



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Diseño y simulación de una red FTTH sobre GPON y la factibilidad de
implementar el servicio de banda ancha en Monte Sinaí**

AUTOR:

Sánchez Chicaiza Erick Antonio

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

15 de septiembre del 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Sánchez Chicaiza Erick Antonio** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Sánchez Chicaiza Erick Antonio**

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación “**Diseño y simulación de una red FTTH sobre GPON y la factibilidad de implementar el servicio de banda ancha en Monte Sinai**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2021

EL AUTOR

SÁNCHEZ CHICAIZA ERICK ANTONIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Sánchez Chicaiza Erick Antonio**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño y simulación de una red FTTH sobre GPON y la factibilidad de implementar el servicio de banda ancha en Monte Sinaí”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2021

EL AUTOR

SÁNCHEZ CHICAIZA ERICK ANTONIO

REPORTE DE URKUND

URKUND Abrir sesión

Documento	Trabajo de titulación Erick Sánchez corregido.docx (D112153677)
Presentado	2021-09-06 21:40 (-04:00)
Presentado por	fernandopm23@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisión del Trabajo de titulación Erick Sánchez Mostrar el mensaje completo 4% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.

Lista de fuentes	Bloques
Categoría	Enlace/nombre de archivo
	http://www.fibresplitter.com/news/ftth-access-n...
	http://201.159.223.180/bitstream/3317/11346/1/T...
	https://xxamin1314.medium.com/una-visi%C3%...
	http://201.159.223.180/bitstream/3317/5457/1/T...
	https://xdoc.mx/documents/repositorio-dspace-u...
	https://community.fs.com/es/blog/components-a...

1 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Diseño y simulación de una red FTTH sobre GPON y la factibilidad de implementar el servicio de banda ancha en Monte Sinai

AUTOR: Sánchez Chicaiza Erick Antonio

Trabajo de Titulación

previo a la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: Ing. Edwin Fernando Palacio Meléndez, Msc.

Guayaquil, Ecuador



DEDICATORIA

El trabajo de titulación va dedicado en primer lugar a Dios por darme fuerzas, energía y sabiduría para afrontar con mucho esfuerzo la carrera universitaria. En segundo lugar agradecer a mis padres que son y han sido mi sustento económico y emocional durante este largo trayecto.

A todas las personas que creyeron en mi desde el primer día y a todas esas personas que me motivaron a seguir hacia adelante.

EL AUTOR



SÁNCHEZ CHICAIZA ERICK ANTONIO

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios y a mis padres por todas las fuerzas y el apoyo que implantaron en mi.

A la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por abrirme las puertas y permitirme estudiar la carrera de ingeniería en Telecomunicaciones en la Facultad Técnica para el Desarrollo.

A mi tutor M. SC. Edwin Fernando Palacio Meléndez por acompañarme y guiarme en este trabajo de titulación. También a cada uno de los docentes y autoridades de la facultad Técnica Para el Desarrollo en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, quienes implantaron sus conocimientos en cada una de las materias que pude tomar con cada uno.

Y a cada una de las personas que han estado a mi lado desde el primer día.

EL AUTOR



SÁNCHEZ CHICAIZA ERICK ANTONIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS
DECANO

f.

M. Sc. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f.

M. Sc. CARLOS BOLIVAR ROMERO ROSERO
OPONENTE

Índice general

Índice de figuras.....	XI
Índice de tablas.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
Capítulo 1: Descripción del trabajo de titulación	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.	3
1.3. Definición del Problema	3
1.4. Justificación del Problema.....	3
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Metodología de Investigación.....	5
Capítulo 2: Fundamentación Teórica de Comunicaciones por Fibra Óptica ...	6
2.1. Las comunicaciones ópticas.....	6
2.2. Tipos de fibra óptica	8
2.2.1 Fibra Monomodo.....	8
2.2.2 Fibra Multimodo.....	9
2.2.2.1 Fibra Multimodo de índice escalonado.....	10
2.2.2.2 Fibra Multimodo de índice gradual.....	10
2.3. Dispersión cromática.....	10
2.4. Dispositivos en los sistemas de comunicaciones ópticas.....	11
2.5. Consideraciones y tipos de cableados	12
2.5.1. Cableado de ductos y micro ductos	12
2.2.3 Cableado enterrado	13
2.5.2. Cableado aéreo	13
2.6. Red FTTH.....	14

2.6.1.	Componentes De La Red De Acceso GPON FTTH	16
2.6.2.	Divisores ópticos.....	17
2.6.3.	Arquitectura de FTTH de GPON	18
2.6.4.	Red principal FTTH.....	19
2.6.5.	Red de alimentación FTTH	19
2.7.	Configuración de fibra punto a punto	21
2.7.1.	Terminal de línea óptica.....	22
2.7.2.	Terminal de red óptica	23
2.8.	Ventajas de la red GPON	25
2.9.	Desventajas de GPON	26
2.10.	Importancia de la red GPON	27
2.11.	Propiedad de la infraestructura de red	30
CAPÍTULO 3: Desarrollo, simulación y resultados obtenidos		33
3.1.	Descripción de la red de distribución a crear.....	33
3.2.	Mapa de la red de distribución y elementos utilizados	33
3.2.1	Nodo o central	34
3.2.2	ODF en central	35
3.2.3	Cable feeder	35
3.2.4	Manga de distribución.....	36
3.2.5	NAP o caja óptica de distribución	37
3.2.6	Splitters conectorizado y para mangas	37
3.3.	Tabla de costos de la red de distribución	38
3.4.	Presupuesto óptico.....	42
3.5.	Diseño de la simulación y resultados	42
Capítulo 4: conclusiones y recomendaciones		49
4.1.	Conclusiones.....	49
4.2.	Recomendaciones.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....		50

Índice de figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Red de fibras ópticas	6
Figura 2. 2: Fibra Óptica	7
Figura 2. 3: Fibra Monomodo.....	8
Figura 2. 4: Fibra multimodo	9
Figura 2. 5: Dispersión cromática	11
Figura 2. 6: Cableado de ductos.....	12
Figura 2. 7: Red FTTH.....	15
Figura 2. 8: Arquitectura de una red GPON.....	18
Figura 2. 9: Red FTTH.....	20
Figura 2. 10: Red punto a punto	22
Figura 2. 11: Partes de una red de acceso basada en FTTH	24
Figura 2. 12: Infraestructura de telecomunicaciones	31

Capítulo 3

Figura 3. 1: Sector de Monte Sinaí	33
Figura 3. 2: Mapa de la red de distribución en Monte Sinaí.....	34
Figura 3. 3: Nodo o Central.....	34
Figura 3. 4: ODF en central	35
Figura 3. 5: Cable Feeder	36
Figura 3. 6: Manga de distribución o de splitteo.....	36
Figura 3. 7: NAP o caja óptica de distribución	37
Figura 3. 8: NAP o caja óptica de distribución	38
Figura 3. 9: Diseño de simulación de la transmisión de fibra óptica en Optisystem.....	43
Figura 3. 10: Ojo de pez obtenido para la longitud de onda 1550nm.....	43
Figura 3. 11: Factor Q obtenido para la longitud de onda 1550nm	43
Figura 3. 12: Mínimo B.E.R. obtenido para la longitud de onda 1550nm.....	44
Figura 3. 13: Umbral obtenido para la longitud de onda 1550nm	44
Figura 3. 14: Altura máxima obtenida para la longitud de onda 1550nm	45
Figura 3. 15: Ojo de pez obtenido para la longitud de onda 1500nm.....	45
Figura 3. 16: Factor Q obtenido para la longitud de onda 1500nm	46
Figura 3. 17: Mínimo B.E.R. obtenido para la longitud de onda 1500nm.....	46

Figura 3. 18: Umbral obtenido para la longitud de onda 1500nm 47
Figura 3. 19: Altura máxima obtenida para la longitud de onda de 1500nm 47

Índice de tablas

Capítulo 3

Tabla 3. 1: Costos de los rubros para la red de distribución	2
Tabla 3. 2: Presupuesto óptico	42
Tabla 3. 3: Resultados de la simulación	48

RESUMEN

La presente investigación prevé que el servicio de FTTH de una red GPON esté al alcance de los moradores de varios sectores de Monte Sinaí en la ciudad de Guayaquil, ya que en muchos sectores de esta cooperativa aún no cuentan con un servicio digno de consumir y a un costo alcanzable para estas personas de bajo recurso. Más aún que en la actualidad las clases se mantienen de manera virtual y no presencial y muchos o todos los hogares necesitan del servicio de internet de banda ancha. Se plantea las características básicas para el diseño y la creación de redes troncales que puedan abastecer para una cantidad de usuarios en el sector de Monte Sinaí en la Coop. Valle verde. Posteriormente se realizará la simulación usando el programa de Optisystem, para la verificación de datos y enlaces correctamente trazados. Finalmente, se comprobarán datos para el correcto enlace de esta red troncal, partiendo del nodo central de CNT en La Casuarina, ocupando el servicio que ofrece la compañía de CNT, que en este caso sería la más rentable para este proyecto que sería para ayuda de gente humilde del sector de Monte Sinaí.

Palabras claves: FTTH- GPON- CNT- ENLACES TRONCALES- OPTISYSTEM- BANDA ANCHA

ABSTRACT

The present investigation foresees that the FTTH service of a GPON network is available to the residents of various sectors of Mount Sinaí in the city of Guayaquil, since in many sectors of this cooperative they still do not have a service worth consuming and at a cost achievable for these low-income people. Even more so than at present classes are held virtually and not in person and many or all households need broadband internet service. It raises the basic characteristics for the design and creation of backbone networks that can supply approximately one thousand users in the Mount Sinai sector. Subsequently, the simulation will be carried out using the Optisystem program, for the verification of data and correctly drawn links. Finally, data will be checked for the correct link of this backbone network, starting from the central node of CNT in La Casuarina, occupying the service offered by the CNT company, which in this case would be the most profitable for this project that would be to help humble people from the Mount Sinai sector.

Keywords: FTTH- GPON- CNT- TRUNK LINKS- OPTISYSTEM- BROADBAND

Capítulo 1: Descripción del trabajo de titulación

1.1. Introducción

En la actualidad, la fibra óptica se ha vuelto una herramienta muy importante para las telecomunicaciones porque es un sistema muy eficaz y eficiente que a todos los usuarios que gozan de los servicios de telecomunicaciones lo disfrutan y ven la diferencia con respecto a mejoras y velocidades de transmisión de datos.

Cuando se habla de fibra óptica, se refiere a transmisiones a larga distancia y con mayor velocidad sin pérdida de información. Es una mejora para los servicios de datos porque a pesar de lo antes dicho, también elimina las interferencias y el ruido que normalmente se tenía con los sistemas de cobre, también da mejor calidad de imagen, video y sonido. Además, su instalación es más fácil y tiene menos repercusiones en el sentido de que a corto tiempo haya que realizar una reparación, el cableado es más sencillo y más ligero, no sufre de deterioraciones con el pasar del tiempo, esto hablando del cable para el servicio FTTH.

Esta tecnología tiene un mayor nivel de seguridad, por ejemplo, las tradicionales transmisiones con el cable de cobre puede ser interceptada con facilidad, pero con la fibra óptica es más complicado, ya que se transporta a través de la luz. En lo que abarca seguridad, también hay que referirse a la seguridad en lo que es interferencias electromagnéticas o en las alzas de tensión. La red de fibra óptica no es vulnerable a estas ondas.

Actualmente en el país, hay varios operadores que ofrecen servicio por medio de fibra óptica, normalmente para servicios de datos, pero solo hay una compañía que ofrece un servicio duopack que es voz y datos por medio de la fibra óptica y es CNT, precisamente la compañía del estado. Con el sistema de fibra óptica se puede brindar un servicio óptimo, y es por eso que hay varias compañías de compra-venta de servicio de fibra óptica para abacar un anillo con una cantidad de usuarios estimados.

1.2. Antecedentes.

El servicio de internet de banda ancha a través de la fibra óptica en la actualidad es los más óptimo que existe, gracias a la velocidad de transmisión de datos que otorga la velocidad de la luz. Anteriormente, el servicio de banda ancha era a través de redes de cobre, que en primera instancia era lo mejor y suficiente para lo que se usaba el internet, pero a medida que el tiempo transcurre y la tecnología avanza, el internet que ofrece la red por cobre no iba siendo suficiente para lo que actualmente se utiliza (juegos en línea, OTTs, Streaming, etc.). Es por eso que en la actualidad la fibra óptica es la prioridad y la que reina en los servicios de internet banda ancha e incluso telefonía fija.

1.3. Definición del Problema

La fibra óptica se ha convertido en la herramienta esencial en la vida cotidiana de las personas y el servicio de FTTH es lo que usualmente todas las personas tienen en sus hogares, dejando atrás el pésimo servicio que en la actualidad ofrece el cobre.

Con este proyecto lo que se quiere realizar es una mejora en el servicio de internet para aproximadamente 100 moradores del sector de Monte Sinaí y así puedan disfrutar del servicio FTTH y puedan realizar sus actividades más que todo escolares para los jóvenes que necesitan tener acceso a la red. Con un servicio de calidad y un precio muy cómodo para el bolsillo de cada hogar de este sector marginal de la ciudad de Guayaquil.

Por consiguiente, se realizarán cálculos de los enlaces trazados desde la red troncal de La Casuarina hasta este sector, haciendo las correctas distribuciones de las Naps en distancias determinadas y que se puedan abastecer en los hogares a los que se quiere llegar con este proyecto.

