmune a la interferencia y a su vez proporcionando seguridad a los equipos del proveedor y cliente. La presente investigación tiene como base el diseño de una red GPON que permita dar conectividad a sectores donde no se tiene acceso a internet y de esta manera plantear los diferentes modelos, características, componentes que se debe considerar para un despliegue de red óptica eficaz.

Abstract

Today, users require services and applications that help solve different operations that occur in everyday life, such as videoconferences, bank transactions, etc. The internet in recent years has grown very fast, so the subscribers who connect to the network have increased exponentially, requiring the networks to provide greater bandwidth and data transmission speed with a greater amount of data. users. The services offered by the different operators may be scarce due to the range that they have, which can lead to problems, such as very slow connection speed, interference, among others. But the use of fiber optic systems has currently allowed users to obtain better network performance, being immune to interference and, in turn, providing security to supplier and customer equipment. The present investigation is based on the design of a GPON network that allows connectivity to sectors where there is no internet access and, in this way, propose the different models, characteristics, components that must be considered for an effective optical network deployment.

Capítulo I

Definición del Proyecto

Introducción

La tecnología no se ha detenido un solo momento y es la razón por la que hoy en día se tiene grandes ventajas en la vida cotidiana. Se ha tenido una evolución rápida que ha permitido tener conexiones a largas distancias y sobre todo en la época de COVID 2019 millones de personas fueron partícipes de esta tendencia que permitió a las empresas a realizar teletrabajo y estudiar en modalidad virtual, reduciendo de esta manera el tráfico vehicular, costos diarios, entre otras cosas. Las telecomunicaciones hoy en día es el auge para las personas, ya que en esta está incluida las videoconferencias entre los trabajadores permitiendo tener un trabajo más eficaz y en menor tiempo (Cruz, 2020)

No obstante, las escuelas, colegios y Universidades se han sabido acoplar a esta modalidad virtual, donde en un principio no era muy acogedor por las páginas que no eran interactivas para todos, es por eso que se ha recurrido a todas las plataformas académicas teniendo acogida por las instituciones y como resultado el aprendizaje en un nivel alto al igual que estar en clases presenciales. Se debe tener en cuenta que sectores muy alejados de la ciudad no disponían de esta herramienta que es el internet, debido a un costo muy elevado y por el despliegue que no tenía una cobertura muy extensa lo que no permitió a estos sectores ser partícipes de la era digital y como consecuencias fue que muchos de los niños dejaron de estudiar aproximadamente dos años (García & Romero, 2021)

A partir de las consecuencias que se tuvo por no disponer de la herramienta más importante en estos días que es el internet, los proveedores se vieron por optar a reducir los costos de los planes para que sean más accesibles por las personas que son de bajos recursos y sobre todo ampliar su cobertura pese a la complejidad de la infraestructura que se tenga. Cabe recalcar que los ISP contaban en un

principio con tecnología de cobre, pero con los avances y las necesidades de todas las personas han optado por el cambio a fibra óptica que permitirá un mejor ancho de banda y una mejor satisfacción del usuario final.

El internet por cable de cobre tiene limitaciones como es el caso de la distancia, calidad de servicio y sobre todo por un ancho de banda reducido que no permite tener una buena interacción con las distintas aplicaciones. Las velocidades que se tenía con esta tecnología nombrada no eran mayores de 20 Mbps, y esta es la razón que se ha optado cambiar a la tecnología GPON. Las redes ópticas en un principio no se creía que tenga una buena acogida en los sectores y menos que ayuden a mejorar el rendimiento de la conectividad. Pero al principio del año 2010 y con el tiempo estas redes han tomado el primer lugar en el Ecuador y esto se debe a las velocidades grandes que ofrecen permitiendo tener servicios de buena calidad y el acceso a otras herramientas que son útiles en la vida diaria de los seres humanos (Remache, 2016).

En el presente documento se llevará a cabo el diseño de una red GPON en el barrio Carmen Bajo de la parroquia de Llano Chico, donde se llevará a cabo un análisis de proveedores de internet que estén accesibles para el sector que es muy alejado de Quito. Se tendrá en cuenta todos los parámetros técnicos y económicos para la infraestructura con el fin de ofrecer servicios de calidad de acceso a internet y a su vez cumplir con la normativa de calidad, recomendaciones y características de la ARCOTEL. Se establecerá una comparación de todos los equipos que tienen actualmente en el mercado, dispositivos y medios de transmisión que conforman las redes ópticas establecidas y a su vez el presupuesto óptico.

Justificación

La tecnología actualmente toma un valor muy importante en la sociedad, permitiendo la conectividad en todos los continentes y cambiando el paradigma de las comunicaciones. Cada vez se requiere tener un mejor ancho de banda, mejor calidad,

más almacenamiento y sobre todo que no se tenga interrupciones cuando está en su funcionamiento. Se tiene ciertas limitaciones por parte de los servicios que ofrecen los proveedores, como la calidad de los enlaces, los alcances que se tiene en la red, y esto es una gran molestia para las personas, ya que se llega a tener una conectividad muy lenta, no muy robusta y en otras ocasiones no se tiene la cobertura necesaria.

Actualmente, todas las personas se encuentran en la era digital, la misma que exige grandes características y debe estar compuesta por tecnologías que estén acorde a su complejidad y nivel de servicio. Por ende, todos los sectores rurales deben recurrir a los servicios de internet de calidad, y esto se obtiene eligiendo las redes ópticas como la tecnología para ser desplegada en sus viviendas, ya que permitirá tener características muy buenas, trabajar y navegar con seguridad y con el potencial que años atrás eran muy difíciles de brindar. Las redes pasivas son implementadas a nivel mundial por los beneficios que ofrece, los cuales se han mencionado anteriormente y por el costo reducido que se tiene.

Planteamiento del problema

La tecnología GPON en el Ecuador está siendo implementada con fuerza, esto se debe a que comparte servicios de gran calidad al usuario, como es el caso de triple play y actualmente es el medio más sofisticado por todas las características y beneficios que comparte. Los usuarios requieren transmisión de gran velocidad de una forma segura, es por ello que la fibra óptica permite obtener muchos potenciales que 10 años atrás eran difíciles de brindar (Aldaz, 2016). La fibra óptica se ha convertido en uno de los términos más empleados al momento de realizar una conexión de red en Ecuador, es así como la FTTH ha superado a la tecnología xDSL.

Muchas de las familias que habitan en el sector Llano Chico del Distrito Metropolitano de Quito no disponen de cobertura de internet y eso se ve afectada el usuario porque no tienen los recursos necesarios para el acceso a la educación, salud y a información de primera que se encuentra en el internet. La pandemia covid-19 ha exigido que se haga uso de recursos tecnológicos por la razón que la comunidad debe

acoplarse a esta nueva modalidad, pero en el sector no se tiene redes de cobre ni fibra óptica, por lo que se diseña como base la tecnología GPON con el objetivo de la disponibilidad de los servicios de internet.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una red GPON para proveer de internet en el barrio Carmen Bajo de la parroquia de Llano Chico.

Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de proveedores de internet para el Barrio Carmen Bajo.
- Definir los parámetros técnicos de infraestructura para ofrecer servicios de acceso a internet cumpliendo con la normativa de calidad y especificaciones regulatorias de la ARCOTEL.
- Diseñar la infraestructura realizando un comparativo de los equipos que se ofrecen en el mercado, medios de transmisión y dispositivos que conforman la red óptica establecida. Realizado un presupuesto óptico.
- Definir un simulador y en función de los resultados garantizar que el diseño de la red GPON pueda ser implementado en el futuro en el barrio Carmen Bajo.

Capítulo II

Marco referencial o antecedentes

Se establece un diseño de una red GPON para los edificios de la ciudad de Guayaquil con velocidades eficientes que ofrezcan servicios de telefonía, internet y televisión por una misma red teniendo como objetivo desde el servidor principal compartir servicio de internet a todos los usuarios que se encuentran en los planos, y analizando todas las rutas posibles para el despliegue de fibra para disminuir costos en la implementación del enlace (Guamán, 2015). Se ha tenido como base esta propuesta de mejoras en el diseño de redes ópticas para replicar a diferentes edificaciones que componen el territorio.

(Moreno, 2008), analiza y evalúa la propuesta técnica económica de una red PON y GPON, haciendo uso de componentes sólidos como es el caso de OLT y ONT, equipos que son de importancia para el funcionamiento del internet en casa. Se tiene en cuenta el problema de soporte técnico que debe ser en el domicilio del cliente ya que la visita cobra un valor muy elevado y no beneficia para los mismo que hacen uso de los servicios. De esta forma se establecen ciertas propuestas de mejoras como es la implementación del protocolo OMCI cual permitirá una configuración remota de los equipos ONU.

Para brindar mejores servicios de internet a los clientes los proveedores de servicios de internet (ISP) en los últimos años han establecido cambiar toda la red de cobre por la tecnología óptica, de esta forma en (Pérez, 2012) se realiza un análisis de implementación de tecnología GPON teniendo como origen el centro de datos o central telefónica hasta el cliente final, reemplazando toda la parte de red de cables coaxiales por fibra de vidrio, reduciendo costos en mano de obra y equipos por usar. Así mismo se analiza los resultados que se tendrá en el sector si se emplea estas mejoras.

En la obra de (Vega, 2016), se presenta un análisis del proceso de implementación de internet por fibra óptica en el sector de Guayaquil, a su vez buscando alternativas para mejorar toda la cobertura de acceso de internet. Presenta aportes muy eficientes en una implementación de red de fibra óptica, considerando equipos de última generación que permitan un desempeño adecuado en las familias con un costo que esté acorde al presupuesto de los proveedores de internet y ayude a obtener mejores planes para la civilización.

(Carrión & Cevallos, 2011) presentan un diseño y el estudio del tendido de fibra óptica para el operador CNT que actualmente está migrando de redes de cobre a fibra óptica. Se establece un análisis que permite conocer las mejores rutas que pueda tomar la infraestructura con el fin de brindar acceso a internet durante todo el trayendo de Cuenca a Pasaje. Los servicios que se ofrecen mediante este medio de transmisión es el video, la voz y los datos. Se hace uso de las redes óptica por ser el soporte físico con más características de primera clase, las mismas que permiten compartir las comunicaciones de una mejor manera y por la distancia que tendrá el enlace para brindar acceso a todas las familias de todos los sectores.

La fibra óptica ha permitido llegar a lugares con difícil acceso, con infraestructura establecida, inmune a las interferencias y excelente calidad de servicios. Actualmente el internet ha cambiado y lo seguirá haciendo durante muchos años más permitiendo una mejor economía, comercio y con tecnología de primera punta. Teniendo en cuenta las ventajas que ofrece la implementación de redes ópticas, en (Villagómez, 2014) se analiza la estructura de las redes ópticas a lo largo de la ciudad de Lima, donde establece los valores económicos para la construcción del enlace de fibra óptica por el sector del Perú cambiando por las redes de cobre que no ofrecen un buen ancho de banda y menos velocidad accesible. Se tiene poca oferta de conexión a internet por parte de todos los proveedores en el sector, por lo que busca solventar la problemática de los factores económicos y la falta de conectividad que se tiene en los sectores especificados

anteriormente proponiendo un tipo de enlace punto a punto y con tecnología WDM con el fin de añadir las conexiones con los demás puntos de la red troncal de todos los proveedores de servicios de internet que están localizados en el país de Perú.