1.4. Justificación del Problema

Este servicio de FTTH a través de GPON es de gran importancia en el país, ya que la mayoría de empresas de telecomunicaciones deciden invertir en estas infraestructuras, que a pesar de ser un poco costosa vale la pena porque su mantenimiento no es muy costoso y prácticamente no tienen fallas,

siempre y cuando el trabajo realizado en la distribución y la dispersión esté correctamente hecho.

Se pretende realizar una visualización a futuro para seguir dando el servicio de GPON a más moradores del sector de Monte Sinaí y a otros barrios marginales de la ciudad de Guayaquil a futuro, con la finalidad de mejorar la calidad de acceder a la red con un internet óptimo. A lo largo de la historia se ha ido mejorando u progresando, desde el servicio por cobre de 4Mbps al servicio de fibra que puede llegar a 100Mbps en FTTH, y en servicio de última milla en GPON en instalaciones corporativas pueden llegar a los Gbps.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación

1.5.1. Objetivo General

Analizar el diseño de una red FTTH de GPON para moradores del sector de Monte Sinaí y realizar la simulación a través del software Optisystem.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Describir el método utilizado para el diseño la red GPON en el sector.
- Realizar el diseño de la red GPON-FTTH en Monte Sinai con la ayuda del software AutoCad.
- Elaborar el presupuesto óptico una tabla de costos con los rubros y los valores aproximados para la red de distribución.
- Analizar los resultados obtenidos del enlace óptico utilizando el simulador de redes ópticas "OptiSystem".

1.6. Hipótesis.

La hipótesis de la presente investigación propone determinar el diseño de la red GPON – FTTH que se quiere implementar en el sector de Monte Sinaí para los abonados a los que se quiere llegar. Posteriormente realizar la simulación en Optisystem y corroborar los datos que se obtendrá en el trabajo que se realizará. De esta manera se adquirirán los conocimientos de los aspectos técnicos-operativos de la red GPON. De esta manera se obtendrá la capacidad de entender y aprender el desarrollo de la distribución y dispersión de un sistema FTTH en el servicio de banda ancha.

1.7. Metodología de Investigación

La metodología a desarrollar en el presente trabajo, será de tipo cualitativo y cuantitativo, ya que se va a analizar la factibilidad para el diseño de una red de FTTH con tecnología GPON en un sector marginal de la ciudad de Guayaquil y a su vez determinar aspectos físicos para en un futuro diseñar una red parecida.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica de Comunicaciones por Fibra Óptica

2.1. Las comunicaciones ópticas

La fibra óptica parte con su primer intento de usar la luz como transmisión por la velocidad que proporciona y fue hecho por Alexander Graham Bell en 1880. Usó un haz de luz para transportar información y se evidenció que la transmisión de las ondas de la luz no eran prácticas por la atmósfera de la tierra, ya que, el vapor de agua, oxígeno y partículas que hay en el aire absorben y atenúan la transmisión y las frecuencias. La fibra óptica está constituida por vidrio que tiene la apariencia de una hebra de cabello pero de color transparente y tiene un índice de refracción alto, y no tiene conductividad por su material dieléctrico. Se puede transmitir información a altas velocidades y a largas distancias sin muchas pérdidas, incluso con curvaturas (Chiriguayo, 2017)

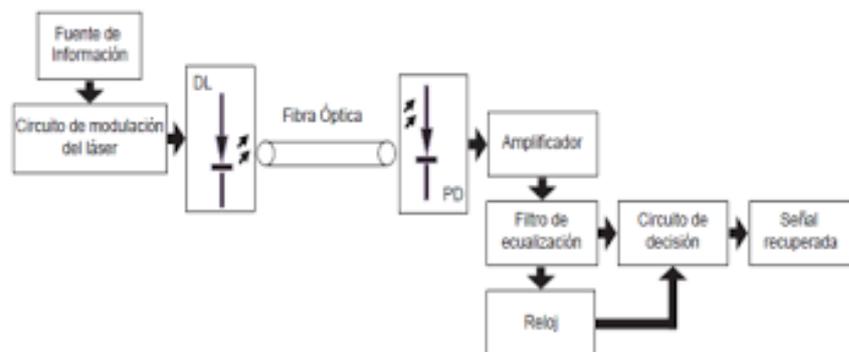


Figura 2. 1: Red de fibras ópticas
Fuente: (Peñafiel & Jácome, 2018)

Haciendo comparación con el sistema convencional de cobre, el cual requiere de repetidores a una distancia de aproximadamente 2km por motivo de su atenuación y pérdida de transmisión por la distancia como se visualiza en la figura 2.1, la fibra óptica puede ser instalada en tramos de hasta 70km sin necesidad de repetidores lo que la hace que su mantenimiento sea más económico y más fácil.

La fibra óptica es el medio de transmisión más usado en la actualidad para las redes de datos, es un hilo muy fino transparente de material vidrio o

plástico. El método de transmisión es enviar pulsos de luz que son los que representan los datos a transmitir. En función a la ley de Snell la luz se confina y se propaga en su totalidad a través del núcleo que incrementa su ángulo de reflexión. Dicha fuente es láser o LED (Alcantud et al., 2018)

La reflexión interna total es cuando el índice de refracción tiene un ángulo mucho mayor que el ángulo crítico y eso causa que la luz se refleje internamente sin pérdidas y de esta manera la luz puede transmitirse a largas distancias reflejándose todo el tiempo de transmisión. La manera de ya no tener pérdidas por temas externos puede ser que el revestimiento de la fibra sea de mayor protección y que se disminuya el índice de refracción. Estas reflexiones son producidas por la separación del vidrio y el revestimiento en la superficie.

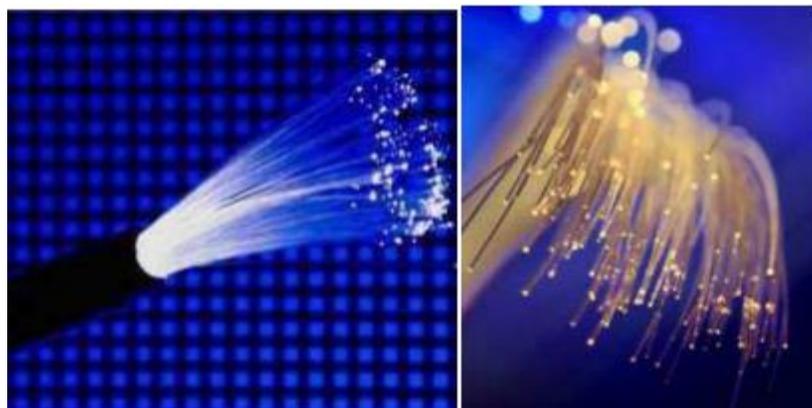


Figura 2. 2: Fibra Óptica
Fuente: (Chiriguayo, 2017)

La fibra óptica está compuesta de 12 colores y cada color representa un par para la transmisión técnicamente hablándolo (Véase en la figura 2.2). a su vez, con estos colores se generan los “códigos de colores” para poder hacer la mezcla de ellos y así crear cables de varios pares de hilos. Estos cables pueden llegar a tener como máximo 288 hilos (dos buffers de 144 hilos) de fibra en un solo cable y que normalmente son los cables interoceánicos, sabiendo que de un hilo puede abastecer a uno o varios splitters, todo dependiendo de que no llegue a su límite de pérdida de potencia.

Las comunicaciones a través de la fibra óptica actualmente son las más usadas en el ámbito de las telecomunicaciones, por su alta eficacia en la

transmisión de datos, dejando ya de lado y casi obsoleto las comunicaciones por cobre aunque aún existen lugares donde se lo utiliza. Sin embargo, también existen las redes HFC (Hybrid Fiber Coaxial) que es la combinación de la fibra óptica con el cobre, en donde toda la red de distribución es de fibra óptica y la red de dispersión o última milla llegando al abonado es ya por cobre.

2.2. Tipos de fibra óptica

Existen 2 tipos de fibras ópticas: Monomodo, Multimodo, a continuación se hace referencia acerca de ellas.

2.2.1 Fibra Monomodo

Esta fibra tiene un solo modo de transmisión y tiene un diámetro de 8.3 a 10 micras siendo constante su índice de refracción. Su diámetro es relativamente estrecho y se propaga en un solo modo normalmente en 1310, 1383 y 1550nm. Transporta mayor ancho de banda que la multimodo y su transmisión tiene mayor distancia con una velocidad de 50 veces más que la multimodo y esto es lo que hace que su costo sea más caro. Su núcleo es más pequeño y su única luz de longitud de onda fija elimina cualquier distorsión y esto hace que su atenuación disminuya y la velocidad de su transmisión sea más alta en comparación a la de otras fibras.



Figura 2. 3: Fibra Monomodo
Fuente: (Barcina, 2017)

Su índice es escalonado y su transmisión puede ser digital o analógica (como se observa en la figura 2.3) y es la que normalmente se usa para los enlaces troncales, red de distribución y últimas millas de las compañías que brindan servicios por medio de fibra óptica.

2.2.2 Fibra Multimodo

Esta fibra es normalmente usada para distancias cortas como podría ser un edificio o una institución académica. Estos tipos de enlace tienen una velocidad de entre 10Mbps a 10Gbps en una distancia de aproximadamente 600 metros. Este tipo de fibra (véase la figura 2.4) a diferencia de la monomodo tiene su núcleo más grande, lo que permite que su propagación sea para varias luces lo que hace que se limite la longitud de transmisión máxima por la dispersión intermodal. Los equipos y materiales para su uso es más barato que los de la monomodo, pero la velocidad de su transmisión se limita a aproximadamente 100Mbps cada dos kilómetros, 1Gbps hasta 1 kilómetro y 10Gbps hasta 550 metros (Alustiza et al., 2019)

El cable multimodo está hecho de fibras de vidrio y se puede apreciar en la figura 2.4, con diámetros comunes en el rango de 50 a 100 micrones para el componente de transporte ligero (el tamaño más común es 62.5). POF es un nuevo cable basado en plástico que promete un rendimiento similar al cable de vidrio en recorridos muy cortos, pero a un costo menor.



Figura 2. 4: Fibra multimodo
Fuente: (Calvo, 2020)

La fibra multimodo le da un alto ancho de banda a altas velocidades en distancias medias. Las ondas de luz se dispersan en numerosos caminos, o modos, a medida que viajan a través del núcleo del cable, típicamente 850 o 1300 nm. Los diámetros típicos de núcleo de fibra multimodo son 50, 62,5 y 100 micrómetros. Sin embargo, en tramos de cable largos (más de 3000 pies [914.4 m]), múltiples trayectorias de luz pueden causar distorsión de la señal en el extremo receptor, lo que resulta en una transmisión de datos poco clara e incompleta. Los tipos de fibra multimodo que actualmente existen son dos: fibra multimodo de índice escalonado y la fibra multimodo de índice gradual.

2.2.2.1 Fibra Multimodo de índice escalonado

Este tipo de fibra es caracterizado por permitir la propagación de diferentes modos, y esto es posible porque en algunas ocasiones el diámetro del núcleo es mayor a la longitud de onda. Su fabricación es a base de vidrio y tienen una atenuación de 30dB por kilómetro y 100dB por kilómetro cuando es de fibra plástica. Su ancho de banda puede llegar hasta los 40MHz por kilómetro. Su índice de refracción es superior al del revestimiento y su núcleo es de un material uniforme. Y su nombre de escalonado se da debido a que la luz que viaja de su núcleo hacia la cubierta tiene una variación extrema del índice. En esta tipo de fibra se transportan varios rayos de luz que se reflejan a diferentes ángulos (F. G. López et al., 2017)

2.2.2.2 Fibra Multimodo de índice gradual

En este tipo de fibra el eje del núcleo exterior decrece gradualmente, los rayos de luz no se reflejan sino que se curvan según vayan dirigiéndose hacia el revestimiento. Su índice de refracción es menor, lo que hace que su velocidad de propagación sea mayor. Es decir, los rayos que se propagan a mayor distancia llegan más rápido que los rayos que son propagados a menor distancia, y gracias a esto es que todos los rayos nienen casi el mismo tiempo de llegada, casi iguales al final del recorrido, lo que permite que haya menos atenuación (López Polo, 2016)

La banda de paso de este tipo de fibra es de 500MHz por cada kilómetro. Lo contrario a la fibra multimodo de índice escalonado, el núcleo de esta tipo de fibra tiene variantes y carece de aumento cuando es desplazado hacia el exterior de la cubierta. El haz de luz de la fibra hace que su eje se mantenga y evita la existencia de dispersión para los diferentes tipos de propagación.

2.3. Dispersión cromática

La dispersión cromática son los diferentes cambios de velocidades que genera la fibra óptica en cada haz de luz debido a cada longitud de onda. Esto es a través de la emisión no monocromática (véase en la figura 2.5).

$$n = \frac{c}{v_p}$$

donde, n es el índice de refracción de la fibra óptica; c es la velocidad de la luz; v_p es la velocidad de propagación para una única longitud de onda λ . El índice de refracción es dependiente de λ $n(\lambda)$, y varía con la longitud de onda (color) y c es una constante, entonces la v_p varía para diferentes λ . (considerando solo dispersión en el material)

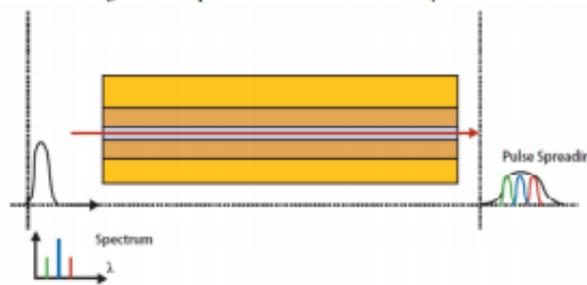


Figura 2. 5: Dispersión cromática
Fuente: (Barcina, 2017)

La unidad de la dispersión cromática es ps/km*nm. Toda dispersión disminuye la velocidad máxima de transmisión, ya que hace que se agranden los pulsos.