La tecnología GPON ha tomado posicionamiento en el mercado en el mundo de las Telecomunicaciones, razón por la que hospitales, oficinas, ciudades, universidades, entre otras han optado por hacer uso de las redes ópticas. La Universidad Estatal Península de Santa Elena, no ha tomado en consideración una buena comunicación de datos entre todas las facultades que se encuentran en el campus. De esta manera (Ponce & Stalin, 2015) implementan un enlace entre las facultades de tecnologías de la información, con el fin de brindar el tráfico de video, datos y voz con velocidades similares a un gigabit por segundo. Lo que se pretende con este enlace de fibra óptica es la comunicación más ligera entre los profesores y alumnos. De esta manera se podrá gozar de acceso a internet, teniendo como ventaja el aumento de información que se encuentra en la nube y podrá ser accedida por los estudiantes que estén en las facultades mencionadas. El ancho de banda que ofrecerá esta nueva red permitirá que las prácticas de laboratorio tengan más acogida y las simulaciones sean mejores evaluadas por la estructura de red eficaz que se tiene.

Ciertas tecnologías como es el caso de ADSL se han visto afectadas por la tecnología GPON. Esto se puede evidenciar con los proveedores de Internet en los planes que ofrecen ya que la demanda de la fibra óptica se ha elevado a diferencia de las redes de cobre que ya no tienen acogida por los usuarios por el mal servicio que ofrecen estas. Cabe recalcar que en el Ecuador muchas de las zonas situadas en las provincias no cuentan con redes ópticas debido a que los ISP no se posicionan en el sector por la poca acogida que se prevé que se tendrá después de ser implementada. De esta manera en (Montenegro, 2021) se realiza el estudio de factibilidad para la implementación de la tecnología GPON para la parroquia Sinaí ubicada en Morona Santiago. El sector no es de extensa cobertura por lo que no

supera los 100 clientes, por lo que se establece la propuesta de realizar en el gobierno parroquial el mismo que apoye a esta iniciativa que ayudará en el presente y en un futuro a las generaciones de jóvenes en su educación. Los equipos que se hacen uso son de gama media los mismos que estará colocados en la junta parroquial como es el caso de la OLT y desde allí hacer el despliegue a los diferentes sitios del lugar.

La caída de internet e interferencias han sido los problemas más frecuentes que se ha tenido cuando se está haciendo uso de las comunicaciones. Variedad de personas tienen ha sufrido de la lentitud de servicio y sobre todo por limitado ancho de banda que se ha ofrecido. Todas estas desventajas se tienen actualmente pese a que la tecnología ha dado un salto muy grande en la parte del despliegue de redes. Con el fin de solventar los problemas de conectividad lentos, en la obra de (Chambergo, 2021) se establece un sistema de red de fibra hasta el hogar con tecnología GPON, donde se ha tomado en cuenta todos los requerimientos de los usuarios, se ha realizado un diseño físico de la red y se propone la optimización de los recursos en la red. Todo esto se realiza con el fin de mejorar la calidad de servicio que se ofrece a los usuarios.

Marco teórico

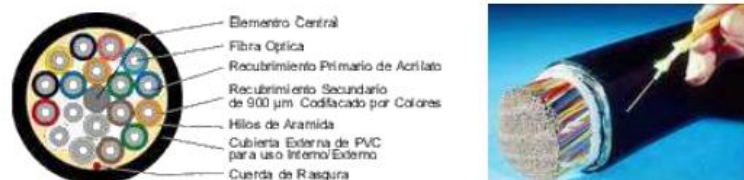
Fibra óptica

La fibra óptica es el medio más utilizado actualmente, donde muchos de los países hacen uso de este sistema de comunicaciones debido a la gran velocidad que ofrece para realizar actividades con los diferentes servicios. Pero para entender sobre la tecnología GPON se debe tener claro que las redes ópticas son realizadas a partir de la fibra óptica, la misma que se diseña a partir de filamentos de vidrio y su grosor se puede hacer semejanza con la de un cabello del ser humano. El núcleo que se tiene es de diferente grosor, y a partir de esto se pueden transportar datos a diferentes tamaños en forma de luz atravesando de extremo a extremo sin importar las barreras que se presenten en su camino (Rodríguez, 2009).

La creación del núcleo que conformara fibra a partir de elementos químicos los mismos que eliminan residuos, y se encuentran a temperaturas muy altas de 2000 grados centígrados donde después de ciertos procesos se llega a obtener un diámetro de 125 micras a comparación de inicio de toda esta creación que se tienen un tubo muy grueso. De esta manera se permite compartir información de forma rápida ya que se tienen en cuenta que a través del vidrio la luz viaja, siendo inmune a interferencias a comparación de los cables de cobre (Llangari, 2015).

Figura 1

Parte interna del cable de fibra óptica



Nota. La figura indica los elementos dentro de una fibra óptica. Tomado de (Llangari, 2015)

Las fibras ópticas ofrecen algunas ventajas significativas sobre los cables convencionales de cobre y estas son:

- Ligeras y de tamaño reducido
- Capaces de soportar grandes anchos de banda a altas velocidades de transmisión de datos
- Están libres de interferencia electromagnética
- Tienen un reducido ruido y cruce de datos comparadas con los cables de cobre
- Alta fiabilidad junto con una larga vida operativa
- Tienen aislamiento eléctrico
- Libres de conexión a tierra

Pese a todas las ventajas que ofrece la fibra óptica, se tiene muchas desventajas que se debe considerar, dentro de estas cabe mencionar que al hacer muy sencillas o muy ligeras con el tiempo pueden sufrir daños si esta no es cuidada adecuadamente. Cuando se realice un enlace de fibra óptica si por error propio se llega a no calcular adecuadamente la distancia del cable, los empalmes durante y después de reparaciones son más complicados. Al tener mejor capacidad de transporte de los datos los elementos que transmiten y reciben la información son más costosos pero duraderos. Se debe tener en cuenta que los equipos para las pruebas antes de su uso deben ser muy especializados por la razón que el costo es muy elevado. Todos los conectores a considerar en el despliegue de red deben ser utilizados con la mayor sutileza debido a que son más delicados y se requiere de un mayor nivel de capacitación y conocimiento (Boquera, 2005).

Refracción: es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un material a otro, y esta se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si estos índices de refracción distintos (Osorio, 2016).

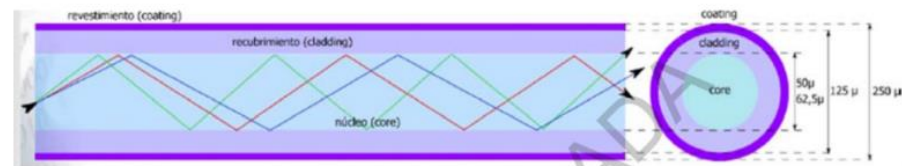
Reflexión: Es el cambio de dirección que experimenta un rayo de luz cuando incide sobre la superficie de separación entre dos medios de diferente índice de refracción regresando al medio inicial (Osorio, 2016).

Tipos de fibras ópticas

La fibra multimodo, al tener un mayor diámetro de su núcleo permite que varios modos se propaguen a través de toda la fibra óptica. En estas fibras se usan con mayor frecuencia el conector suscriptor SC y están destinadas a aplicaciones de distancias cortas, no mayores a 2 km. Se pueden identificar las fibras multimodo por el tamaño físico del núcleo y el vidrio (Grosz, 2013).

Figura 2

Fibra Multimodo

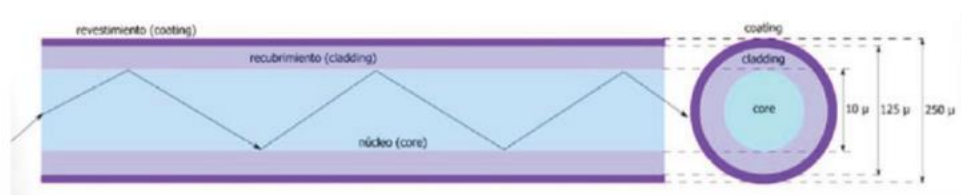


Nota. La figura indica la fibra multimodo. Tomado de (Grosz, 2013)

La fibra monomodo, tiene un núcleo menor al del multimodo y no existen interferencias al tener diferentes longitudes de onda lo que no distorsionaría los datos a distancias que son largas. Están definidas para aplicaciones de distancias más largas cubriendo 40 km o más sin tener atenuaciones de la señal. Esta fibra ofrece mayor velocidad a comparación del multimodo (Grosz, 2013).

Figura 3

Fibra monomodo



Nota. La figura indica la fibra monomodo. Tomado de (Grosz, 2013)

A continuación, se muestra ciertas características de los dos tipos de fibra óptica que actualmente son usadas según su requerimiento:

Tabla 1

Características de cables de fibra óptica

Tamaño de fibra	Apertura numérica	atenuación	Ancho de banda
100/140	0.3	5 dB/km	20 MHz*km
62.5/125	0.27	0.7 dB/km	500-1200 MHz*km
50/125	0.21	0.5 dB/km	500-1500 MHz*km
9/125	0.1	0.35 dB/km – 0.25 dB/km	125 GHz*km*nm 25 GHz*km*nm

Nota. La figura las características de fibras monomodo y multimodo. Tomado de (Laferriere, 2017).

Las redes ópticas ofrecen velocidades mayores a las de cobre, esta tecnología es usada especialmente cuando la tecnología xDSL no es suficiente, ya que se pueden presentar los requerimientos de servicios de internet en lugares muy alejados y por su arquitectura esta última no permite la conectividad. Se tiene algunas ventajas muy significativas como es el caso de poder soportar grandes anchos de banda a altas velocidades, son inmunes a las interferencias electromagnéticas por la razón que se tiene un ruido muy reducido con atenuaciones bajas (Laferriere, 2017).

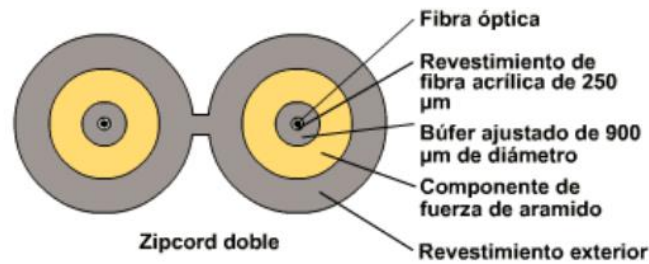
Cables de fibra óptica

Cables para interiores

Cable óptico zipcord, se usa a menudo para equipos de comunicaciones que se encuentran en interiores, dentro de esto se recalca los instrumentos. La composición es por dos hilos que disponen de una chaqueta diferente e independiente y es un cable dúplex (Laferriere, 2007).

Figura 4

Cable óptico zipcord

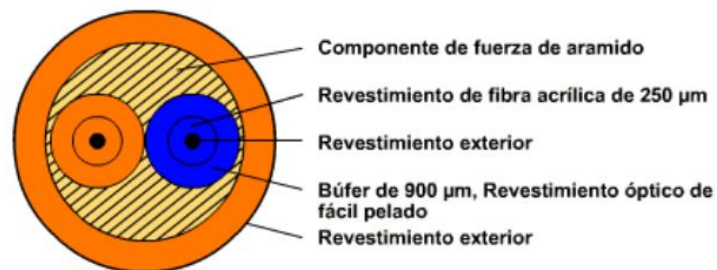


Nota. La figura indica la forma que compone el cable óptico zipcord. Tomado de (Laferriere, 2007).

Cable dúplex redondo, permite tener comunicaciones internas full-dúplex y su compostura es redondo del tipo búfer. Se compone de fuerza de aramida, y con revestimientos interiores y exteriores (Laferriere, 2007).

Figura 5

Cable dúplex redondo



Nota. La figura indica la forma que compone el cable dúplex redondo. Tomado de (Laferriere, 2007).

Cable tipo cinta, su forma es plana la misma que facilita el enrutamiento debajo de superficies o en zonas con poco espesor (Laferriere, 2007).

Figura 6

Cable tipo cinta



Nota. La figura indica la forma que compone el cable tipo cinta. Tomado de (Laferriere, 2007).

Cables para exteriores

Cable aéreo, es el más usado por los proveedores de internet desde la OLT a los postes que se encuentran en las calles. Dispone de algunos hilos de fibra óptica y se encuentran bajo un cable de acero resistente (Leiva, 2021)

Figura 7

Cable aéreo



Nota. La figura indica la forma que compone el cable aéreo. Tomado de (Leiva, 2021).

Cable blindado, es usado cuando se requiere enviar el cable por las tuberías y el material por el que se encuentra elaborado es contra la mordida de los roedores, para que no sea maltratado y mucho menos impida las comunicaciones que se tiene, y por otra parte es contra la humedad y problemas externos (Leiva, 2021)

Figura 8

Cable blindado



Nota. La figura indica la forma que compone el cable blindado. Tomado de (Leiva, 2021)

Cable para enterramiento directo, como su nombre lo indica puede ser instalado directamente bajo la tierra sin la necesidad de hacer uso de las tuberías como se lo realiza con el cable blindado. El material está hecho para que no se filtre

agua, aunque se debe considerar que con el tiempo prolongado se puede sufrir daños directamente en el núcleo del cable (Leiva, 2021).

Figura 9

Cable para enterramiento directo



Nota. La figura indica la forma que compone el cable para enterramiento directo. Tomado de (Leiva, 2021)

Cable ADSS, no dispone en su estructura de ningún elemento metálico y es muy económico en su instalación, con gran robustez para las torres que tienen una distancia menor a 1km. La humedad no se tiene presente en este tipo de cable lo que las fibras no sufrirán de las degradaciones y los elementos son protegidos de la luz ultravioleta solar. Comúnmente es usado por las empresas tecnológicas, proveedores de internet para el sector de las telecomunicaciones (Leiva, 2021)

Figura 10

Cable ADSS



Nota. La figura indica la forma que compone el cable ADSS. Tomado de (Leiva, 2021)

Cable OPGW, se usa para proteger de las descargas atmosféricas, de la transmisión de datos, entre otros. Se puede observar comúnmente en las torres eléctricas de tensión media y alta. En el interior se puede encontrar dos o más fibras

ópticas que tipo monomodo. De igual forma es usado para conectar grandes distancias, de ciudades a ciudades a través de las torres permitiendo comunicaciones de alta velocidad y sobre todo buen ancho de banda (Rodríguez, 2009).

Figura 11

Cable OPGW



Nota. La figura indica la forma que compone el cable OPGW. Tomado de (Rodríguez, 2009)

Cable Óptico submarino, para poder lograr a tener conectividad, comunicación, las redes inalámbricas y más facilidades, se hace uso de este tipo de cable que conecta continentes a través del océano. Es muy robusto con el fin de proteger la señal y de los animales que habitan en el mar o de los humanos cuando se esté realizando la pesca. No solo sirve para la comunicación de los sitios alejado sino que también transportan energía que sirve para la alimentación de los amplificadores ópticos que están distribuidos en todo el trayecto de ciudad a ciudad (Quisnancela, 2016).

Por otro lado, La instalación subterránea es la más idónea al momento de tratar con los cables de fibra óptica, debido a que no se requiere mucha documentación para el permiso de su ejecución y ahorra bastante tiempo a comparación de la instalación aérea. Los costos en su mantenimiento son muy reducidos al igual que el tendido de la misma, y sobre todo cabe recalcar que no está muy expuesta a personas que intentan hacer daño a la red de los proveedores

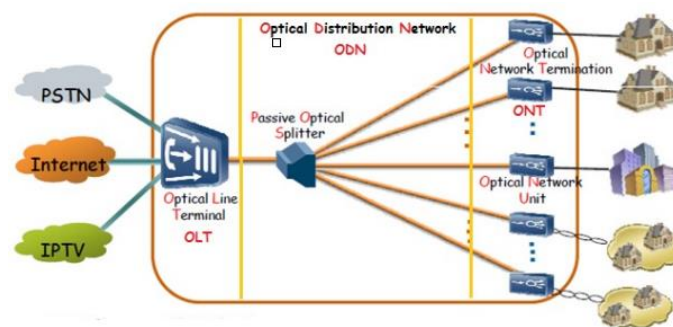
de servicio de internet. De esta forma considero que la mejor opción al momento de implementar el tendido de fibra óptica es por ductos bajo tierra.

Elementos de las redes GPON

Se indica la estructura o composición de la red GPON, la misma que está compuesta por los siguientes elementos: OLT (Terminal de línea óptica), ONT (Terminal de nodo óptico) y ODN (Red de fibra óptica) (Quisnancela, 2016).

Figura 12

Estructura GPON



Nota. La figura indica la estructura GPON. Tomado de (Quisnancela, 2016).

OLT (Optical Line Termination)

Es el equipo terminal de línea óptica, el que permite conectar toda la parte de la ODN con la ONT. Se pueden conectar diferentes tipos de ONU para diferentes redes de acceso como es FTTH, FTTH, FTTO, etc. Desde equipo es donde parte todo el tendido de la red óptica, cuya función es transmitir señales y se la puede encontrar en las oficinas centrales o centro de datos de los proveedores de internet (ISP). Está compuesta por el chasis, los ventiladores que permiten que no se recaliente la placa interna o mainboard, tarjetas de control, tarjetas de servicios, etc (Quisnancela, 2016).

ODN (Red de distribución óptica)

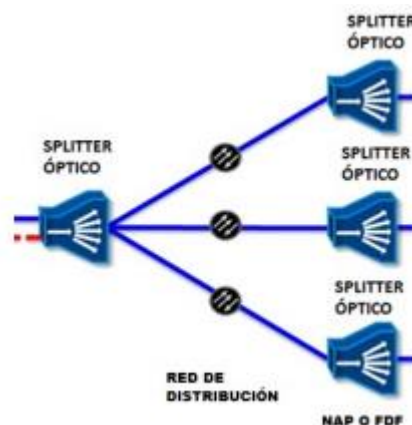
Ayuda en la conexión física entre la OLT y la ONU. En todo el enlace se puede encontrar varios elementos como los conectores de fibra óptica, splitters, transmisores

ópticos, receptores ópticos entre otros. (Quisnancela, 2016). La distancia que puede extenderse es aproximadamente de 20 km a los 50 km. Dentro de la ODN se encuentra compuesta por elementos pasivos que se detallan a continuación.

- Alimentación: Fácil de identificarla, va desde la distribución óptica que es el ODF en el centro de datos de los distintos proveedores y se extiende hasta el punto de distribución.
- Punto de distribución:
- Distribución: Se tiene la distribución de las fibras ópticas que va desde el punto de distribución del cual se están haciendo énfasis al punto de acceso óptico.

Figura 13

Red de distribución



Nota. La figura indica el diagrama de red de distribución. Tomado de (Quisnancela, 2016).

- Punto de acceso
- Dispersión: se considera desde los puertos de salida de la caja NAP, el cable drop para exterior, la caja de transición cual está situada al ingreso del cliente, el cable drop para interior y la rosera óptica.

Hay que tener en cuenta a partir de la ODN se puede tener las comunicaciones con el proveedor de internet, permite la comunicación entre el usuario y la OLT a través del equipo óptico pasivo. Dentro de esta red se puede tener las fibras, cables

ópticos que puede ser multimodo o monomodo, todos los conectores ópticos, amplificadores, atenuadores ópticos pasivos, los empalmes de la fibra para alargar distancias y entre otros (Quisnancela, 2016).

ONU (Terminal de nodo óptico)

Es el equipo que se encuentra en el cliente y conectado a la ODN. Puede transmitir señales eléctricas a ópticas y viceversa. Con este equipo se puede tener la posibilidad de disponer de servicios triple play, recibir todos los datos que son transmitidos por la OLT. Hoy en día la ONU puede tener ciertas funciones como es el WiFi, puerto telefónico puerto CATV. Con este equipo no es necesario tener un router, ya que dispone de funciones y características completas (Quisnancela, 2016).

Capítulo III

Estado actual de cobertura de Barrio Carmen Bajo en la parroquia de Llano Chico

Área de estudio

El área a considerar en este estudio es el barrio Carmen Bajo de la parroquia de Llano Chico. Esta parroquia está situada al nororiental de Quito, una de las 33 parroquias rurales que conforman el Distrito Metropolitano de Quito. Llano Chico dispone de ambientes limpios y descontaminados lo que garantiza a los habitantes a vivir en un ambiente sano. Proviene de la lengua quichua: llano o pamba que significa terreno o valle y chico que tiene un significado de pequeño. Como se puede observar en la siguiente figura Llano Chico es un territorio extenso, el mismo que es dividido por la carretera Simón Bolívar. La mayoría de personas que se encuentra en los barrios como Gualo, Cocotog cuentan con conectividad, pero hay algunos barrios que no cuentan con internet por medio de fibra óptica, como es el caso del barrio Carmen Bajo que no en su totalidad dispone de servicio de internet. En la siguiente imagen se puede observar el mapa de cobertura de la parroquia de Llano Chico.

Figura 14

Cobertura de la parroquia de LLano Chico



Nota. La figura indica la cobertura de la parroquia de Llano Chico. Obtenido de Google Earth.

Superficie

La superficie de Llano Chico es de 7, 57 km², aproximadamente contando con 17000 habitantes en todo este territorio y 23 barrios que lo conforman. Actualmente se asienta mayor civilización en el área urbana y la población restante en el área rural de forma dispersa. Como dato informativo según el último censo que se tuvo en el año 2010 se tienen los siguientes números según género.

Tabla 2

Población de LLano Chico en censo 2010

Llano Chico	Hombres	Mujeres
10.673	5.205	5.468

Nota. Esta tabla indica el número de habitantes en la parroquia Llano Chico.

Servicios básicos

Un 3% aproximadamente carecen del servicio de agua potable y el otro 97% si dispone de este, esto se da por que en su momento no sea ha considerado el crecimiento poblacional, razón por la que la cobertura del servicio abarca solo las áreas concentradas o zona poblada. Como se menciona uno de los problemas es por el alcantarillado y esto se ve afectado a los domicilios alejados de la zona, arriesgado a salud de las personas.

Uno de los símbolos de progreso que se tuvo en la parroquia es el servicio eléctrico, el mismo que abarca la mayor cobertura en la parroquia. Este avance se tuvo por los años 2000 donde se pudo tener luz todas las horas del día y no como años antes que tenía que hacer uso de velas y lámparas para poder ejercer sus actividades en jornada nocturna y pese a esto obligaba a la mayoría de familias acostarse como máximo nueve de la noche. Se tiene un servicio normal de alumbrado en un 95%, observando un 5% de los barrios que se encuentran aislados a la cabecera parroquial sin este servicio.

Infraestructura de Salud

El terreno en el que se tiene el Subcentro de salud N° 9 es del municipio, su infraestructura es hecha de adobe ya que en un principio no se planificó que funcione como centro de salud por lo que no es segura ante sismos. No es una construcción de primera clase y mucho menos dispone de medicamentos principales en caso de emergencia. Se tiene bajos recursos de personal de salud para atender a todos los habitantes de la zona y solo se tiene consultorio médico, odontológico, bodega y un solo baño para pacientes y persona de salud.