2.4. Dispositivos en los sistemas de comunicaciones ópticas

El uso de la luz para transmitir información comenzó probablemente con el descubrimiento del fuego, en la edad moderna las comunicaciones ópticas nacieron con el LED y el LD y la aparición de fibras ópticas de bajas pérdidas. Siendo las fibras ópticas elementos imprescindibles en las comunicaciones ópticas se exige que los dispositivos que hacen uso de estas fibras sean completamente compatibles con ellas. Uno de los desarrollos más grandes se está dando en los componentes ópticos para aplicaciones de comunicaciones ópticas vía fibra óptica. Es en estas aplicaciones donde las exigencias a los componentes es más grande (Pérez et al., 2016)

Después de ver las características de LEDs, LDs y detectores ópticos la pregunta clara es si de verdad se necesitan LDs de sólo 3Å de ancho de espectro y no es suficiente con un LED con un ancho de espectro de 200Å a una longitud de onda de 8800Å y con 100μW para un sistema de transmisión a 1Gbps. Para responder a esta pregunta hay que conocer los fundamentos

de los sistemas de comunicación en general y de los sistemas de comunicaciones basados en fibra óptica en particular.

2.5. Consideraciones y tipos de cableados

La fibra óptica tiene varios tipos de cables de varias cantidades de hilos para diferentes tipos de instalación. A continuación se mostrará los tipos de cables y cableados que son normalmente usados en este sistema.

2.5.1. Cableado de ductos y micro ductos

Este tipo de cableados son normalmente directos y se pueden usar varios tipos de fibras ópticas, ya sea de 2, 4, 6, 24, 48, etc., pero el cable debe ser de tipo canalizado, ya que, al estar por debajo de calles es muy normal que insectos o roedores vayan a lastimar o dañar la fibra. También deben de ser con un revestimiento muy grueso que no permita que la manipulación o diferentes trabajos en los ductos vayan a perjudicar el cable (Alustiza et al., 2019)

En este tipo de cableado es muy recomendable que las reservas que se dejan sean muy considerables como se muestra en la figura 2.6, esto permitirá a que cuando se realicen trabajos de mantenimiento sea muy factible y no haya inconvenientes con la reparación. En realidad cada empresa tiene su método de trabajo y sus reglas, pero normalmente el cable de reserva de extremo a extremo en un cableado debe ser de 20 metros punto a punto o a niveles intermedios.

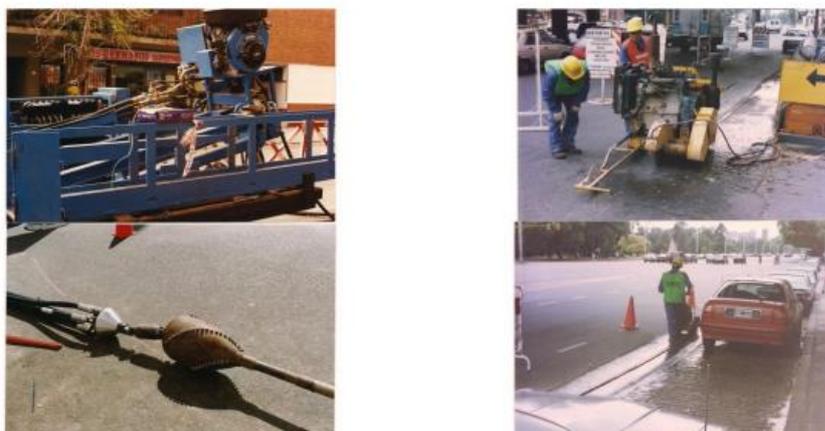


Figura 2. 6: Cableado de ductos
Fuente: (Pérez et al., 2016)

Se recomienda también respetar las curvaturas para evitar las atenuaciones porque las cargas de tracción son especificadas naturalmente en condiciones de corto a largo plazo. Y en caso de que el cable sea soplado, el cable y el ducto deben ser contemporáneos y seguir las indicaciones.

2.2.3 Cableado enterrado

Estas instalaciones de cables enterrados pueden incluir zanjas profundas, tuneado direccional dirigido y surcos. Tienen mucho radio de curvatura y largas tensiones de tendido con conexiones muy duraderos sin ningún inconveniente. En este grupo de cableado también se incluye el cableado interoceánico, ya que también podría ser considerado un cable enterrado que no podría ser manipulado con facilidad.

Para este tipo de instalación se debe tener muy en cuenta el trabajo correcto y exacto porque no se puede manipular para alguna reparación, tocaría hacer la desimantación del mismo e instalar otro cable. No pueden quedar uniones o empalmes en medio del cableado. Por eso también se debe realizar la correcta verificación con el OTDR e identificar que cada hilo vaya en correcto estado y los picos de atenuación no sean elevados de su límite (Miyahara et al., 2020)

Cada cable debe ser correctamente etiquetado e identificados porque no puede haber errores. En el extremo del cableado de zanjas debe ser cubierto con un material protector por si puede haber derrumbes o algún objeto con filo que podría dañar la fibra, normalmente es usada la arena.

2.5.2. Cableado aéreo

El tipo de cableado usado en instalaciones aéreas son de índole distintos a los de ducto o enterrados, porque normalmente son usados en instalaciones de servicio FTTH desde las cajas de distribución (NAP) hacia el hogar. Al ser un cableado más sencillo, el cable no tiene tanta protección en su revestimiento y solo traen dos hilos que son el azul y el naranja. respectivamente uno para el uso que se va a dar y el otro es de reserva.

El cableado normalmente debe ser ubicado en postes de apoyos con los respectivos fijadores, haciendo uso del alambre mensajero para evitar atenuaciones y que el cable tenga una curvatura correcta. Este cableado debe ser enganchado a una distancia determinada entre poste y poste de 40 metros porque el peso del cable puede hacerlo guindar y puede haber problemas por cableado muy bajo. A mayor distancia el cable se guindará más (Rodríguez Gutiérrez, 2017)

A diferencia del cableado enterrado, este tipo de cables sí puede ser reparado entre los intermedios, aunque no es recomendable pero sí es lo más factible, obviamente identificado con el VFL o el OTDR, equipos con los que se puede determinar el daño de una fibra óptica.

2.6. Red FTTH

El exceso que tienen las operaciones de alta velocidad FTTH es lo que impulsa para que se trabajen con estas tecnologías que proporcionan extensa banda ancha. Lo que hace que los operadores de internet puedan ofrecer sus servicios a grandes cantidades de usuarios por medio de la fibra óptica y no a través del cobre. Tienen que renovar sus redes de acceso que claramente se están convirtiendo en el cuello de botella en términos de ancho de banda (Burgos & Pio, 2017)

Por lo tanto, la mayoría de los proveedores de telecomunicaciones están optando por la fibra óptica y dejando a un lado su red heredada de cobre (se observa en la figura 2.7). Sabiendo que gracias a esto los usuarios podrán navegar de manera más rápida y eficiente. Fibra hasta el hogar FTTH parece ser lo más recomendable a futuro: si los clientes están totalmente atendidos por fibras ópticas, dando la facilidad de tener una banda ancha en aumento posteriormente.

FTTH sería la mejor opción en transmisión de datos que se obtendrá en los siguientes tiempos, para brindar servicios de banda ancha como video a pedido, juegos en línea, TV HD y VoIP. La red de acceso FTTH basada en redes ópticas pasivas (PON) es la arquitectura que se usa en las instalaciones

de fibra punto a multipunto. Son llevadas al hogar desde las cajas ópticas donde se fusionan con splitters y permite la división a varios usuarios, normalmente (Castro Mandujano, 2019)

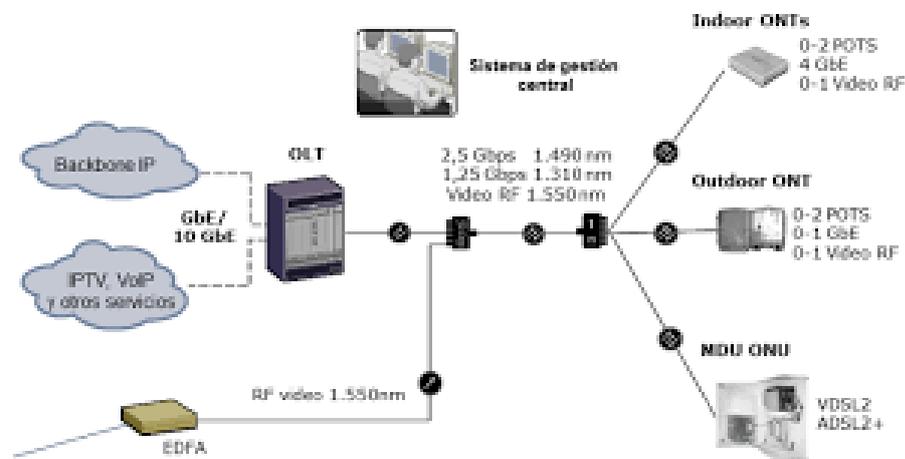


Figura 2. 7: Red FTTH
Fuente: (Castro Mandujano, 2019)

Las redes de fibra hasta el hogar aprovechan que tienen una atenuación inferior (0,2–0,6 dB / km) y superior ancho de banda (> 30.000 GHz) cuando se habla de fibra monomodo para tener un alto alcance mayor al alcance que normalmente se tiene. Además, estas redes tienen la capacidad de proporcionar todos los servicios de comunicación a saber. voz, datos y vídeo desde una plataforma de red.

Varias tecnologías TDM PON de multiplexación por división de tiempo están estandarizadas para implementaciones FTTH. La principal desventaja de TDM PON es que no es posible que diferentes operadores compartan físicamente la misma fibra. Es necesario un despliegue multifibra para compartir físicamente la red de acceso. Multiplexación por división de longitud de onda Redes ópticas pasivas WDM PON son la próxima generación en el desarrollo de redes de acceso.

La arquitectura GPON FTTH ofrece servicios de voz y datos convergentes de hasta 2,5 Gbps. GPON permite el transporte de múltiples servicios en su formato nativo, específicamente TDM y datos. Para permitir una transición sencilla de BPON a GPON, muchas funciones de BPON se reutilizan para GPON. Los estándares GPON se conocen como

Recomendaciones UIT-T G.984.1 a G.984.5. El GPON utiliza (GFP) los cuales permiten dar un servicio excelente ya sea para voz y datos (De La Cruz et al., 2020)

La mayor ventaja de GPON es proporcionar buena velocidad en los enlaces punto a punto y por tramas, y también para habilitar los GFP, los distintos paquetes que tienen protocolos diversos son transmitidos en el formato de origen y para los enlaces de voz son representados con un servicio de VOIP (voz sobre IP, protocolo de conmutación de paquetes).

Se han discutido diferentes aspectos de las redes de acceso FTTH en la literatura, abordar cuestiones relacionadas con OSP de plantas externas, considerar la eficiencia energética de estas redes, algunas cuestiones relacionadas con el costo de implementación asociado con las redes FTTH (Cortes, 2016)

2.6.1. Componentes De La Red De Acceso GPON FTTH

Una red óptica pasiva (GPON) es una fibra óptica compartida de punto a multipunto para la arquitectura de red. Utilizan los divisores ópticos o splitters en cada NAP y eso permitirá que con un solo hilo de fibra se puedan conectar a varios usuarios dependiendo del divisor óptico o splitters y sus capacidades. Las redes ópticas pasivas son típicamente pasivas, en el sentido de que emplean un divisor y un combinador óptico pasivo simple para el transporte de datos. Una GPON aprovecha una sola fibra para la subida y bajada de tráfico de voz y datos gracias a la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) con dispersión desplazada distinta de cero (UIT-T G.652).

El terminal de línea óptica (OLT) es el elemento principal de la red y generalmente se coloca en el intercambio local y es lo que permite operar con el sistema FTTH. Las funciones más importantes que realiza la OLT es encargarse del tráfico, en los cables feeders regula los búfer de cada cable y la proporción del ancho de banda. El modo de operación de una OLT es con corriente continua redundante a los -48V CC y obviando que deben tener una tarjeta para la configuración integrada y una tarjeta para la línea de internet

entrante y 1 para muchas tarjetas GPON (Frías Cabrejos & Pérez Segura, 2020)

2.6.2. Divisores ópticos

El divisor óptico es el responsable que las potencias varíen al conectarse un cable a él, ya que manda a cada punto con una potencia diferente y en el mayor de los casos elevadas y puede dividirse en un número determinado de fibras que salen del divisor y normalmente hay varios tipos de divisores en los cables, esto depende de la cantidad de extremos que se quieran. Debido a la división de potencia, la señal se atenúa, pero su estructura y propiedades siguen siendo las mismas. El divisor óptico pasivo debe tener las siguientes características:

- Longitud de onda muy extenso
- Igualdad en todas las condiciones
- Bajo grado de dimensiones
- Es muy confiable y seguro
- Ayuda y protege a la red

Los terminales de red óptica ONT (ONT) son los receptores y se colocan en el domicilio de cada cliente para posteriormente ser configurados y estos transmitan datos por medio de WLAN o los puertos LAN. Para llegar al punto del ONT debe haber buena potencia menor a -25dBm sabiendo que cuando parte desde la OLT sale con una potencia de 2dBm aproximadamente y pasando por todos las tramas y las atenuaciones se llegue bien con esta potencia. El módulo triplexor WDM separa las tres longitudes de onda 1310nm, 1490nm y 1550nm (para servicio CATV). ONT recibe datos a 1490 nm y envía tráfico en ráfagas a 1310 nm (Lara Martínez, 2016)

Se recibe vídeo analógico a 1550 nm. Media Access Controller (MAC) controla el tráfico en modo ráfaga ascendente de manera ordenada y garantiza que no se produzcan colisiones debido a la transmisión de datos ascendente desde diferentes hogares. Son convertidores de medios de fibra a cobre que ofrecen RJ11, RJ45 y serie F conectores a cualquier dispositivo.