Inventario del Sistema Educativo

Dispersados por toda la parroquia de Llano Chico se tiene jardines, escuelas y un colegio con un total de 13 centros educativos, los mismos que han permitido a los niños y jóvenes educarse en la misma parroquia que habitan. Todos los establecimientos educativos son públicos. A continuación, con mayor detalle el número de estudiantes y profesores que se tienen en estos establecimientos.

Tabla 3

Sistema educativo de la parroquia

Nombre/Barríos	Alumno	Profesores
Centro infantil Goteritas – Barrio delicia	43	6
Centro Infantil María Urrutia –Barrio Gualo	20	4
Carlos Juan Finlay – Barrio La Delicia	60	2
Sin Fronteras – Barrio Central	80	8
Colegió Llano Chico – Barrio Central	471	12
Escuela Mixta 24 de mayo – Barrio Gualo	171	10
Jacinto Collahuazo – Barrio Cocotog	263	13
San José de Cocotog – Barrio Dolorosa	25	2
Guardería Mis Angelitos – Barrio Gualo	50	6

Centro Educativo Español - Barrio Delicia	10	2
Jardín De La Paz – Barrio La Delicia	48	4
Chiquitines Del Futuro – Barrio Carmen	48	6
Escuela Abelardo Moncayo – Barrio Central	371	17

Nota. Esta tabla el número de escuelas, colegios educativos que existen en la parroquia de Llano Chico.

Seguridad y convivencia ciudadana

La Unidad de Policía Comunitaria se encuentra ubicada en el barrio esquina del movimiento, la misma que cuenta con un total de 5 policías que rondan en la noche en el patrullero por todas las parroquias. Pero es un número reducido de personal que se tiene porque es muy difícil de abordar todo el territorio de Llano Chico, y es la razón por la que se ha violado últimamente la seguridad de los habitantes, aumentando el robo domiciliario.

Análisis de Barrio Carmen Bajo

Carmen Bajo es uno de los barrios de Llano Chico que conforman esta parroquia. Los servicios básicos, alcantarillado, entre otros, en estos últimos años se han hecho presente en el sector, debido a las construcciones de casas, conjuntos que se están realizando en esta zona, por lo que el Gobierno Parroquial se ha visto forzado en dar prioridad a las necesidades de los habitantes. Cierta parte de todo este extenso terreno dispone de conectividad. En la siguiente figura se puede observar la extensión de terreno que tiene el Barrio Carmen Bajo en color verde menta, cabe mencionar que la mayoría de terreno es baldío y se cree que en los próximos 5 años se tendrá obras de casas comunales, conjuntos y áreas recreacionales para jóvenes que habitan en esta zona.

Figura 16

Cobertura de internet de proveedor Celerity



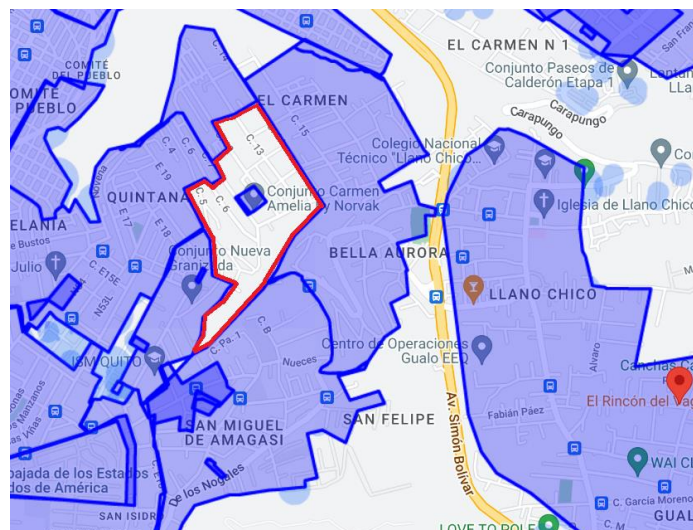
Nota. La figura indica la cobertura de internet que tiene actualmente Celerity. Obtenido de <https://www.celerity.ec/cobertura/>

Proveedor Netlife

Por parte del proveedor Netlife se tiene gran acogida por los usuarios en este barrio, pero la parte señalada en rojo no dispone de internet por lo que dificulta a niños y jóvenes en este tiempo de COVID acudir a la educación y se ven perjudicados por no tener la comunicación ideal con otras personas.

Figura 17

Cobertura de internet de proveedor Netlife

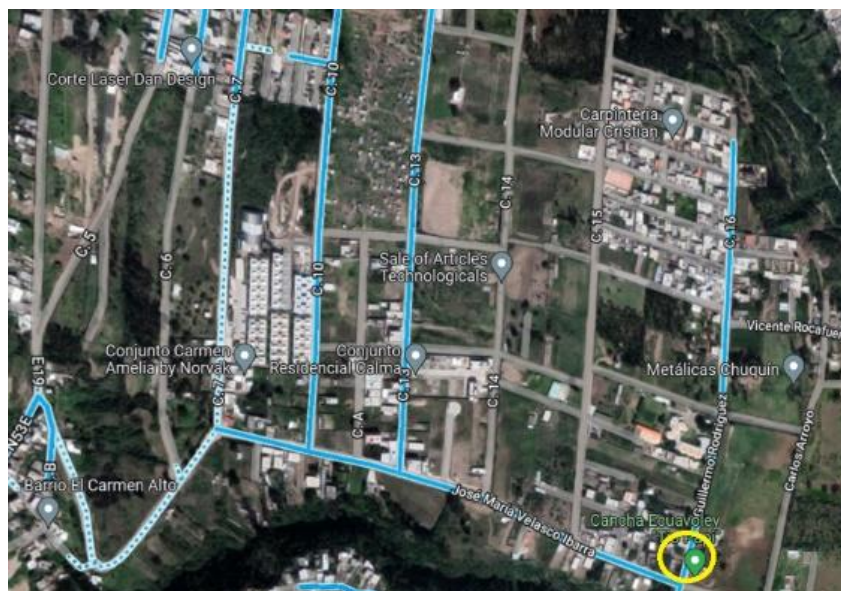


Nota. La figura indica la cobertura de internet que tiene actualmente Netlife. Obtenido de <https://www.netlife.ec/atencion-al-cliente/cobertura/>

A partir de los mapas anteriores vistos, se puede observar a continuación el despliegue de fibra óptica que se tendrá en cuenta para un análisis de implementación con el fin de brindar servicio de internet. El despliegue que se realizará es en la zona marcada en roja, la misma que no se tiene presencia de ningún proveedor de internet (ISP). Se encierra el lugar donde estará concentrado el nodo, desde aquí partirá la ruta del cableado, recorrido que no excede los 2 Km. Las calles en las cuales se concentrará el despliegue de red son en José María Velasco Ibarra, C.10, C.13 y C.7. Aproximadamente se tiene un total de 60 a 70 usuarios en esta zona cuales son el objetivo en este proyecto para brindar conectividad.

Figura 18

Calles y visión aérea de implementación de red GPON



Nota. La figura indica las rutas a considerar para el despliegue de red. Obtenido de Google Earth.

Capítulo IV

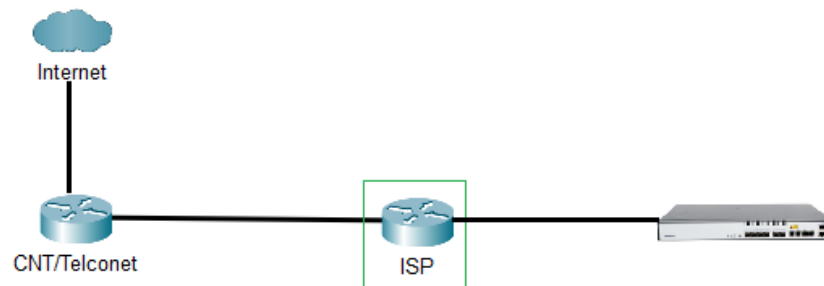
Diseño y propuesta de red GPON

Diseño físico de la red

Para la red GPON que se desee desempeñar en cualquier lugar, se necesita tener Internet, el mismo que puede ser recibo por alguna empresa ecuatoriana que prevea estos servicios de gran calidad y un ancho de banda sofisticado como puede ser Telconet que se pone como ejemplo en la figura siguiente. Una vez ya establecido el proveedor se dará paso al router del proveedor de servicio de Internet (ISP) el mismo que irá conectado a la OLT que compartirá a todos los usuarios de la zona o barrio internet por medio de splitters. En la siguiente figura se muestra el diagrama a considerar de lo antes mencionado:

Figura 19

Diagrama de acceso a internet para OLT



Nota. (Autor,2022).

La OLT es el equipo que se encargará de gestionar todo el tráfico desde el uplink MPLS con los equipos terminales. Este dispositivo se encontrará en la oficina o cuarto de datos del proveedor de servicios de internet. El equipo a considerar en este despliegue de red es una GPON de 4 puertos, la misma que podría abastecer para más de 256 usuarios lo que es suficiente para cubrir la zona que se trabajará. Este equipo debe siempre estar funcionando, y en caso de que no tenga luz eléctrica se debe tener un respaldo de energía es decir contar con un UPS acorde a la

potencia que suministre la OLT con el fin de dar servicio las 24 horas del día a los clientes. En la siguiente imagen se muestra una OLT marca VSOL 4 puertos.

Figura 20

Equipo OLT para implementación

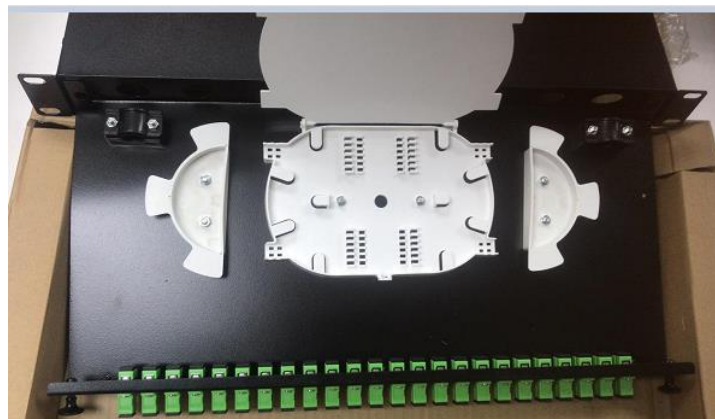


Nota. La figura indica el equipo activo OLT. Obtenido de <https://cdatatec.com/gpon-olt>.

De la OLT anterior mencionada se conectará a un ODF de planta interna en el mismo que se organizará todos los conectores terminales de fibra óptica, con el objetivo de facilitar la operación, seguridad y sencillez de mantenimiento de los cables y equipos. La conexión entre el ODF y la OLT se realizará mediante pigtaills. A continuación, se muestra un ODF de 24 puertos con la estructura para la organización de los cables.

Figura 21

ODF planta interna



Nota. La figura indica ODF de planta interna, fotografía tomada por autor en laboratorio de fibra óptica Universidad PUCE.

En la parte exterior se tiene el rack para ODF externo, el mismo que ayudara a la interconexión de todos los hilos del cable feeder con todos los puertos del ODF

de planta interna que se especificó anteriormente. Cabe mencionar que el cable que se hará uso entre el ODF interno y externo es el G652.D 24 hilos.