Estos dispositivos están disponibles en muchas configuraciones y densidades de puertos de hasta 24 puertos. Los ONT están disponibles para uso en exteriores e interiores, proporcionan POE o no POE, 10/100/1000, cifrado AES y pueden incluir baterías para sobrevivir en caso de un corte de energía. GPON utiliza la asignación dinámica de ancho de banda, es decir, asigna dinámicamente el ancho de banda según la cantidad de paquetes disponibles en el T-CONT (M. A. M. López et al., 2019)

Una vez que la OLT lee el número de paquetes en espera en T-CONT, asigna el ancho de banda. Si no hay paquetes esperando en el T-CONT, entonces OLT asigna el ancho de banda a otros T-CONT que tienen paquetes esperando en T-CONT. Si una ONT tiene una cola larga, la OLT puede asignar múltiples T-CONTS a esa ONT.

2.6.3. Arquitectura de FTTH de GPON

La topología GPON su forma de operación es a través de divisiones de potencia, es decir, que desde que parte de la central OLT va perdiendo potencia porque al ser una tecnología muy confiable y de navegación viable se puede hacer este tipo de divisiones, ya sea a través de divisores ópticos o splitters (como se observa en la figura 2.8). En el área de la red central no se considera parte de la red de acceso FTTH.

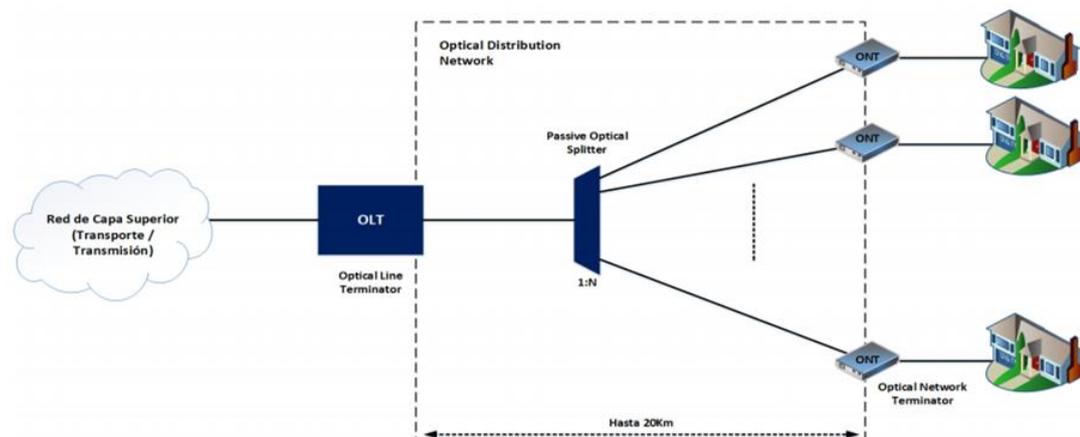


Figura 2. 8: Arquitectura de una red GPON
Fuente: (Burgos & Pio, 2017)

La arquitectura de red (véase la figura 2.8) adoptada por este documento es utilizar dos niveles de división entre la oficina central y las instalaciones del usuario, logrando una relación de división general. El divisor de nivel uno es 2: 4, donde el dígito 2 proviene de la protección de tipo B, que se explicará en la sección 4. La distancia entre el OLT y el ONT puede ser superior a 20 km dependiendo del balance total de potencia óptica disponible, que es un factor de el puerto láser OLT y el presupuesto de pérdida total (Mascarell Estruch, 2020)

2.6.4. Red principal FTTH

La red principal incluye los equipos ISP del proveedor de servicios de Internet (normalmente, el servidor BRAS y AAA), PSTN (conmutación de paquetes o conmutación de circuitos heredados). En la oficina general se encargan normalmente de proteger y resguardar la OLT y que se puedan suministrar bien los datos que cada usuario requiere. En algunas ocasiones esta oficina puede tener la información extra externa de la central.

2.6.5. Red de alimentación FTTH

El área de alimentación se extiende desde los marcos de distribución óptica (ODF) en la oficina central CO hasta los puntos de distribución. Estos puntos, generalmente gabinetes de calle, que son los FDT o como se muestra en la figura 2.9, desde la red informática o sitio central hasta la oficina del usuario.

Proporción de derrame de 2: Este tipo de divisores permite conectar el alimentador a 2 puertos GPON desde un lado (para protección tipo B) y alimenta un total de 4 cables de distribución desde el otro lado. El cable de fibra que se extiende entre el divisor CO y el nivel 1 se llama fibra de nivel 1 (Vázquez & Elaje, 2018)

El cable de distribución conecta el divisor de nivel 1 (dentro del FDT) con el divisor de nivel 2. El divisor de nivel 2 generalmente se aloja en una caja montada en poste llamada Terminal de acceso de fibra FAT generalmente

ubicada en la entrada del vecindario. En el diseño adoptado por este divisor de papel de nivel 2 es 1:16, lo que significa que cada FAT sirve a 16 hogares.

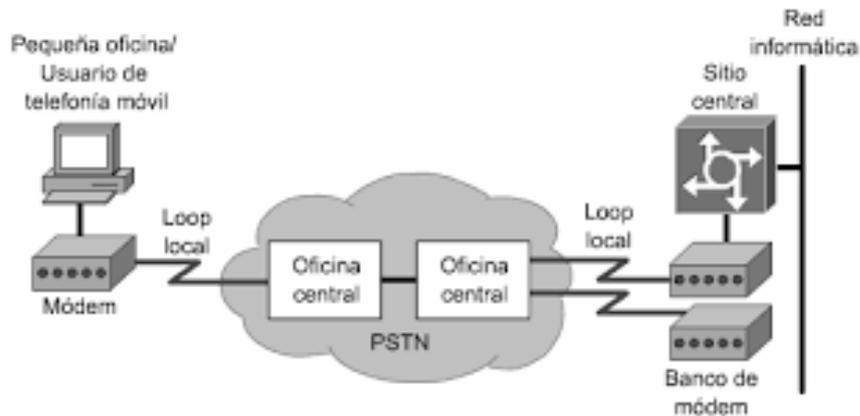


Figura 2. 9: Red FTTH
Fuente: (Rey Rodríguez, 2019)

El cable de fibra que se extiende entre el divisor de nivel 1 y el divisor de nivel 2 se denomina fibra de nivel 2. Los cables de acometida están diseñados con atributos como flexibilidad, menor peso, menor diámetro, facilidad de acceso y terminación de fibra. Para facilitar el mantenimiento, generalmente un cable de derivación aéreo se termina cuando tiene acceso al cliente y es fusionado en una caja de transición FDF, luego un cable de derivación interior conecta la TB a una Caja de terminales de acceso ATB que reside dentro de la casa (Castro Mandujano, 2019)

Finalmente, un cable de conexión conecta el ONT al ATB. Lo más importante es que las fibras ópticas se distribuyan de tal manera que se logre un diseño, construcción, mantenimiento y operación eficientes para FTTH. Por lo tanto, para determinar la arquitectura, el diseño, la construcción, el mantenimiento y el enfoque de operación de la red para la red de acceso óptico, y para seleccionar componentes ópticos para FTTH, las empresas de telecomunicaciones deben considerar principalmente lo siguiente:

- Escalabilidad,
- supervivencia,
- funcionalidad,
- costos de construcción y mantenimiento,

- capacidad de actualización de la red,
- operabilidad e idoneidad durante la vida útil de la red diseñada.

La forma del aumento de potencia llegan desde la OLT hasta la ONT y es ahí donde se nota la diferencia y las atenuaciones que tomó este enlace. Normalmente son medidos en 1310nm o rara vez en 1490nm pero siempre llegan de diferentes potencias de dBm a la casa del cliente porque la pérdida de longitud de onda con la distancia recorrida no será siempre la misma. (Cortes, 2016)

En TDMA, gracias a la ayuda del divisor óptico llegan con una potencia elevada generando así que los paquetes lleguen de manera ascendente y son transmitidos de manera combinada. Proporciona redundancia contra fallas del puerto GPON y del alimentador. En este tipo de protección, cada hebra de fibra en el cable de alimentación se conecta a dos puertos GPON en la OLT. Uno de los puertos está configurado como activo y el otro como en espera. Este puerto GPON de reserva también recibirá el tráfico ascendente de la parte del alimentador aislado. Teniendo así la situación en la que el puerto GPON activo en sí tiene una falla, en este caso, el OLT desvía automáticamente la señal óptica a la línea de protección a través del puerto GPON en espera (Burgos & Pio, 2017)

2.7. Configuración de fibra punto a punto

Al hablar de fibra óptica, específicamente es un enlace entre el nodo central y el usuario final. Las empresas con permisos para el acceso a la fibra son las que operan los enlaces punto a punto en la planta externa requieren una conexión con ubicaciones de los puntos de comunicación a través de un enlace de voz o de datos a una velocidad elevada.

Para los enlaces punto a punto se utilizan equipos PDH o SDH (véase en la figura 2.10), que también sirven para WDM. Estos enlaces tienen una gran capacidad y son muy útiles en el mundo empresarial. Por otro lado, también existen desventajas, porque para las configuraciones de

instalaciones al hogar es un alto costo que no todos los operadores pueden implementar en GPON (Passive Optical Network).

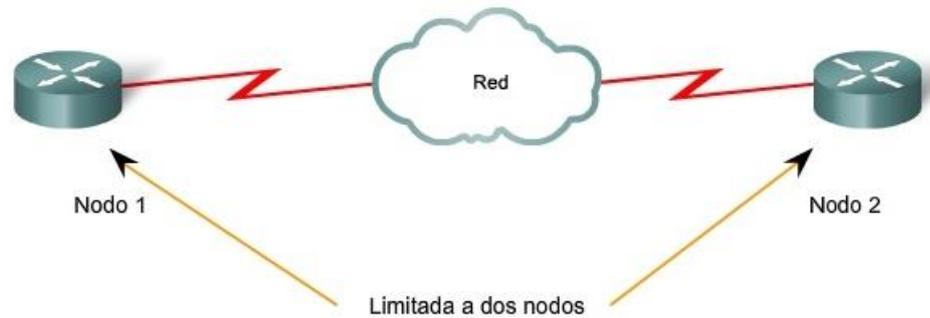


Figura 2. 10: Red punto a punto
Fuente: (Burgos & Pio, 2017)

La red GPON es definida como un sistema muy importante en última milla. Ya que es la encargada de enlazar una buena comunicación desde la central con el OLT hasta su destino que es el ONT a una alta velocidad y con bajos niveles de pérdida. Una red óptica pasiva es una red que, por su naturaleza, proporciona una variedad de servicios de banda ancha a los usuarios a través del acceso a la red.

La red GPON introduce componentes ópticos pasivos y así evita el tráfico a través de la red. Su elemento principal es el divisor óptico. El uso de arquitectura pasiva puede reducir costos y se usa principalmente en redes FTTH. Por el contrario, el ancho es multiplexado a la red (Peñafiel Méndez & Jácome Bajaña, 2018)

En resumen, se trata de una red de configuración punto a multipunto. Pasando de la red al usuario, se puede decir que la arquitectura PON consta del siguiente equipo: una Terminal de Línea Óptica (OLT) en la oficina central del proveedor de servicios y una serie de Unidades de Red Óptica (ONU) o Terminales de Red Óptica (ONT) cerca de los usuarios finales.

2.7.1. Terminal de línea óptica

El OLT está ubicado en una oficina central y controla el flujo bidireccional de información a través de la ODN (Red de distribución óptica). Una OLT debe poder soportar distancias de transmisión a través de la ODN de hasta 20 km

(actualmente podría ser más con EDFA). En la dirección descendente, la función de una OLT es recibir el tráfico de voz, datos y video de una red de largo alcance y transmitirlo a todos los módulos ONT en la ODN. En sentido inverso (upstream), OLT acepta y distribuye todo el tráfico de los usuarios de la red.

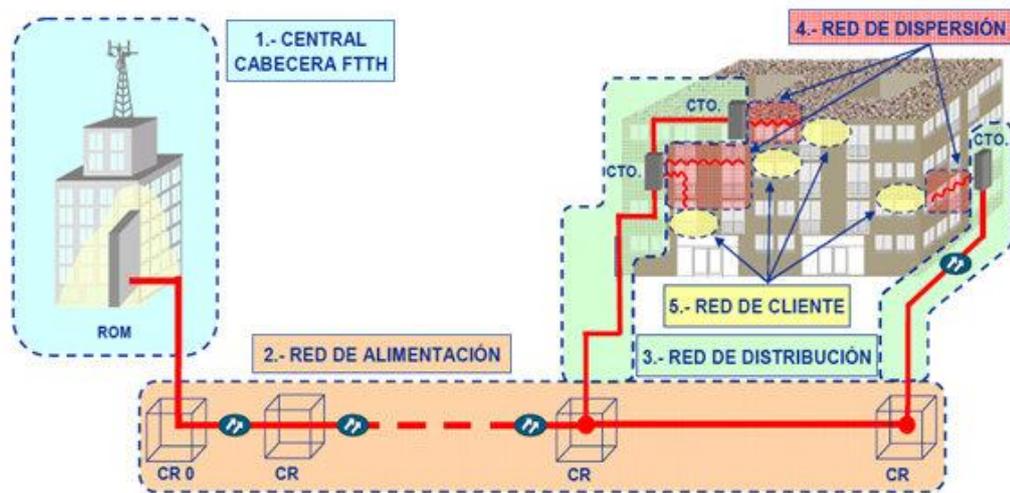
La transmisión simultánea de tipos de servicios separados en la misma fibra en la ODN se habilita utilizando diferentes longitudes de onda para cada dirección. Para las transmisiones descendentes, una GPON utiliza una longitud de onda de 1490 nm para el tráfico combinado de voz y datos y una longitud de onda de 1550 nm para la distribución de video. El tráfico ascendente de voz y datos utiliza una longitud de onda de 1310 nm. Cada OLT tiene la tarea de evitar la interferencia entre el contenido del canal de enlace descendente y el de enlace ascendente, utilizando dos longitudes de onda diferentes superpuestas (Cabezas-Chica & Cabrera-Mejía, 2020)

Para ello, se utilizan técnicas para WDM (multiplexación por división de longitud de onda), y se basan en el uso de filtros ópticos. También se requiere una medición de potencia óptica en el OLT para garantizar que se entregue suficiente potencia a los ONT. Esto debe hacerse durante la activación inicial porque no se puede repetir sin interrumpir el servicio para toda la red una vez que la red se ha conectado. Finalmente, se debe tener en cuenta que desde la OLT se emite luz a cada una de las ONT y por ende la luz no va a ser de la misma intensidad en todas las ONT, debido a las diferentes distancias que tienen cada una. De este modo los usuarios más lejanos necesitarán más potencia que los cercanos a la OLT (Jaya Riofrío, 2016)

2.7.2. Terminal de red óptica

Un ONT se encuentra directamente en las instalaciones del cliente. Allí, su propósito es proporcionar una conexión óptica a la GPON en el lado de aguas arriba e interactuar eléctricamente con el equipo del cliente en el otro lado. Dependiendo de los requisitos de comunicación del cliente o del bloque de usuarios, la ONT generalmente admite una combinación de servicios de telecomunicaciones, incluidas varias velocidades de Ethernet, conexiones

telefónicas T1 o E1 (1.544 o 2.048 Mbps) y DS3 o E3 (44.736 o 34.368 Mbps), Interfaces ATM (155 Mbps) y formatos de video digital y analógico.



Partes de una red de acceso basada en FTTH

Figura 2. 11: Partes de una red de acceso basada en FTTH
Fuente: (M. A. M. López et al., 2019)

Se encuentra disponible una amplia variedad de diseños funcionales ONT y configuraciones de chasis para adaptarse a las necesidades de varios niveles de demanda. El tamaño de un ONT puede variar desde una simple caja que se puede conectar al exterior de una casa hasta una unidad bastante sofisticada montada en un bastidor de electrónica interior estándar para su uso en grandes aplicaciones MDU o MTU, como complejos de apartamentos o edificios de oficinas (véase en la figura 2.11).

Todos los enlaces deben ser desde la OLT hasta la ONT que para combinar las potencias se utilizan los divisores ópticos pasivos y permiten enlaces de uno a varios puntos:

- Las señales entrante (downlink), procede de la OLT y se divide entre múltiples puertos de salida.
- Las señales salientes (uplink), proceden de la ONT.

No es necesario la operación con energía y esto hace que el costo de mantenimiento sea más factible. La única variante es la subida de potencia en los enlaces que son a causa de la naturaleza (Paucar, 2019). Las pérdidas de

los splitters o divisores van dependiendo a las salidas de cada uno. Siendo así:

- Para un splitter de dos salidas, el máximo de pérdida que se puede tener y es aceptable es de 3dB.

Gráficamente, se puede expresar el funcionamiento de un divisor con lo siguiente. Existen varios tipos de divisores, ya que no todos están contruidos con una tecnología similar. Por otro lado, existen dos tipos de divisores ópticos:

- A mayor salida tecnología plana. Esto aplica para dispositivos mayores de 32 salidas.
- A menor salida acopladores biónicos. Esto aplica para dispositivos menores a 32 salidas.

2.8. Ventajas de la red GPON

Muchas de las propiedades de la PON vienen dadas por la eficacia en sus elementos pasivos ópticos y sus configuraciones (Hernández Espinoza & Samaniego Castelo, 2016). Esto le confiere a GPON dos ventajas indudablemente importantes: el ahorro de costes en la implementación y la capacidad y ancho de banda de las redes ópticas pasivas, dado por el hecho que existen más ventajas no menos importantes que son:

- Una GPON permite mayores distancias entre Oficinas centrales y locales de clientes. Mientras que con la línea de abonado digital (DSL) la distancia máxima entre la oficina central y el cliente es de solo 18000 pies (aproximadamente 5,5 km), un bucle local PON puede funcionar a distancias de más de 20 km.
- Con longitudes de onda distintas es posible entablar cada una de las fuentes sin mezclarse con otras señales y permitiendo el correcto enlace entre la OLT y la ONT
- Lo que quiere decir que es posible gestionar las señales de voz y datos por la denominada P-OLT que opera en longitudes de onda de segunda ventana, y las señales de video en difusa por la denominada V-OLT. (Peñafiel Méndez & Jácome Bajaña, 2018)

- A esto, se suma el costo reducido de implementación de la red GPON que es posible que reduzca costos y se pueda implementar.
- Para una instalación GPON los costos que se utilizan son muy bajos y permiten que su mantenimiento sea muy factible, ya que estos elementos son de larga durabilidad y de buena calidad, lo que evita la caída de la red constantemente.
- También se debe saber que estos sistemas tienen un ancho de banda muy alto que permiten los sistemas basados en arquitecturas GPON que pueden alcanzar la tasa de 10 GBPS hasta el usuario (Castro Mandujano, 2019)

2.9. Desventajas de GPON

A pesar de las muchas ventajas que tiene la GPON de poseer configuración intrínseca, existen algunas desventajas asociadas a ella. Sin embargo, no son lo suficientemente importantes como para evitar elegir GPON como la mejor configuración posible. Una de las primeras desventajas a considerar es la causada por la distribución de información desde la OLT a las diferentes ONT.

Al conectar los divisores ópticos, lo que causará es que se eleve la potencia y esto reduzca la velocidad de la red, por eso a mayor cantidad de divisores ópticos, mayor pérdida de potencia. La capacidad total se divide en muchos ONT conectados al divisor, por lo que la eficiencia del canal es menor que en un enlace punto a multipunto (Burgos & Pio, 2017)

Además, debido a que GPON tiene una velocidad preestablecida, se ve obligado a trabajar a esa velocidad pero brindando diferentes velocidades al servicio de atención al cliente. Por ejemplo, se requiere una ONT que proporcione 100 Mbps al cliente para trabajar a velocidades más altas: 1,25 GBPS o 2,5 GBPS. Además, el hecho de que toda la información fluya por el mismo canal físico aumenta la probabilidad de rastrear la red, perder seguridad y obligar a establecer un alto nivel de cifrado.

En cuanto a la seguridad, la arquitectura GPON es sensible al sabotaje externo. Este problema viene dado por la naturaleza del propio medio de transmisión. La inyección de luz constante a una longitud de onda particular enmascara toda la comunicación y el servicio tiende a disminuir. Otro aspecto importante es el hecho de que una etapa o árbol de distribución, dependen exclusivamente de una única OLT (Camaton & Cueva, 2019)

Una falla en el encabezado OLT supone un alto impacto en la red, ya que todos los ONT y splitters conectados a ella se ven afectados. Sin embargo, la instalación de pocas OLT supone una reducción de costes de despliegue de red bastante considerable. Las ONT de PON son bastante sensibles a las caídas de nivel y, en muchos casos, el presupuesto de energía de la red es bastante limitado.

Este presupuesto está directamente relacionado con:

- La capacidad de los splitters.
- A mayor número de usuarios, menos potencia llegan a todos desde la OLT.
- Distancia máxima a alcanzar.
- Cuanto mayor sea la distancia entre la OLT y los usuarios finales, menos energía llegará a las ONT correspondientes.

Sin embargo, a pesar de las desventajas mencionadas anteriormente, la configuración más ventajosa para el despliegue de FTT-x es GPON. Dos de las condiciones más importantes que justifican el uso de esta arquitectura son:

- El ahorro económico derivado del despliegue de redes PON respecto a otras dos configuraciones (punto a punto y red óptica activa).
- La flexibilidad de la red, que permite el uso de un canal por un gran número de usuarios.

2.10. Importancia de la red GPON

En la evolución de las tecnologías P2P a PON, APON, BPON, EPON, GPON y WDM-PON nombraron varias tecnologías PON que han surgido de

la colaboración de investigación industrial y académica. Entre ellos, dos tecnologías rivales son EPON y GPON. Con respecto al requerimiento incesante de ancho de banda, la PON de próxima generación sería 10GEPON, WDM-PON o WDM / TDM-PON híbrida y un resumen comparativo entre las tecnologías PON, pero debido al empleo de codificación de línea 8 B / 10 B, la tasa de bits para la transmisión de datos es solo de 1 Gbit / s (Quisnancela & Espinosa, 2016)

Por otro lado, en GPON, se especifican varias tasas de flujo ascendente y descendente hasta 2.48832 Gbit / s, ya que GPON standard está definido en la serie de recomendaciones ITU-T G.984.x y se refiere a las tasas de bits de los sistemas TDM convencionales. El “tiempo de guarda” es el tiempo entre dos intervalos de tiempo vecinos utilizados para diferenciar la transmisión de varias ONU. En EPON, se compone de tiempo de encendido del láser, control automático de ganancia (AGC) y recuperación de reloj y datos (CDR).

El estándar IEEE 802.3ah tiene valores (clases) especificados para AGC y CDR, pero en GPON, el tiempo de guarda consiste en el tiempo de encendido del láser, el preámbulo y el delimitador. De acuerdo con la recomendación ITU-T G.984, GPON tiene obviamente un tiempo de guarda más corto que EPON. Sin embargo, requiere restricciones de capa física más estrictas que EPON (Portilla & Guachetá, s/f)

El protocolo de control multipunto (MPCP) se implementa en la capa de control de acceso al medio (MAC) en EPON para realizar la asignación de ancho de banda, el proceso de autodescubrimiento y el sondeo. Se utilizan dos mensajes de control, REPORT y GATE para definir la asignación dinámica de ancho de banda.

Normalmente, un mensaje GATE transporta la información de ancho de banda concedido desde la OLT a una ONU en sentido descendente, mientras que una ONU utiliza un mensaje REPORT para informar la solicitud de ancho de banda a la OLT en sentido ascendente. Este intercambio de mensajes

permite asignar las franjas horarias de acuerdo con la demanda de tráfico de cada ONU individual en función del ancho de banda disponible (Osorio, 2016)

El tamaño del mensaje REPORT y GATE es 64 B, que es igual a la trama Ethernet más corta. Además, el estándar EPON no admite la fragmentación de cuadros. Tanto OLT como ONU pueden enviar y recibir tramas Ethernet directamente con longitud variable. Por el contrario, el tiempo de guarda GPON se basa en el estándar de periodicidad de 125 μ s. Esta periodicidad proporciona ventajas significativas en comparación con EPON.

Los mensajes, como los mensajes de control, informe de búfer y de concesión, se pueden integrar eficientemente en el encabezado de cada trama de 125 μ s. Para empaquetar tramas Ethernet en la trama de 125 μ s, también se ha introducido la fragmentación de tramas Ethernet en GPON. Dentro de GPON, cada trama Ethernet o fragmento de trama es de hasta 1518 B y está encapsulado en una trama del método de encapsulación general (GEM) donde el encabezado GEM es de 5 B (Camaton & Cueva, 2019)

El mensaje de informe de estado en el proceso GPON DBA se conoce como la sobrecarga que requiere 2 B. La conciencia de QoS ascendente también se ha integrado en el estándar GPON con una introducción del concepto de contenedores de transporte (T-CONT). representa una clase de servicio.

Por lo tanto, GPON puede proporcionar un medio simple y eficiente para configurar un sistema para múltiples clases de servicios. Al decir todas estas cuestiones técnicas comparativas del análisis comparativo de GPON y EPON, se podría resumir que GPON claramente conduce adelante que EPON al contexto actual.

A pesar de que la infraestructura GPON es la solución PON más beneficiosa de la actualidad en términos de rendimiento, recomendación madura de la sociedad autorizada (es decir, ITU-T, FSAN e IEEE) y más ingresos a largo plazo entre otras PON, todavía carece de los requisitos

adecuados. Utilización del ancho de banda en términos de todos los posibles escenarios aplicados para estar basado en TDM. Para respaldar el hecho, todavía se están estandarizando varios tipos de PON de próxima generación (a saber, 10GEPON, WDM-PON, XL-PON, etc.) (Osorio, 2016)

Entre ellos, la solución más competitiva sería WDM-PON que usa tecnología WDM en lugar de TDM en la interfaz física. Utiliza una única fibra alimentadora para aprovechar la misma economía asociada con los PON tradicionales; pero lógicamente, WDM-PON usa una arquitectura punto a punto.

Por lo tanto, es mucho más escalable y seguro que otros PON. En la actualidad, WDM-PON ofrece 20 Gbit / s por fibra (1,25 Gbit / s dedicados por usuario en una división 1:16). Además, WDM-PON permite una longitud de onda dedicada para cada usuario, lo que garantiza la seguridad que exigen las pymes y proporciona una mayor flexibilidad de aprovisionamiento; básicamente, WDM-PON es un fatpipe que puede admitir Ethernet, Metro o TDM, según lo que el proveedor utilice. quiere ofrecer (Chayña, 2017)

Por ejemplo, utiliza ópticas incoloras, lo que elimina el problema de ahorro asociado con los elementos típicos de la red DWDM. Además, si se dispone de una actualización de ancho de banda con mejores terminales de línea y terminales de red, el proveedor puede simplemente actualizarlos.