Figura 22

ODF planta externa

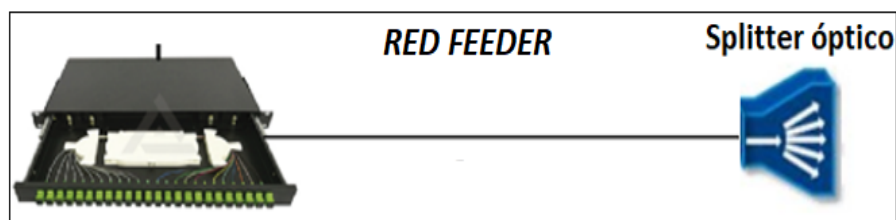


Nota. La figura indica un ODF de planta externa. Obtenido de <https://globalelectric.com.ec/producto>

Una vez conocido la estructura y los elementos que se establecerán en el cuarto de comunicaciones se procede a realizar el análisis de la ODN (red de distribución óptica) la misma que está compuesta solo de elementos pasivos y van desde el ODF de la planta externa hasta la roseta del cliente (antes de la ONU). En la ODN se tiene tres redes importantes a considerar, la primera es la Red Feeder (Troncal) que va conectado desde el armario ODF externo hasta las mangas o armarios y está constituida por cables de fibra óptica que parten desde la central los cuales se dividirán a todos los elementos de distribución.

Figura 23

Red Feeder

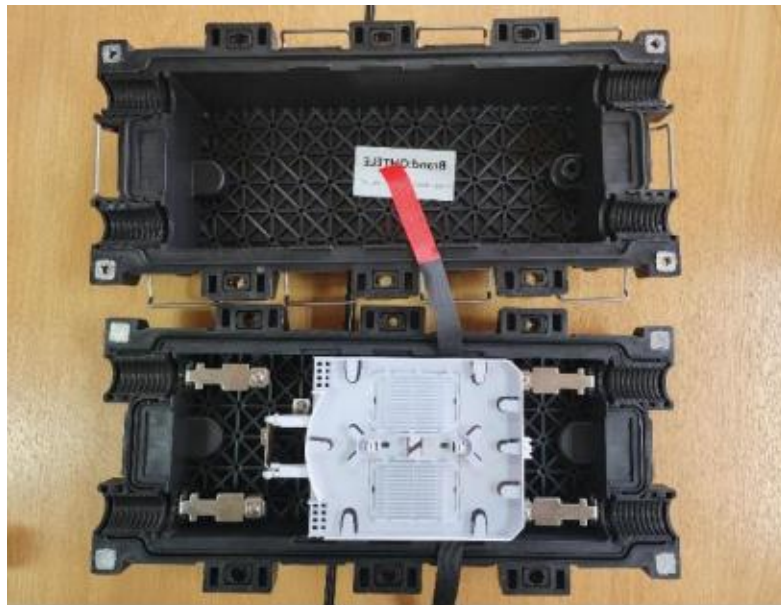


Nota. (Autor,2022)

Para el diseño de esta red como ya se ha dicho se hace uso de un cable ADSS de 24 hilos la misma que va contemplada en la red feeder. Estos cables se dividen hacia los elementos de distribución. Se muestra a continuación la manga donde se concentrarán estos elementos mencionados.

Figura 24

Manga de concentración de elementos

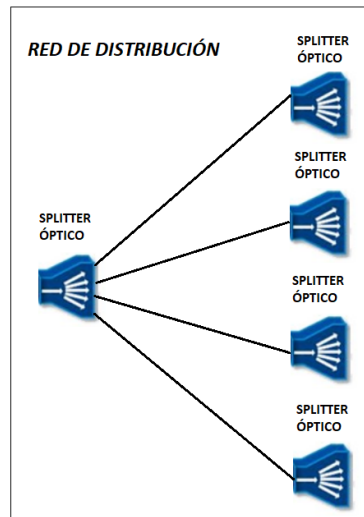


Nota. La figura indica la manga de concentración de elementos, fotografía tomada por autor en laboratorio de fibra óptica Universidad PUCE

EL segundo trayecto es la red de distribución, donde se tiene la conexión del armario (FDH o FDB) y las cajas de distribución, en las que se tendrá la presencia de los siguientes elementos: splitters, empalmes y cables de fibra óptica aéreos. Se tendrá la presencia de un splitter de primer nivel 1:4, el mismo que irá conectado directamente a la red backbone y posterior a esto se tendrán los splitters de segundo nivel 1:16 A continuación se muestra la red de distribución que estará contemplada en el enlace propuesto.

Figura 25

Red de distribución

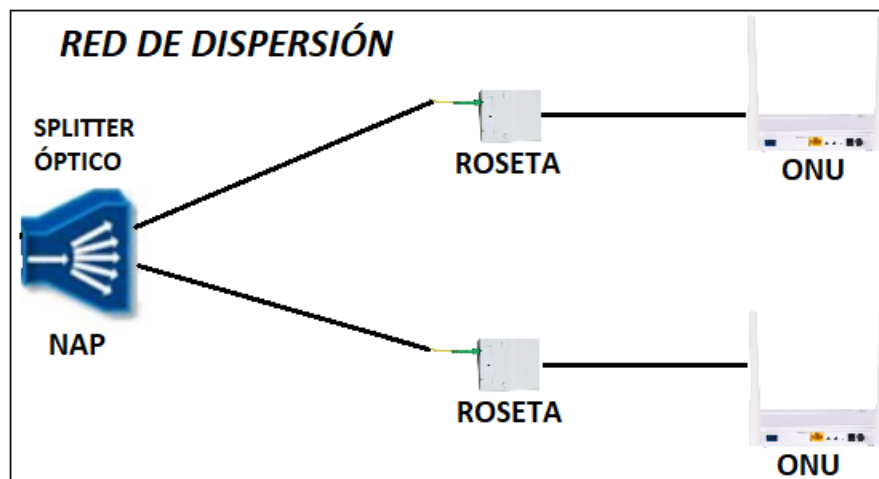


Nota. (Autor,2022)

Para el último trayecto se tiene la red de dispersión, aquí se tienen los cables de fibra óptica que están colocados en los postes para llegar mediante un cable drop al cliente final. La conexión final que se tiene hacia el abonado se realizará mediante el cable anterior especificado G.657.A1 de dos hilos y en su extremo final una roseta y está directamente a la ONU para disponer de internet el usuario.

Figura 26

Red de dispersión

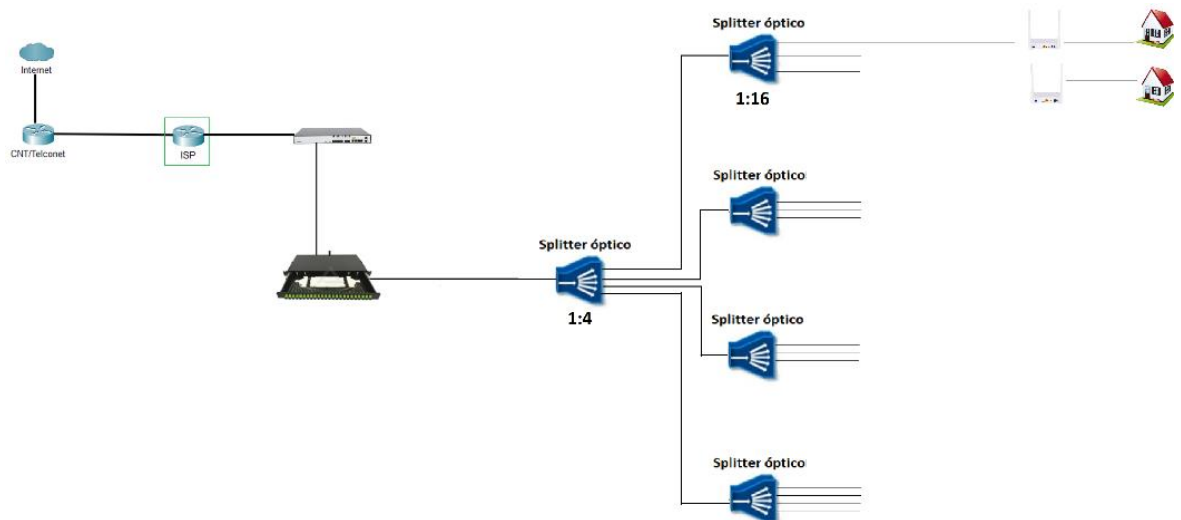


Nota. (Autor,2022)

A continuación, se muestra el diseño físico de la red, donde están las tres redes contempladas, la feeder, distribución y dispersión.

Figura 27

Diseño físico de la red



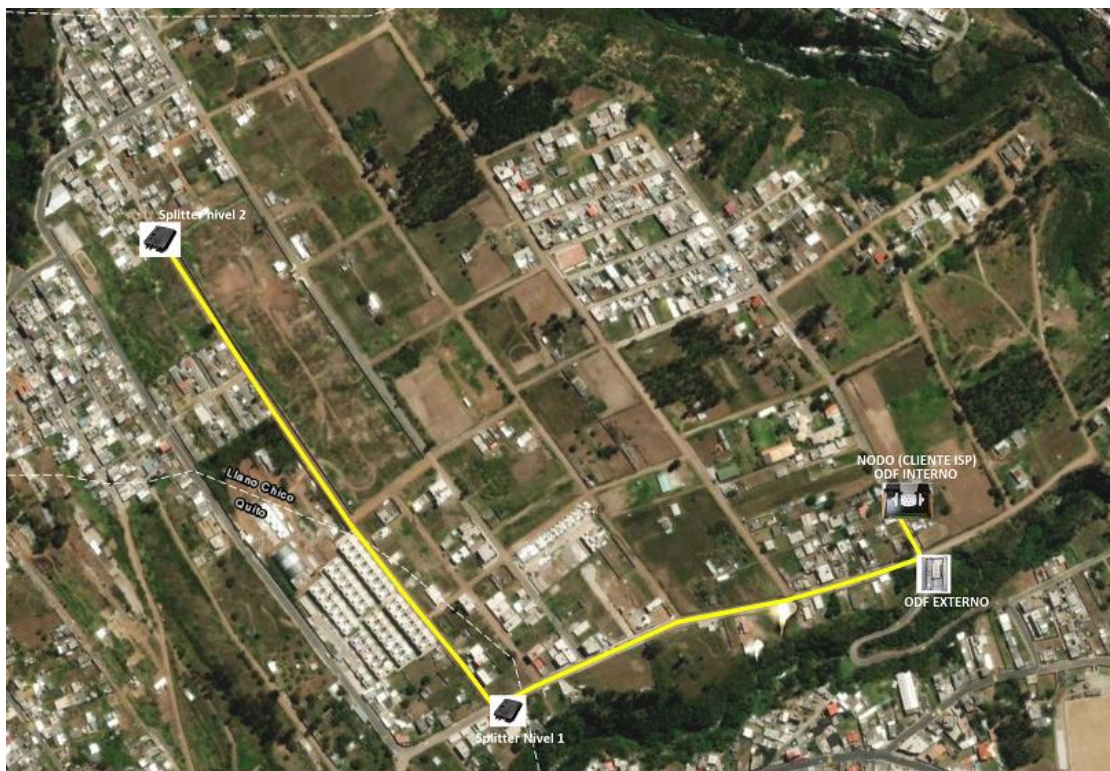
Nota. (Autor,2022)

En la figura 27 se puede observar el diseño de diagrama de una red GPON, la misma que se considerará para la implementación. Como se especificó se tiene por parte de una empresa grande como (Telconet/CNT) el servicio de internet, el mismo que es receptado por un router de borde que pertenece al ISP. Se tiene la OLT la misma que va conectado a un ODF interno y al externo. Mediante un cable ADSS de 24 hilos se dirige a un splitter óptico de 1:4 (primer nivel) y posterior a este se dividen a los splitter's ópticos de segundo nivel 1:16. De todos estos splitters últimos van conectado a la roseta y de esta al equipo terminal del cliente la ONU. En el diagrama se indica cierta parte de lo que se va a realizar, el mismo modelo se seguirá para los otros splitters.