2.11. Propiedad de la infraestructura de red

En los últimos años, las telecomunicaciones tradicionales y la comunicación de datos comenzaron a surgir. Esta tendencia no solo tiene un fuerte impacto en la propiedad y el funcionamiento de las redes de comunicación, sino también en los criterios de diseño y los objetivos de rendimiento (Mascarell, 2020)

La infraestructura de comunicación solía estar diseñada para una aplicación específica, por ejemplo, telefonía, TV o LAN. Estas infraestructuras existentes ahora se “utilizan indebidamente” cada vez más para aplicaciones

distintas de las previstas originalmente. Por ejemplo: La información de audio y video se digitaliza y se transmite a través de redes de datos, por ejemplo, Internet, que ahora proporcionan capacidad suficiente para los grandes volúmenes de datos involucrados en estas aplicaciones.

La infraestructura de telecomunicaciones se explota para la transferencia de datos mediante el uso de módems, que hoy en día permiten velocidades de transmisión bastante razonables. Un problema surge de los modelos comerciales contradictorios de las industrias de telecomunicaciones normalmente altamente reguladas y las industrias de comunicaciones de datos no reguladas.

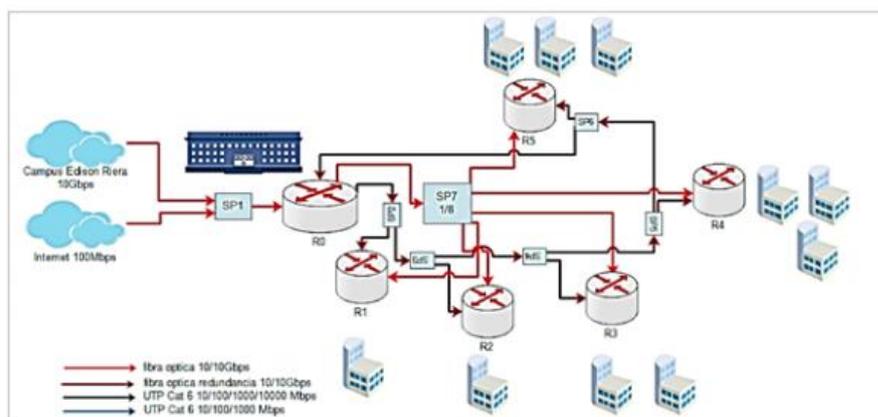


Figura 2. 12: Infraestructura de telecomunicaciones
Fuente: (Osorio, 2016)

Los esquemas de precios son buenos paradigmas para las diferencias entre ambos modelos. El uso se cobra por minuto para los servicios de telecomunicaciones, mientras que los esquemas basados en volumen se aplican generalmente para los servicios de comunicación de datos. La desregulación de los mercados de telecomunicaciones conduce no solo a la competencia entre diferentes servicios o proveedores de servicios, sino también entre infraestructuras alternativas.

Una llamada de teléfono inalámbrico podría realizarse, por ejemplo, con un teléfono DECT (utilizando una infraestructura de propiedad privada) o con un teléfono GSM (a través de una red pública), pero también, utilizando un ordenador portátil debidamente equipado, a través de Wireless LAN e Internet.

Pronto se podría encontrar un sustituto no regulado para la mayoría de los servicios actualmente regulados (Chayña, 2017)

Las razones son el espectro inalámbrico limitado y los altos costos involucrados en la implementación de la infraestructura. Por lo tanto, los recursos debían agruparse en todo el país y ser administrados por una entidad centralizada, el operador de red. Esta situación está cambiando, ya que los equipos inalámbricos son cada vez más baratos y el acceso a la infraestructura cableada (telefonía fija, LAN) se puede encontrar prácticamente en todas partes. Las redes inalámbricas a pequeña escala se vuelven posibles y rentables.

Es necesario reconsiderar los enfoques tradicionales para la introducción de servicios de comunicación inalámbrica, donde el despliegue relativamente lento de la infraestructura determinó el ritmo para el lanzamiento de nuevos servicios. La discusión de modelos de negocios, políticas y asuntos regulatorios está más allá del alcance de este trabajo (Escallón-Portilla et al., 2020)

La situación aquí esbozada y motivada tiene un fuerte impacto en el despliegue de redes inalámbricas. Los costos de instalación se convierten en un problema importante, especialmente para los pequeños operadores de red, como empresas con pocos empleados, escuelas o pequeñas comunidades. La planificación avanzada de la red, la construcción de torres de antenas o el alquiler de instalaciones en la azotea están fuera del alcance de un operador que genera ingresos de solo unos pocos clientes (visualizar en la figura 2.12).

CAPÍTULO 3: Desarrollo, simulación y resultados obtenidos

3.1. Descripción de la red de distribución a crear

En este proyecto se tiene en mente diseñar o crear una red de distribución de fibra óptica GPON para el servicio de FTTH (fiber to the home) para los moradores de la Coop. Valle Verde en el sector de Monte Sinaí, en donde se les facilitará el acceso a internet por medio de fibra óptica y la tecnología GPON, ya que en estos tiempos el uso del internet en cada hogar es prácticamente muy necesario y más aún en tiempos de pandemia, donde los niños y jóvenes reciben sus clases de manera virtual y por ende necesitan del servicio de internet para el hogar.

Se partirá con esa red de distribución desde el nodo principal del sector en Monte Sinaí, colocando un cableado estructurado canalizado del cable feeder de 144FO que parte desde el nodo donde se encuentra la OLT hasta la manga troncal donde posteriormente saldrán cables de 12FO para la distribución a las cajas de distribución (NAP). Desde estas cajas ya se realiza la dispersión hasta los hogares con cables de 2FO aéreos hasta el receptor óptico que sería la ONT.

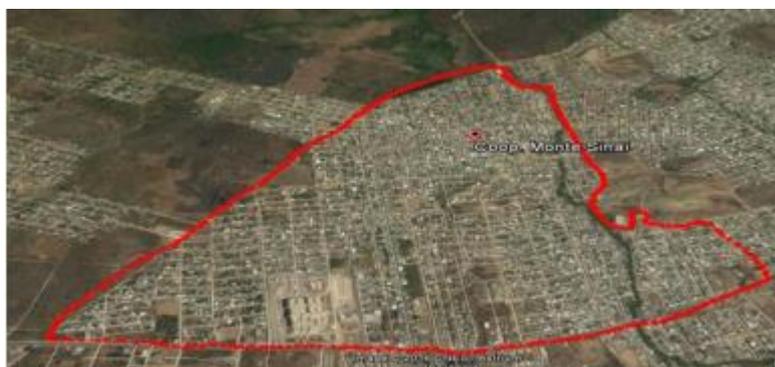


Figura 3. 1: Sector de Monte Sinaí
Fuente: (Marin Santamaría, 2017.pdf, s/f)

3.2. Mapa de la red de distribución y elementos utilizados

Para el diseño de esta red de distribución se hizo un mapa del sector como se muestra en la figura 3.2, en donde se desarrollará el proyecto y se mostrará desde el nodo que se hará la transmisión hasta las cajas de distribución completando el trabajo llegando con una potencia adecuada que se harán las pruebas. Se realizará el respectivo presupuesto óptico para comprobar datos.



Figura 3. 2: Mapa de la red de distribución en Monte Sinaí
Elaborador por: Autor

3.2.1 Nodo o central

En el nodo o central se encuentra todo el sistema de la OLT y es desde donde partirá la red de distribución a crear. Desde aquí se parte con una potencia inicial de entre aproximadamente 2dBm o 3dBm para la consiguiente pérdida de potencia que se vaya teniendo con la longitud de onda, fusiones, splitters, etc (se puede observar en la figura 3.3).

Se parte desde el nodo con el cable feeder de 48FO que se utilizó en esta red de distribución. Es el cable principal en donde aparte de la distribución que se está creando sirve para otras futuras redes de distribuciones.



Figura 3. 3: Nodo o Central
Elaborador por: Autor

3.2.2 ODF en central

El marco de distribución óptica permitirá las interconexiones de los cables para la comunicación como se visualiza en la figura 3.4. También sirve para proteger los emplames y las conexiones que se tengan en la central contra cualquier daño. En este marco de distribución óptica se conectan los patch-cord para las pruebas y sus salidas deben ser acordes a los hilos que tenga cada cable.

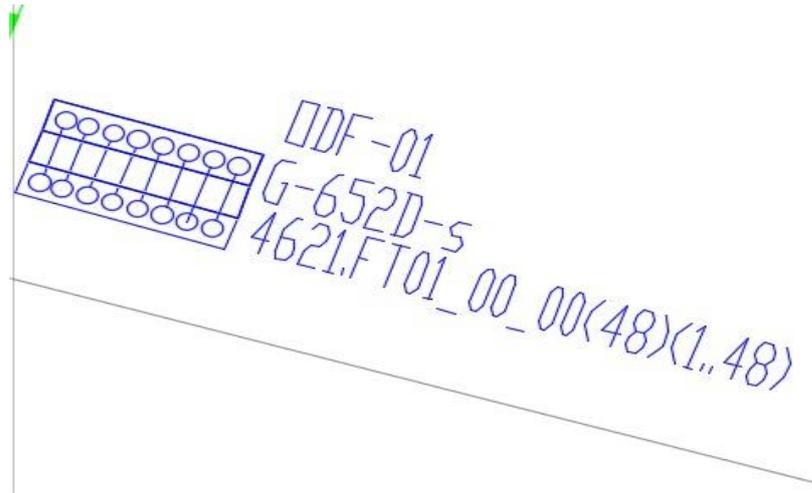


Figura 3. 4: ODF en central
Elaborado por: Autor

3.2.3 Cable feeder

En toda red de distribución de fibra óptica debe de existir un cable principal o como se lo conoce técnicamente el cable feeder, que es aquel que parte desde la central y recorre kilómetros o metros dependiendo la distancia en la que se encuentre el nodo y llega hasta la manga principal de distribución como se observa en la figura 3.5.

En esta distribución de fibra óptica para una red GPON se utilizó 290Mts de cable de 48FO G-652D-s, donde del mismo se podría utilizar para otras distribuciones ya que solo se utilizará 3 hilos de los 48, quedando 45 hilos disponibles.



Figura 3. 5: Cable Feeder
Elaborado por: Autor

3.2.4 Manga de distribución

En esta manga de distribución es donde llega y descansa el cable feeder y es de donde salen los demás cables para las distribuciones de los grupos de NAPs, ya sean de 12FO o 6FO.

De los 48 hilos del cable feeder solo se utilizarán 3 hilos que son donde se fusionarán 3 splitters de 1 a 8 para las respectivas cajas ópticas. Esta manga es llamada como su nombre mismo lo dice o como técnicamente se la conoce con el nombre de manga de splitteo (como se observa en la figura 3.6).

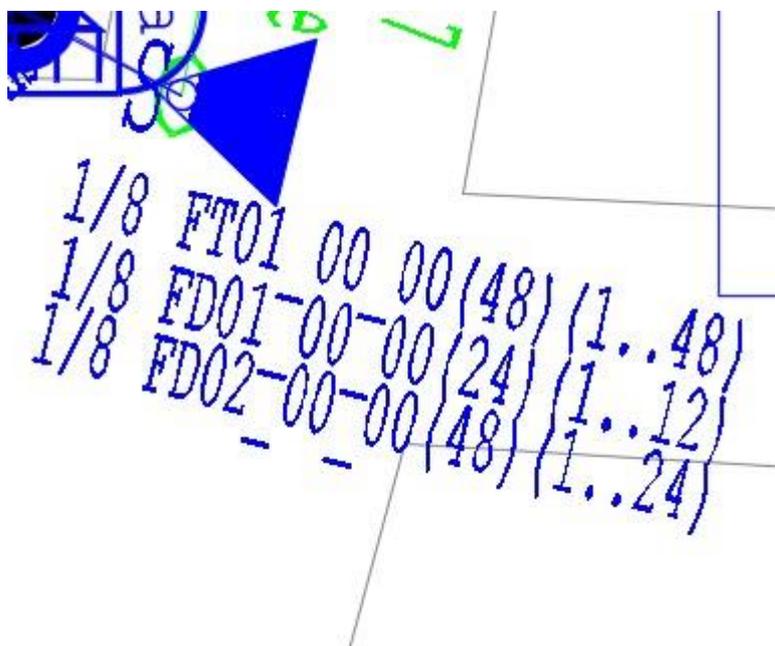


Figura 3. 6: Manga de distribución o de splitteo
Elaborado por: Autor

3.2.5 NAP o caja óptica de distribución

La NAP como técnicamente se la conoce, es la caja donde termina la red de distribución y comienza la red de dispersión para el sistema FTTH con un cable drop aéreo de 2 hilos hasta la ONT en el hogar (visualizar en la figura 3.7).

Está compuesta de un splitter conectorizado de 1 a 8 donde están habilitados los 8 puertos para 8 clientes respectivamente. También pueden estar compuestas de splitters de 1 a 12 o hasta 1 a 32, pero lo recomendable siempre es fusionar un splitter de 1 a 8 para que la pérdida de potencia sea ideal y no elevada para un buen servicio.

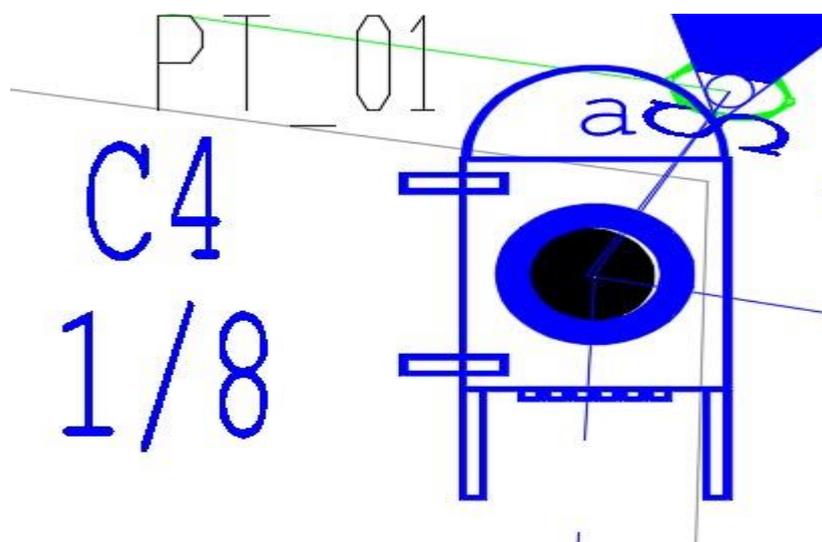


Figura 3. 7: NAP o caja óptica de distribución
Elaborado por: Autor

3.2.6 Splitters conectorizado y para mangas

Para esta red de distribución se utilizó únicamente splitters de 1 a 8 para tener un presupuesto óptico ideal, ya que la pérdida es tan solo de -10dBm y hasta la caja de distribución se utilizan hasta 2, teniendo -20dBm de pérdida en los dos splitters.

En la manga de distribución se utiliza splitter de 1 a 8 pero no conectorizado, ya que los 8 hilos del splitter van fusionados directamente con los hilos de los cables que salen para las NAPs. Por otro lado en las NAPs sí se utilizan splitters conectorizados o splitters con pigtaills que son los que se

conectan a los acopladores para que se pueda conectar el conector mecánico. También se pueden utilizar splitters sin pigtails en las NAPs y no se utilizaría conector mecánico sino simplemente fusión directa (como se observa en la figura 3.8).

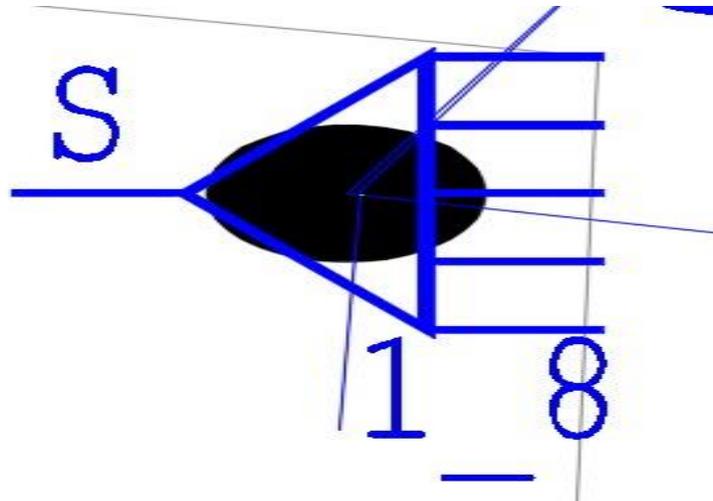


Figura 3. 8: NAP o caja óptica de distribución
Elaborado por: Autor

3.3. Tabla de costos de la red de distribución

En la tabla de costos se pueden apreciar los costos de cada elemento que se requieren para esta red de distribución. Así se genera un costo de cada rubro y da un valor aproximado en el que se invertirá para la realización de la distribución.

Esto servirá sin duda alguna para tener la cantidad de capital que se necesitará para elaborar el trabajo teniendo en cuenta que no es un valor fijo sino aproximado y que cada valor de rubro es obtenido a trabajos de distribuciones de empresas que se dedican a esto. El capital será bien invertido, ya que la fibra óptica es un material que no se deteriora con facilidad y a corto tiempo, al contrario, tiene mucha durabilidad y eficacia.

Tabla 3. 1: Costos de los rubros para la red de distribución

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	TOTAL
HERRAJE DE DISPERSIÓN PARA POSTE	U	56,00	\$ 5,14	\$ 287,84
ELABORACION DE PLANOS ASBUILT GEOREFENCIADOS DE ACUERDO A LA NORMA DE DIBUJO DE PLANTA EXTERNA LA CNT EP	m2	0,50	\$ 260,06	\$ 130,03
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	8,00	\$ 10,50	\$ 84,00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	28,00	\$ 11,80	\$ 330,40
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	3,00	\$ 13,09	\$ 39,27
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	21,00	\$ 16,05	\$ 337,05
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	M	6,00	\$ 2,41	\$ 14,46
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA NAP DE 8 PUERTOS SC/APC CON DERIVACION	U	3,00	\$ 227,56	\$ 682,68
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA NAP DE 8 PUERTOS SC/APC SIN DERIVACION	U	25,00	\$ 221,51	\$ 5.537,75
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	4,00	\$ 5,39	\$ 21,56
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	110,00	\$ 6,44	\$ 708,40
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	1,00	\$ 69,30	\$ 69,30
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	U	28,00	\$ 147,24	\$ 4.122,72
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 6 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	100,00	\$ 2,31	\$ 231,00
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	100,00	\$ 2,79	\$ 279,00
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 48 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	100,00	\$ 3,62	\$ 362,00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PREFORMADO PARA VANOS DE 200m. PARA CABLE ADSS	U	66,00	\$ 66,91	\$ 4.416,06
			TOTAL	\$ 17.653,52

Elaborado por: Autor

3.4. Presupuesto óptico

El presupuesto óptico es sirve para diferenciar la potencia con la que se sale desde el transmisor y saber con la que llega al receptor para así asegurar una correcta transmisión de enlace. En el caso de la red de distribución creada el valor de pérdida en dB para cada cliente deberá ser -20.45dB, aunque en la tabla dé un valor de -22.45dB de pérdida, pero si se le resta los 2dB con los que se sale del transmisor, dará la potencia ya expresada, la cuál es una pérdida ideal para un óptimo enlace transmisor-receptor.

Tabla 3. 2: Presupuesto óptico

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO ÓPTICO PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN			
Elementos de la red de fibra óptica	Cantidad	Pérdida en dB	Total de pérdida
Fusion splices ITU751=0.1dB average	6	0,1	0,6
Conector mecánico de F.O. ITU671=0,5dB	1	0,5	0,5
Splitters de 1 a 8	2	10,5	21
Longitud de onda	1	0,35	0,35
TOTAL GRAND dB			22,45dB

Elaborado por: Autor

3.5. Diseño de la simulación y resultados

El diseño de la simulación que se mostrará en la figura 3.9, está constituido por dos usuarios que están en la parte del transmisor y por consiguiente en la próximas figuras se irán mostrando los resultados de la parte del transmisor con el diagrama de ojo de pez, Factor Q máximo, BER mínimo, Umbral y Altura.

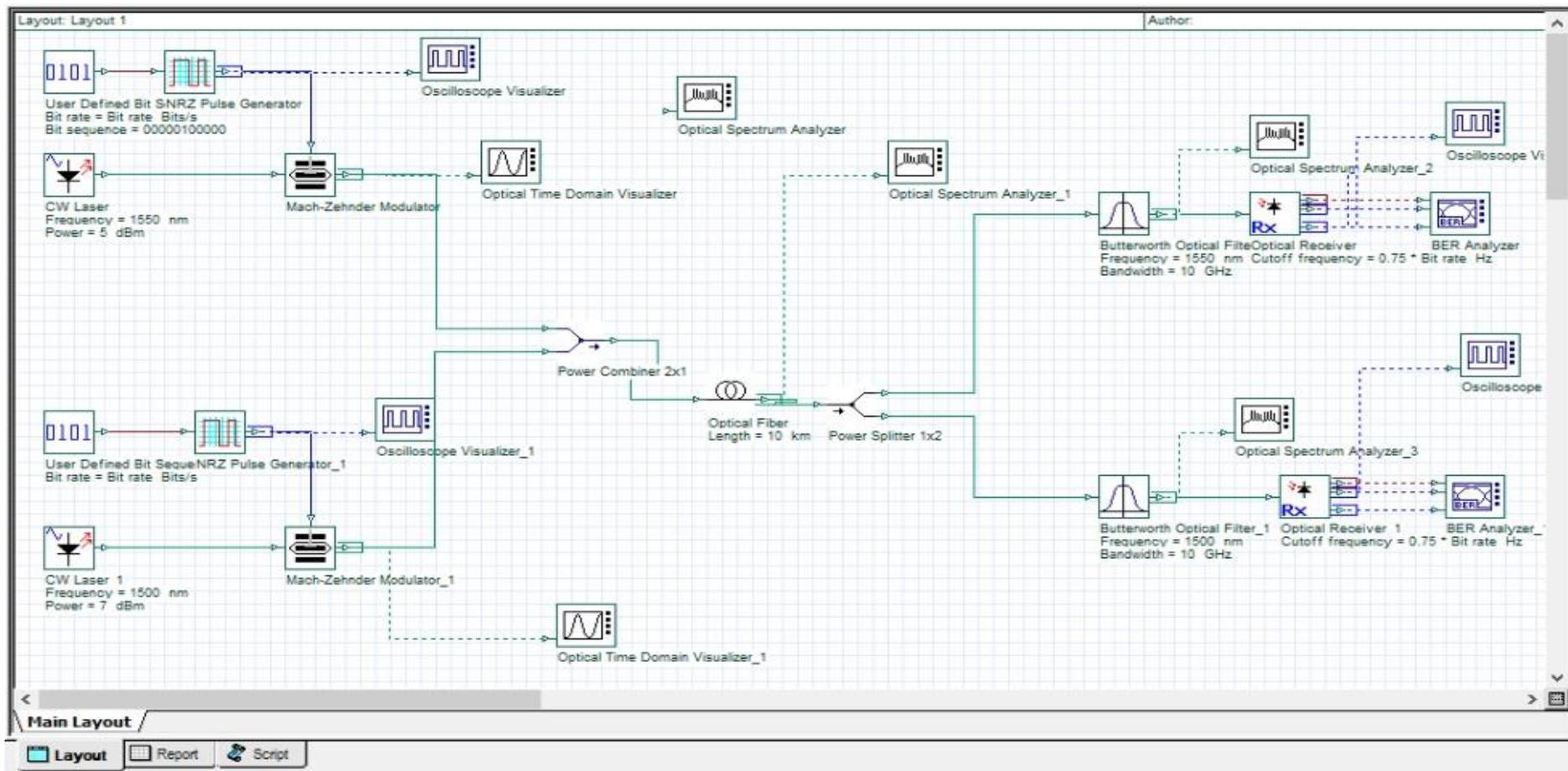


Figura 3. 9: Diseño de simulación de la transmisión de fibra óptica en Optisystem
Elaborado por: Auto

En el diseño de simulación de la transmisión de fibra óptica se observa que del lado izquierdo se tiene al transmisor y sus componentes, los cuales están compuestos por una secuencia de bits definidos que se los define en 00000100000 y en 11111011111, el generador de pulsos NRZ, que es uno de los elementos principales para un transmisor, un láser de onda continua, que es el ideal para asignar la frecuencia de longitud de onda y la potencia. También es uno de los elementos base de un transmisor un modulador Mach-Zender, que es donde se conecta el generador de pulsos NRZ y el láser led, un osciloscopio (*Oscilloscope Visualizer*), que se conecta a la salida del generador de pulsos NRZ, un visualizador óptico en el dominio del tiempo (*Optical Time Domain Visualizer*), que se conecta a la salida del modulador MZ, un analizador de espectro (*Optical Spectrum Analyzer*) que se conecta a la salida del combinador de potencia, un combinador de potencia de 2x1 (*Power Combiner 2x1*).

Cabe recalcar que se usa cada uno de estos elementos para cada uno de los usuarios a los que se vaya a hacer la simulación. Se tiene para la simulación dos usuarios, uno en 1550nm con una potencia de 5dBm y el otro en 1500nm con una potencia de 7dBm.

Como medio de transmisión se usa una fibra óptica (*Optical Fiber*), con una distancia estimada de 10km, con una pérdida de longitud de onda por defecto de 0.2dBm por kilómetro. A la que a la salida de la fibra se le conecta un analizador de espectro óptico.

En el lado derecho se consta con el receptor y sus elementos. Un splitter de poder de 1x2 (*Power Splitter 1x2*), un filtro óptico de Butterworth (*Butterworth Optical Filter*) con las respectivas frecuencias 1550nm y 1500nm, pero con el mismo ancho de banda de 10Ghz, a los cuales en cada una de las salidas de estos se le conecta un analizador de espectros para visualizar la señal en su salida por el filtro. También se tiene un receptor óptico (*Optical receiver*), el cual contiene ya un filtro pasa baja, un fotodetector y un regenerador. Y por último se tiene un analizador BER (*BER Analyzer*), que

permitirá visualizar los espectros y los resultados de la simulación, que se irán mostrando en las gráficas 3.10 a 3.19.