A continuación, se muestra el mapa geográfico en donde se establecerá la red GPON junto a los elementos o equipos que se hará uso en diferentes sitios. Cabe mencionar que se establecerá un nivel 2 de splitteo de 1:16, reservando para más usuarios si se llegará a extender. El cable droop G.657.A1 de dos hilos será usado para los usuarios finales dejando 1 hilo como reserva. Tanto para la red de distribución y feeder se implementará un cable de fibra G652D de 24 hilos.

Figura 28

Mapa geográfico de la red GPON



Nota. (Autor,2022)

Presupuesto óptico de la red

Según la norma ITU-T G.984 para un enlace, la atenuación máxima que debe llegar a no superar la ODN es los 28 dB, esto se contempla en la restricción que trabajan los diferentes equipos OLT y ONT. Si existe modificaciones a futuro en el tendido de toda la red implicaría un aumento de la atenuación en la ODN por lo que en este enlace se establecerá a favor un margen de respaldo de 3 dB. A continuación, se presenta los valores de aceptación de la ODN:

Tabla 4*Valores de aceptación ODN*

Parámetros referenciales	Unidad	Valores de aceptación
Perdida por fusión	dB	0.10
Perdida por conector	dB	0.50
Longitud de onda 1310 nm	dB/km	0.35
Longitud de onda 1490 nm	dB/km	0.30
Longitud de onda 1550 nm	dB/km	0.25

Nota. (Autor,2022)

Para este presupuesto óptico se tomará en cuenta el usuario que se encuentra más alejado y cercano con diferentes longitudes de onda 1310 y 1490 nm respectivamente, se considera estos valores debido a que la OLT con la que se trabajará funciona con estas longitudes, razón por la que la de 1550 nm no se toma en cuenta para el análisis. En la siguiente tabla se realizan los cálculos a una distancia de 0,96 Km que es la más alejada con longitud de onda 1310 nm.

Tabla 5*Distancia más alejada con 1310 nm*

Elementos de la red de fibra óptica	Cantidad	Perdida típica del elemento	Pérdida total (dB)
Conectores	5	0,50 dB	2,5 dB
Empalmes	5	0,10 dB	0,5 dB
Conector mecánico	1	0,60 dB	0,6 dB
Splitter 1x4	1	7,00 dB	7,00 dB
Splitter 1x16	1	14,00 dB	14,00 dB
Longitud de onda 1310 nm	1.4 km	0,35dB/km	0,49 dB
Total (dB)			25,09 dB

Nota. (Autor,2022)

Como se puede observar, la pérdida total que se tiene es de 25,09 para el usuario que está más alejado, y se tiene un valor considerable ya que no sobrepasa los 28 dB que se manifestó anteriormente. De la misma manera se realiza el cálculo de la pérdida total para la distancia más corta que se prevé tener que es de 0,48 Km a una longitud de onda 1310 nm.

Tabla 6

Distancia más corta con 1310 nm

Elementos de la red de fibra óptica	Cantidad	Perdida típica del elemento	Pérdida total (dB)
Conectores	5	0,50 dB	2,5 dB
Empalmes	5	0,10 dB	0,5 dB
Conector mecánico	1	0,60 dB	0,6 dB
Splitter 1x4	1	7,00 dB	7,00 dB
Splitter 1x16	1	14,00 dB	14,00 dB
Longitud de onda 1310 nm	0,98 km	0,35 dB	0,343 dB
Total (dB)			24,943 dB

Nota. (Autor,2022)

La pérdida que se tiene total es de 24.943 teniendo un resultado eficiente de atenuación. A continuación, se realiza el cálculo de perdida con estas distancias anterior trabajadas, pero a diferente longitud de onda 1490 nm.

Tabla 7*Distancia más alejada con 1490 nm*

Elementos de la red de fibra óptica	Cantidad	Perdida típica del elemento	Pérdida total (dB)
Conectores	5	0,50 dB	2,5 dB
Empalmes	5	0,10 dB	0,5 dB
Conector mecánico	1	0,60 dB	0,6 dB
Splitter 1x4	1	7,00 dB	7,00 dB
Splitter 1x16	1	14,00 dB	14,00 dB
Longitud de onda 1490 nm	1.4 km	0,30 dB	0,42 dB
Total (dB)			25.02 dB

Nota. (Autor,2022)

Para una longitud de onda de 1490 nm y con una distancia al usuario más lejano se puede llegar a tener una pérdida total de 25,02 dB. En la siguiente tabla se presenta los valores con longitud de onda 1550 nm y a una distancia de 0,48 km que es del usuario más cercano.

Tabla 8*Distancia más corta con 1490 nm*

Elementos de la red de fibra óptica	Cantidad	Perdida típica del elemento	Pérdida total (dB)
Conectores	5	0,50 dB	2,5 dB
Empalmes	5	0,10 dB	0,5 dB
Conector mecánico	1	0,60 dB	0,6 dB
Splitter 1x4	1	7,00 dB	7,00 dB
Splitter 1x16	1	14,00 dB	14,00 dB
Longitud de onda 1490 nm	0,98 km	0,30 dB	0,294 dB
Total (dB)			24,894 dB

Nota. (Autor,2022)

Para una longitud de onda de 1490 nm y con una distancia al usuario más cercano se puede llegar a tener una pérdida total de 24,894dB.

Análisis de presupuesto económico

Para hacer un análisis de presupuesto económico es necesario considerar los costos de los equipos para la implementación de la red propuesta. Los precios de los materiales fueron obtenidos de empresas especialista en proveer soluciones de Telecomunicaciones. A continuación, se presenta los equipos que son a considerar en planta interna es decir donde se encuentra el nodo principal del ISP.

Tabla 9

Equipos en planta interna

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Armario Rack	1	\$800	\$800
OLT	1	\$2000	\$2000
ODF interno 24 hilos	1	\$200	\$120,50
ODF externo 24 hilos	1	\$200	\$200
Router de borde	1	\$1200	\$1200
Patch cord Fo OLT	24	\$8,50	\$204,00
UPS	1	\$2000	\$2000
Sistema de climatización	1	\$1500	\$1500

Nota. (Autor,2022)

La planta externa es donde se encuentra el cableado, mangas, bobinas de fibra, abrazaderas, los plotters y de igual manera se han considerado los siguientes elementos para el despliegue de red.

Tabla 10*Equipos planta externa*

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1 nivel Splitter 1x4	1	\$18	\$30
4 nivel Splitter 1x16	4	\$23	\$92
Bobina FO 24H ADSS	2	\$1210	\$2420
Manga para fibra 24H	1	\$70	\$70
CAJAS NAPS	4	\$35	\$140
Abrazaderas/Herrajes/Preformados	50	\$7	\$350

Nota. (Autor,2022)

Para la parte del cliente, es decir la instalación de última milla/cliente final se debe considerar los siguientes elementos importantes, los mismos que son especificados en la siguiente tabla.

Tabla 11*Elemento de última milla (cliente)*

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
ONT	70	\$60	\$4200,00
Fibra de 2H	5	\$175	\$875,00
Rosetas	70	\$4	\$280
Patch Cord	70	\$6,50	\$455,00

Nota. (Autor,2022)

Selección de equipos para el despliegue de red

Se presenta valores umbrales que debe tener la OLT como la ONT y deben ser tomados en cuenta cuando se acuda a los servicios de estos elementos. A continuación, los parámetros que debe considerarse en la OLT.

Tabla 12*Parámetros a considerar en OLT*

Descripción	Cantidad
Potencia mínima de emisión	+1,5 dBm
Potencia máxima de emisión	+5 dBm
Sensibilidad máxima	-28 dBm
Saturación en Rx: Potencia recibida mayor a -8 dBm	-8 dBm

Nota. (Autor,2022)

Se presenta en la siguiente tabla los parámetros umbrales que debe contener la ONT:

Tabla 13*Parámetros a considerar en ONT*

Descripción	Cantidad
Potencia mínima de emisión	+0,5 dBm
Potencia máxima de emisión	+5 dBm
Sensibilidad máxima	-27 dBm
Saturación en Rx: Potencia recibida mayor a -8 dBm	-8 dBm

Nota. (Autor,2022)

Una vez conocido los valores umbrales a tomar en cuenta en los elementos activos de la red GPON, cabe mencionar que el equipo OLT es el activo más importante en la red GPON, ya que desde este se despliega el enlace y da conectividad a los usuarios, por lo que se hará una diferencia de características de equipos activos OLT. A continuación, se detallan las características de la marca VSOL.

Tabla 14

Características OLT VSOL V1600G0-B

Características	Especificación	VSOL V1600G0-B
Uplink Port 4	Puertos	2 10/100/1000M 2 SFP interfaces
	10-Gigabit	2 SFP+Interfaces
Puertos GPON 4	Interfaz Física	SFP Slots
	Tipo de conector	Class C++/Class C+++
	Máxima Splitting	1:128
Puertos administración		1 Console, 1 USB2.0
Especificación de puerto	Distancia de transmisión	20 km
	Velocidad puerto	Upstream 1.244 Gbps Downstream 2.488 Gbps
	Longitud de onda	Tx 1490nm, RX 1310 nm
	Tipo de conector	SC/UPC
	Tipo de fibra	9/125 SMF
	Tx Power	4.5 - +10dBm
	Rx Sensibilidad	<-30dBm
	Saturación óptica power	-12dBm
Modo de administración		Telnet, SNMP, CLI, WEB, EMS

Nota. (Autor,2022)

Se analiza otro fabricante de OLT y es de la marca CDATE, la misma que en el campo es competencia para la VSOL en fibra óptica. Se presenta a continuación las características de marca CDATE.

Tabla 15

Características OLT C-DATA FD1604S-B0

Características	Especificación	C-DATA FD1604S-B0	
Uplink Port 4	Puertos	4 10/100/1000M 4 SFP interfaces	
	10-Gigabit	2 SFP+Interfaces	
Puertos GPON 4	Interfaz Física	SFP Slots	
	Tipo de conector	Class B+/Class C+	
	Máxima Splitting	1:128	
Puertos administración		1 Console, 1 USB2.0	
Especificación de puerto	Distancia de transmisión	20 km	
	Velocidad puerto	Upstream 1.25 Gbps Downstream 2.5 Gbps	
	Longitud de onda	Tx 1490nm, RX 1310 nm	
	Tipo de conector	SC/UPC	
	Tipo de fibra	9/125 SMF	
	Tx Power	Clase B+:1.5 - +5dBm Clase C+: +3 - +7dBm	
	Rx Sensibilidad	Clase B+: -28dBm Clase C+: -30dBm	
	Saturación óptica	Clase B+: -8dBm Clase C+: -12dBm	
	Modo de administración		CLI, SNMP, TELNET, SSH, WEB.

Nota. (Autor,2022)

Todas estas especificaciones se han tomado de los Datasheets de cada proveedor y se ha desglosado lo más relevante en su funcionamiento. Como se puede

observar se tiene las especificaciones similares entre estas dos marcas que tienen bastante acogida en el mercado, las diferencias son muy pequeñas como es el tipo de conector que se maneja en los puertos GPON, los valores en la sensibilidad y saturación, entre otros. La distancia máxima que tiene cada equipo es de 20 Km, por lo que se debería considerar optar por el equipo que tiene un costo reducido ya que en sus características son semejantes. Por experiencia en el trabajo de equipos de fibra óptica se elegirá la OLT C-DATA.

De la misma manera se hace una comparación de las características que tienen los equipos ONU en marcas C-DATA y V-SOL.

Tabla 16

Características ONU C-DATA vs V-SOL

Características	C-DATA FD512XW-X-310	V-SOL V282EW
puerto EPON	1 puerto GPON g984.2 Class B+ Sensibilidad: < -28 dBm Transmisión óptica 0 5-5dBm Distancia transmitida: 20 Km	1 puerto GPON Class C+ Sensibilidad: < -28 dBm Transmisión óptica 0 - +4dBm Distancia transmitida: 20 Km
Longitud de onda	Tx 1310nm, Rx 1490nm	Tx 1310nm, Rx 1490nm
Velocidad de Transmisión	2.488Gbps/1.244Gbps D/U	2.5Gbps/1.25Gbps D/U
Conector óptica interface	SC/UPC	SC/UPC
RJ45	1X10/100/1000Mbps	1X10/100/1000Mbps
WIFI	Estándar IEEE 802.11 b/g/n Frecuencia: 2.4 GHz	Estándar IEEE 802.11 b/g/n Frecuencia: 2.40-2.48GHz
Temperatura	0°C a +40°C	0°C a +50°C
Alimentación	DC 12V/0.5A	DC 12V/1A
Dimensiones	228mmx108mmx28(LxWxH)	185mmx120mmx35 (LxWxH)

Nota. (Autor,2022)

De igual forma que en los equipos OLT se tiene las características similares entre estos dos equipos ONU's. El equipo de marca C-DATA modelo FD512XW sería la mejor opción para este proyecto, el mismo que ira en los domicilios de los clientes. Se elige este modelo y marca porque su configuración es por la web, disponen de antenas para WI-FI y mucho mejor trabajar con la OLT que es de la misma marca. Cabe tomar en cuenta si en un momento se llega a tener más usuarios y se tienen diferentes equipos de ONU's la OLT V-SOL elegida si es compatible con otras marcas, de esta manera no existiría problemas.

Capítulo V

SIMULACIÓN DE LA RED GPON

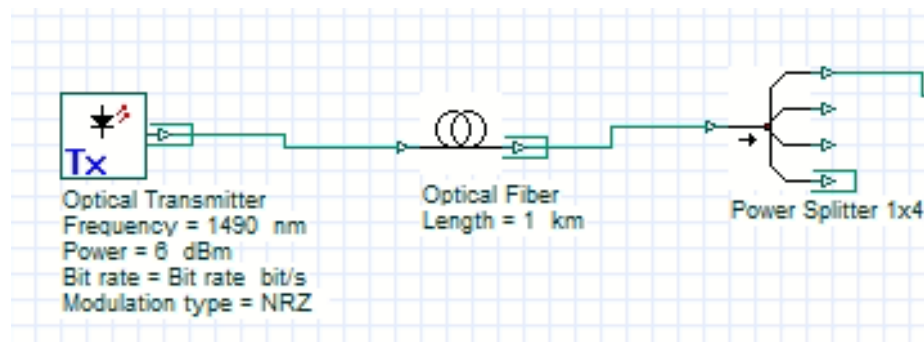
En este capítulo lo que realiza es la simulación del diseño de la red GPON para el barrio Carmen Bajo de la parroquia de Llano Chico, el software a utilizar es Optisystem. Esta herramienta permite el diseño de los sistemas ópticos de una manera didáctica y fácil de usar, permitiendo a los usuarios realizar la simulación en el dominio de la frecuencia como del tiempo. Se puede realizar diseños de redes ópticas cual es nuestro caso, razón por la que se elige este software como simulador de la red de propuesta.

En el diseño se consideran tres partes importantes, las mismas que se han mencionado en el anterior capítulo.

Red feeder

Figura 29

Red feeder en Optisystem



Nota. (Autor,2022)

En la figura, se muestra el esquema de la red feeder en el enlace, la misma que es compuesta el componente transmisor que envía señales ópticas y cumple la función de una OLT y se puede variar parámetros como la frecuencia, potencia, etc. Se configura la señal downstream con una velocidad de transmisión de 2.5 Gbps valor que se establece en el estándar G.984, los otros valores son por default en este caso práctico.

Figura 30

Configuración de la señal

Simulation				Signals	Spatial effects	Noise	Signal tracing
Name	Value	Units	Mode				
Simulation window	Set bit rate		Normal				
Reference bit rate	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal				
Bit rate	2.5e+009	bit/s	Normal				
Time window	0.4096e-006	s	Normal				
Sample rate	80e+009	Hz	Normal				
Sequence length	1024	bits	Normal				
Samples per bit	32		Normal				
Guard Bits	0		Normal				
Symbol rate	10e+009	symbols/s	Normal				
Number of samples	32768		Normal				
Reference wavelength	1550	nm	Normal				
Export results to file	<input type="checkbox"/>		Normal				
Results filename			Normal				
Cuda GPU	<input type="checkbox"/>		Normal				

Nota. (Autor,2022)

La potencia de transmisión (OLT) es de 6 dBm, se hace uso de este valor ya que permite tener menos pérdidas en el usuario más lejano, caso en el que se trabaja en la simulación y a una longitud de onda de 1490 nm.

Figura 31

Parámetros de potencia de transmisión OLT

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input checked="" type="checkbox"/>	Frequency	1490	nm	Normal
<input checked="" type="checkbox"/>	Power	6	dBm	Normal
<input type="checkbox"/>	Extinction ratio	10	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Linewidth	10	MHz	Normal
<input type="checkbox"/>	Initial phase	0	deg	Normal

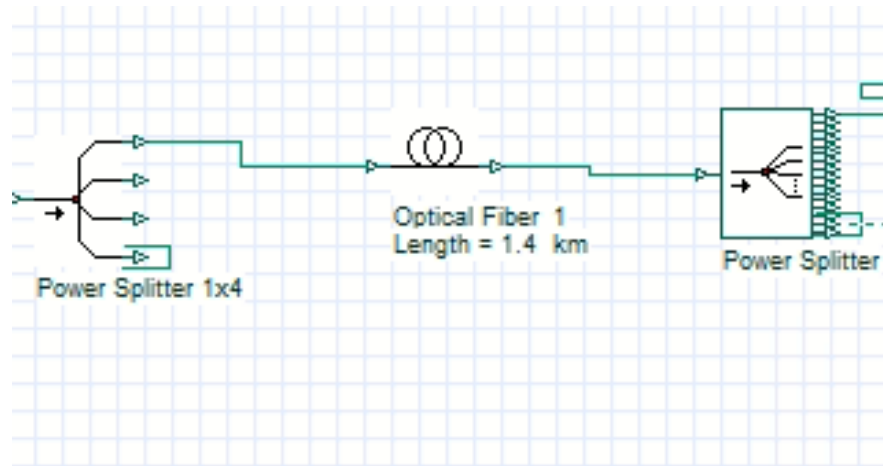
Nota. (Autor,2022)

Se emplea un splitter de primer nivel de 1:4, recorriendo a este una distancia aproximadamente de 1 km de fibra desde el transmisor (OLT).

Red de distribución (ODN)

Figura 32

Red de distribución (ODN)



Nota. (Autor,2022)

Para la simulación de la red óptica se ha utilizado un splitter de primer nivel 1:4 en el mismo que se tiene una fibra de 1.4 km aproximadamente conectado al splitter de segundo nivel 1:16. Cabe mencionar que las pérdidas internas en el splitter de segundo nivel se configura 2 dB, ya que por default el software le da el valor de 14 dB.

Figura 33

Configuración de pérdidas en splitter

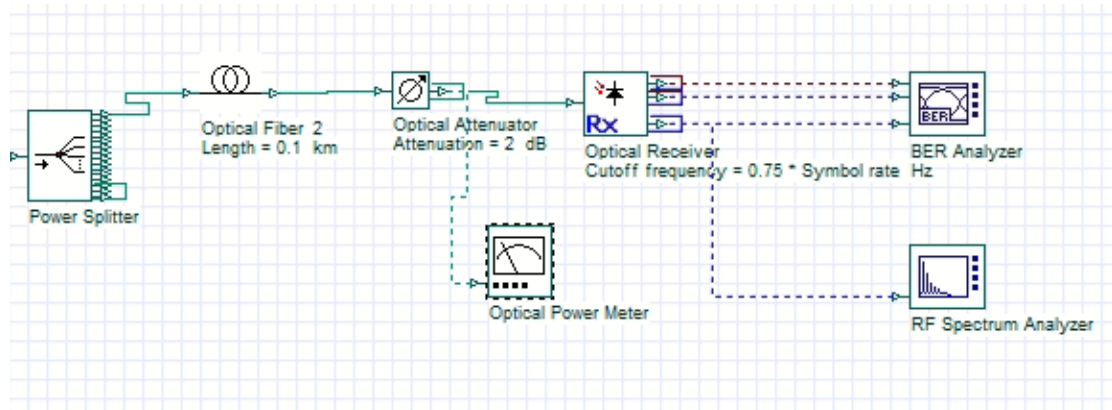
Disp	Name	Value	Units	Mode
<input type="checkbox"/>	Number of output ports	16		Normal
<input type="checkbox"/>	Power ratio array	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		Normal
<input type="checkbox"/>	Loss	2	dB	Normal

Nota. (Autor,2022)

Red acometida

Figura 34

Red acometida



Nota. (Autor,2022)

En la figura se puede observar la etapa de red acometida, en donde se presenta una fibra 200 m que llegaría al abonado, considerando un atenuador óptico donde se coloca las pérdidas que se tendría por los conectores ópticos, funciones, etc.

Figura 35

Atenuador óptico

Main Simulation Custom order				
Disp	Name	Value	Units	Mode
<input checked="" type="checkbox"/>	Attenuation	2	dB	Normal

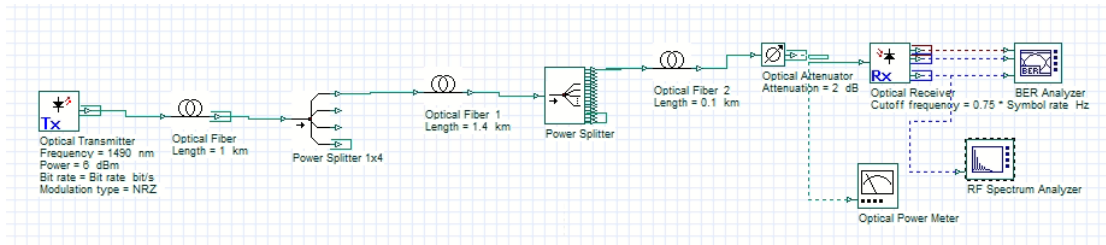
Nota. (Autor,2022)

El atenuado es configurado en 2 dB, variando este parámetro se podrá visualizar posteriormente el cambio y la apertura del diagrama de ojo. Para obtener la potencia recibida se ha colocado un optical power meter y un BER Analyzer para el diagrama de ojo que se ha mencionado anteriormente.

El diagrama completo se presenta en la siguiente imagen, contemplando las tres etapas que se ha mencionado más a detalle anteriormente.

Figura 36

Diagrama de enlace óptico



Nota. (Autor,2022)

Análisis de simulación para el caso más crítico

La potencia recibida a la salida de los componentes del enlace de la red GPON se puede visualizar mediante el Optical Power Meter con el fin de validar si será aceptada por la recepción o no se encuentra en el rango de los equipos utilizados. El BER Analyzer permite visualizar el BER, valor que debe estar entre los 10^{-9} y 10^{-10} . Cabe mencionar que el Bit Error Ratio califica toda la información que ha sido recibida, si se tiene un número de bits con error muy grande, la señal tendrá reducción en su calidad. El diagrama de ojo puede ser interpretado mediante el Analyzer y se considera que tendrá mejor tolerancia al ruido si la apertura del ojo es más grande.

En la salida del atenuador óptico (2dB) considerando una pérdida muy reducida de todos los elementos a usar en la red como conectores y fusiones, mediante el Optical Power Meter como se indica en la figura se tiene una potencia recibida de -20.288 dBm, valor que se encuentra en el rango de la ONU establecido respectivamente para el funcionamiento adecuado.

Figura 37

Potencia recibida para el usuario más alejado

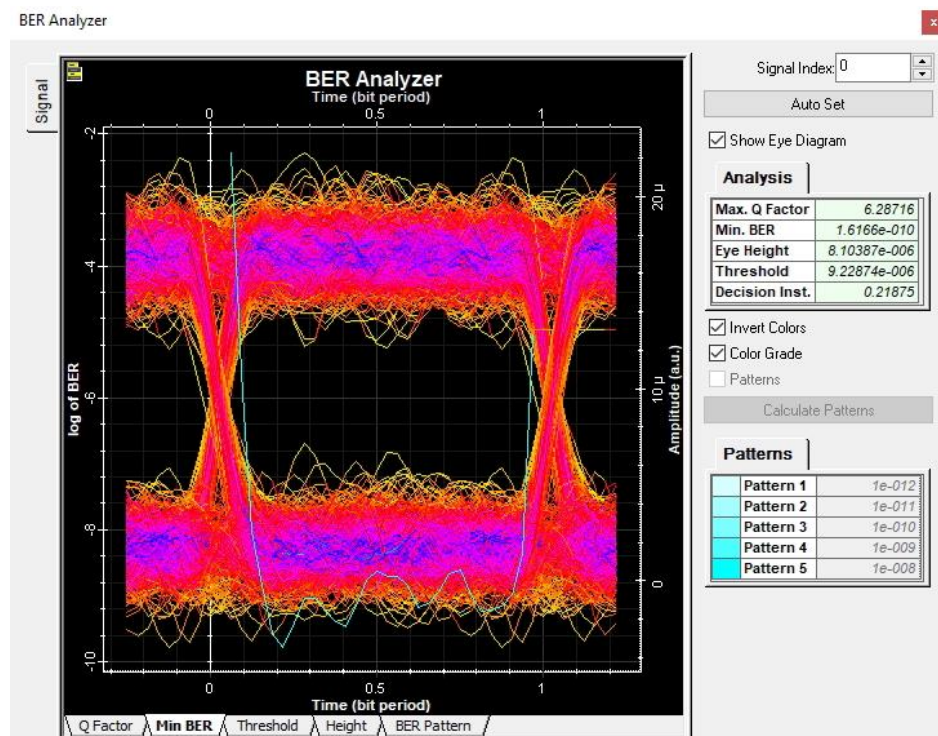


Nota. (Autor,2022)

Para el usuario mas alejado, usando dos niveles de splitteo se obtuvo el siguiente diagrama de ojo en sentido downstream. Como se puede observar se tiene una buena apertura del mismo y se puede deducir que se tiene una mejor sensibilidad en la recepción. La tasa de bits cerrados es de 1.6166×10^{-9} valor adecuado para una buena tolerancia de ruido cumpliendo la norma UIT-T G.984.6.

Figura 38

Diagrama de ojo en sentido downstream

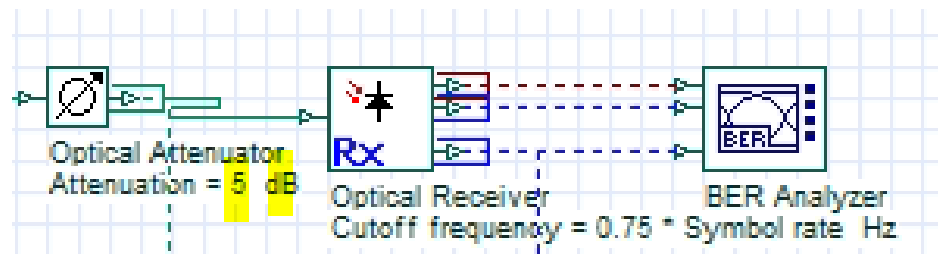


Nota. (Autor,2022)

La simulación del diagrama de ojo y potencia recibida en la ONU se encuentra en el rango especificado por los datasheets de los fabricantes de los equipos, de esta manera no se tendrá problemas en la recepción de señal. Ahora como un caso crítico se establecerá un atenuador óptico de 5 dB como se muestra en la figura con el fin de validar la potencia en la recepción y el diagrama de ojo.

Figura 39

Atenuador óptico de 5 dB

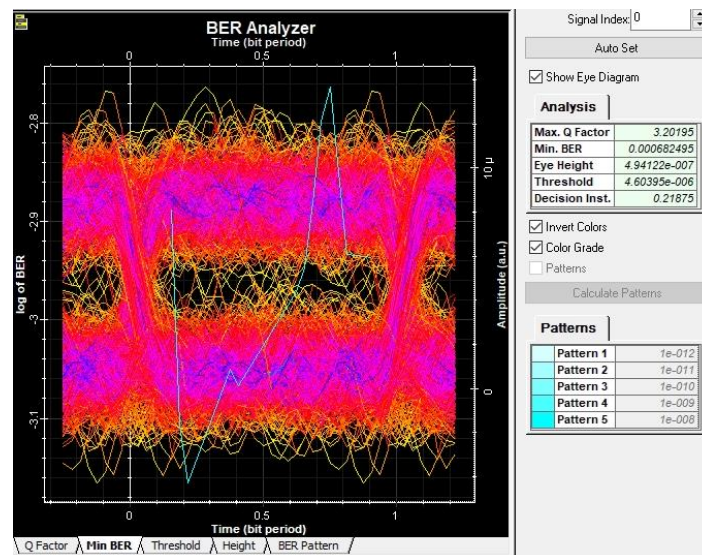


Nota. (Autor,2022)

Como se puede observar el diagrama de ojo tiene una apertura muy angosta, esto se da porque mientras más distancia exista mayor atenuación existirá y sobre todo en este caso se está estableciendo un valor muy alto de atenuación de los elementos. El valor del BER es de 6.824×10^{-4}

Figura 40

Diagrama de ojo para atenuador 5 dB



Nota. (Autor,2022)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En la simulación se ha colocado un atenuador para establecer un valor global de pérdidas de conectores, empalmes, entre otros y con un valor muy reducido de 2 dB, mediante un Optical Power Meter se calcula la potencia recibida y es de 20.288 dBm, valor adecuado y permitido por la ONU en la parte final del cliente con una tasa de bits cerrados de 1.6166×10^{-9} que cumple con la norma UIT-T G.984.6
- Colocando un atenuador de 5 dB al final del enlace, la potencia se encuentra dentro de los valores umbrales de la ONU, pero el diagrama del ojo como se muestra en la figura de la simulación se encuentra más cerrado a diferencia del caso anterior y se tiene un valor del BER de 6.824×10^{-4} debido a que entre más alejado el usuario se tendrá más atenuación y la señal se reducirá lo que no sería muy efectiva al momento de hacer uso.
- Usando longitudes de onda diferentes y haciendo cálculos con los mismos, la sensibilidad máxima que se obtiene en la parte final del enlace no sobre pasa los -28 dBm y es un valor umbral que se encuentra en el rango permitido en el elemento activo de la ONU.
- El usuario más alejado se encuentra a una distancia de 1.4 Km aproximadamente, llegando a obtener una atenuación en la ODN de - 25 dBm simulado con elementos que atenúan la señal.
- El software a utilizar es Optisystem el mismo que ha permitido diseñar y simular en este caso un enlace óptico, en el mismo que se encuentran los componentes activos y pasivos con el fin de tener los valores más parecidos a la realidad cuando se despliegue la red en campo.

RECOMENDACIONES

- Se debe considerar en una red óptica el uso de splitteo hasta dos niveles máximo, de esta manera no existirían variedad de conectores, fusiones que no permitan al cliente gozar de una señal eficiente.
- Los softwares computaciones permiten visualizar una red lo más real posible, con valores que se tendrían en un caso práctico, por lo que se recomienda hacer uso de estos simuladores ya que ayudarían ir manipulado los valores en los equipos con el fin de obtener un enlace adecuado para el proveedor.
- Para el diseño establecido se ha considerado un alcance de 500 usuarios, pero si en algún momento se desea expandir más la red para compartir internet a más usuarios se debería considerar un equipo activo (OLT) con más puertos y su capacidad más robusta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boquera, M. C E. (2005). Comunicaciones ópticas. Conceptos esenciales y resolución de ejercicios. Ediciones Díaz de Santos.
- Carrión Torres, W. O., & Cevallos Cuenca, D. F. (2011). *Estudio y diseño de la red de fibra óptica para el transporte de aplicación triple play en el trayecto Cuenca-Girón-Pasaje* (Bachelor's thesis).
- Cruz, J. E. (2020). La auditoría en entorno COVI-19. Uso de tecnología y enfoque de riesgos. *Podium*, (38), 67-86.
- Chambergó Huaracnca, F. K. (2021). Sistema de red FTTH utilizando la tecnología GPON para mejorar la calidad de servicio de internet en los clientes con red EOC de la empresa Cablered Perú 2021.
- García Leal, M. H., & Romero Rojas, J. C. (2021). Experiencias docentes del uso de la tecnología educativa en el marco de la pandemia por COVID-19. *Revista Información Científica*, 100(2).
- Grosz, D. f. (2003). Sistemas de comunicación por Fibra óptica de alta capacidad. Buenos Aires, Argentina.
- Guaman K. (2015). Diseño de una red GPON FTTB para la base Naval Sur de la ciudad de Guayaquil.
- Laferrière, J. (2007). Reference guide to fiber optic testing (Vol. 1.). San Jose, CA, USA: JDS Uniphase Corporation.
- Leiva, H. (2021). Diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPO para la ciudad de Huacho.
- Llangari N. (2015). Redes de Acceso GPON. Chimborazo, Cotopaxi, Ecuador.

- Montenegro, C. (2021). Estudio técnico para la implementación de una red GPON para la parroquia Sinaí de la provincia de Morona Santiago.
- Moreno, M.(2008). Estudio técnico económico de factibilidad para el diseño de redes PON y GPON. Quito, Ecuador.
- Osorio, A. (2016) Redes GPON-FTTH, evolución y punto críticos para su despliegue en Argentina.
- Pérez, A.(2012). Implantación de la red FTTH como alternativa
- Ponce, A., & Stalin, J. (2015). Diseño e implementación de una red de fibra óptica FTTh utilizando el estándar GPON para la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones y sus laboratorios en la Universidad Estatal Península de Santa Elena
- Quisnancela, N. (2016). Certificación de redes GPON, normativas ITU G. 984. X. Enfoque UTE, 7(4), 16-30.Laferrière, J. (2007). Reference guide to fiber optic testing (Vol. 1.). San Jose, CA, USA: JDS Uniphase Corporation.
- Remache, M. (2016). Propuesta de migración de la red de cobre a fibra óptica usando el estándar GPON, para brindar servicios de internet, voz y datos en el sector central del Cantó Salitre.
- Reynold, S. (2010). Evolución de las Redes ópticas. *Revistas académicas UTP*. Recuperado el, 2010, vol. 20.
- Rodríguez, Y. (2009). Fibra óptica. El Cid Editor
- Vega, J. (2016). *Análisis del proceso de implementación de internet por fibra óptica sector Guasmo Sur* (Master's thesis, Universidad de Guayaquil). a la red de cobre (Tesis de Postgrado). Universidad de Cataluña, Cataluña.

Villagómez, E. G. G. (2014). *Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Red de Fibra Óptica entre Desaguadero y Moquegua*. Pontificia Universidad Católica del Perú-CENTRUM Católica (Perú).