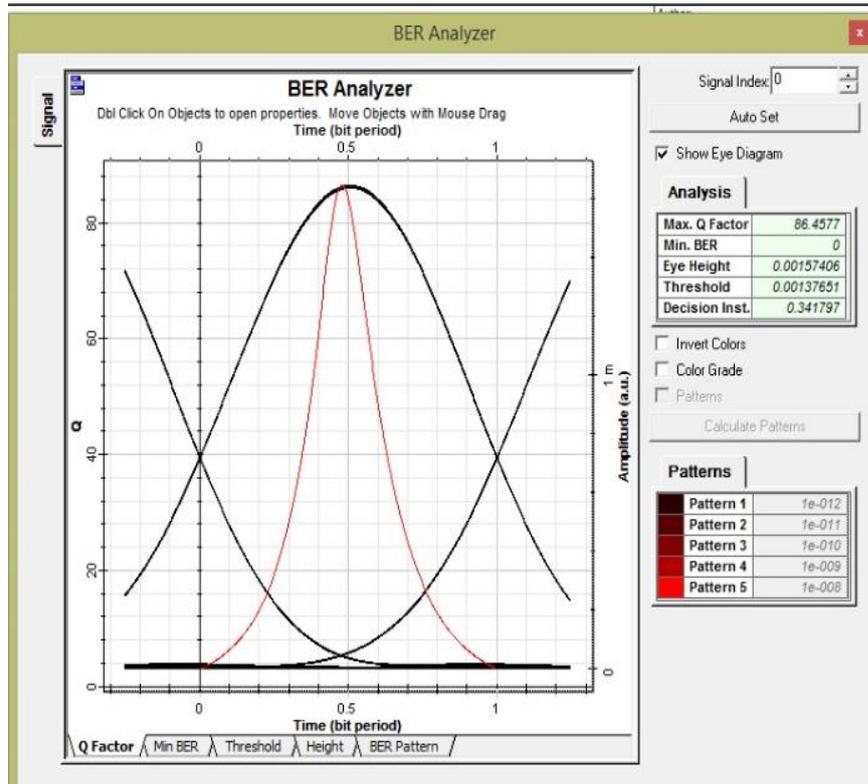


Figura 3. 10: Ojo de pez obtenido para la longitud de onda 1550nm
Elaborado por: Autor

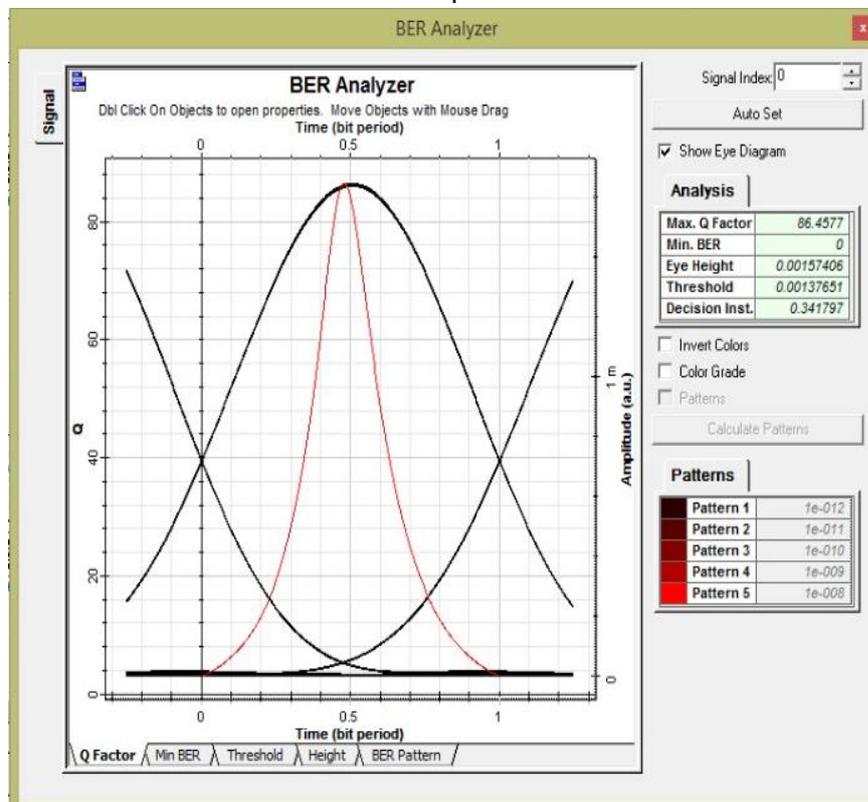


Figura 3. 11: Factor Q obtenido para la longitud de onda 1550nm
Elaborado por: Autor

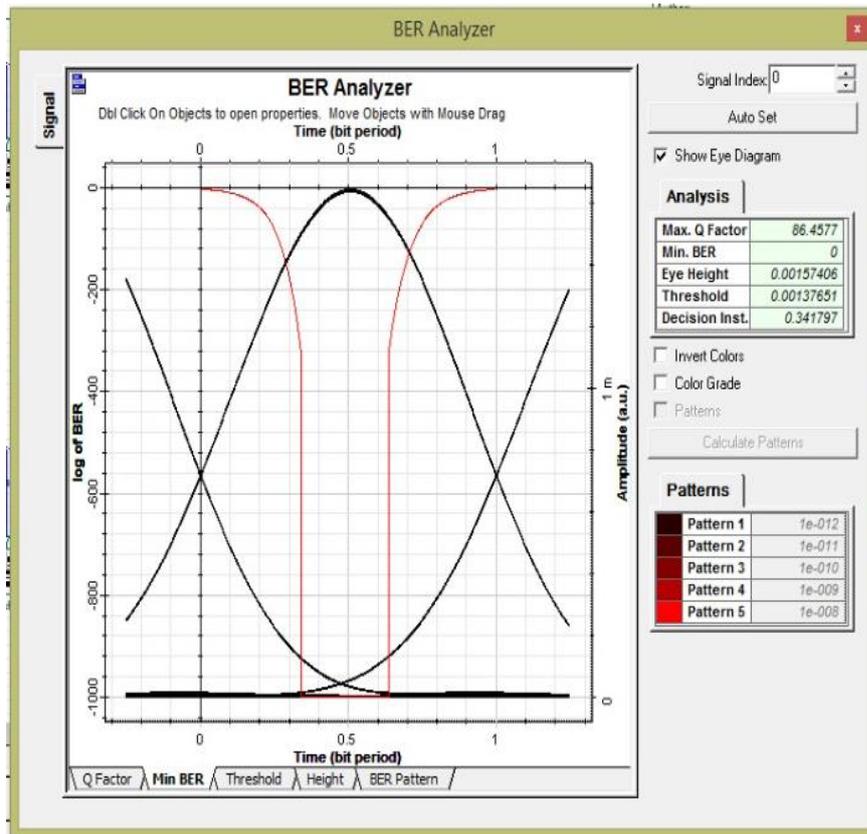


Figura 3. 12: Mínimo B.E.R. obtenido para la longitud de onda 1550nm
Elaborado por: Autor

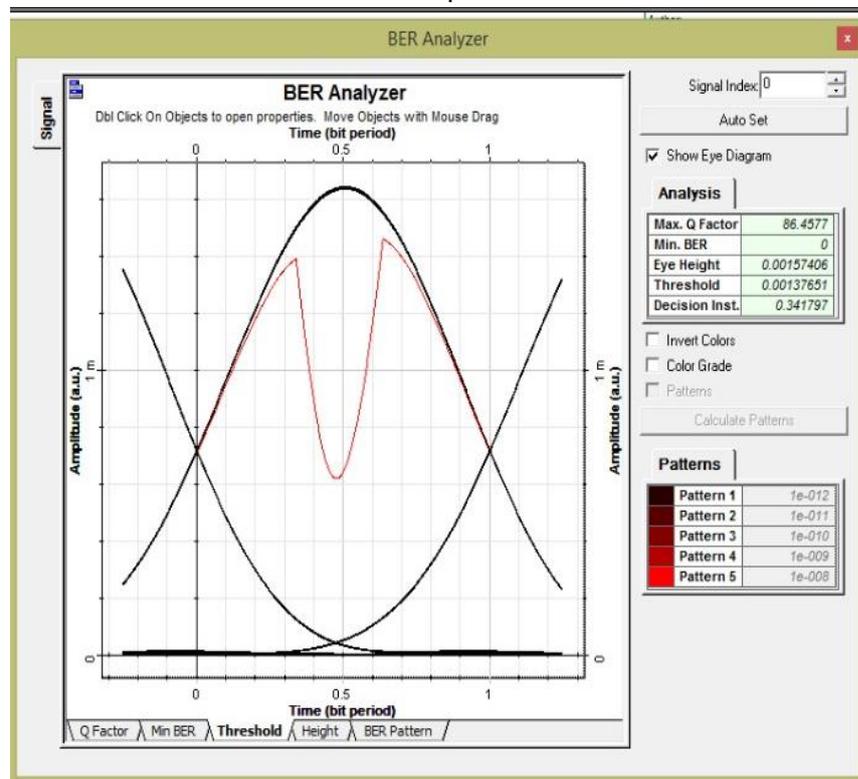


Figura 3. 13: Umbral obtenido para la longitud de onda 1550nm
Elaborado por: Autor

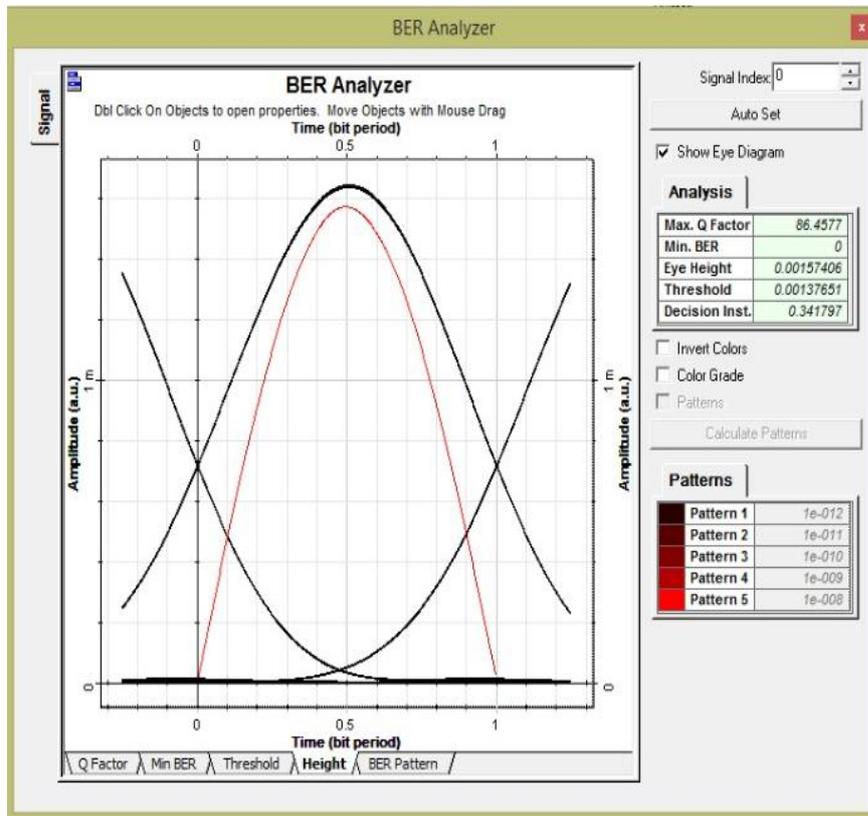


Figura 3. 14: Altura máxima obtenida para la longitud de onda 1550nm
Elaborado por: Autor

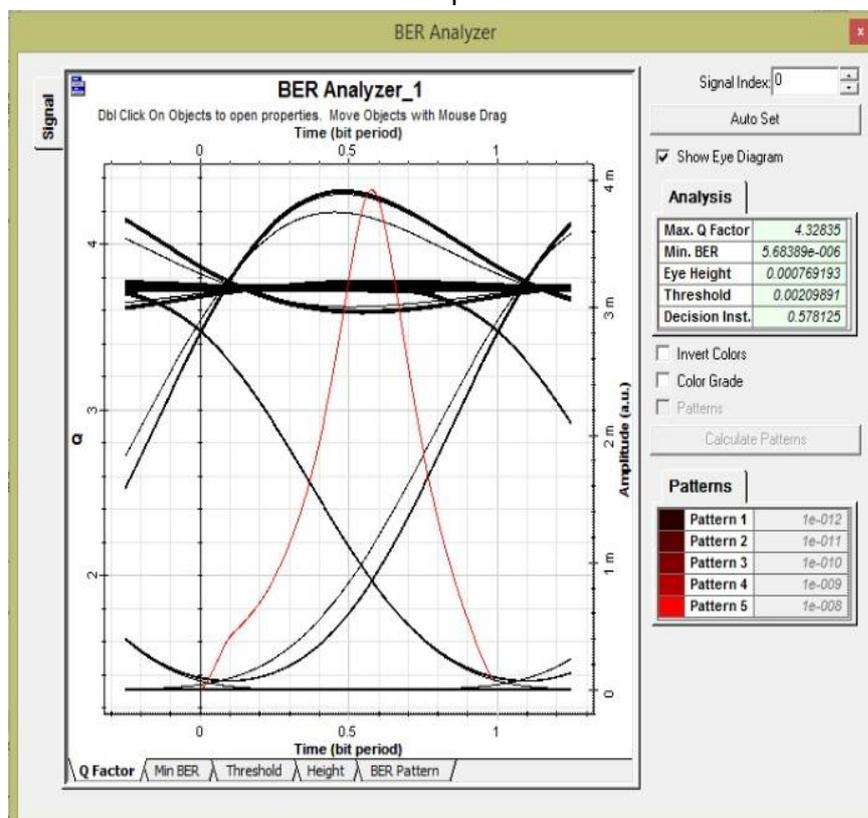


Figura 3. 15: Ojo de pez obtenido para la longitud de onda 1500nm
Elaborado por: Autor

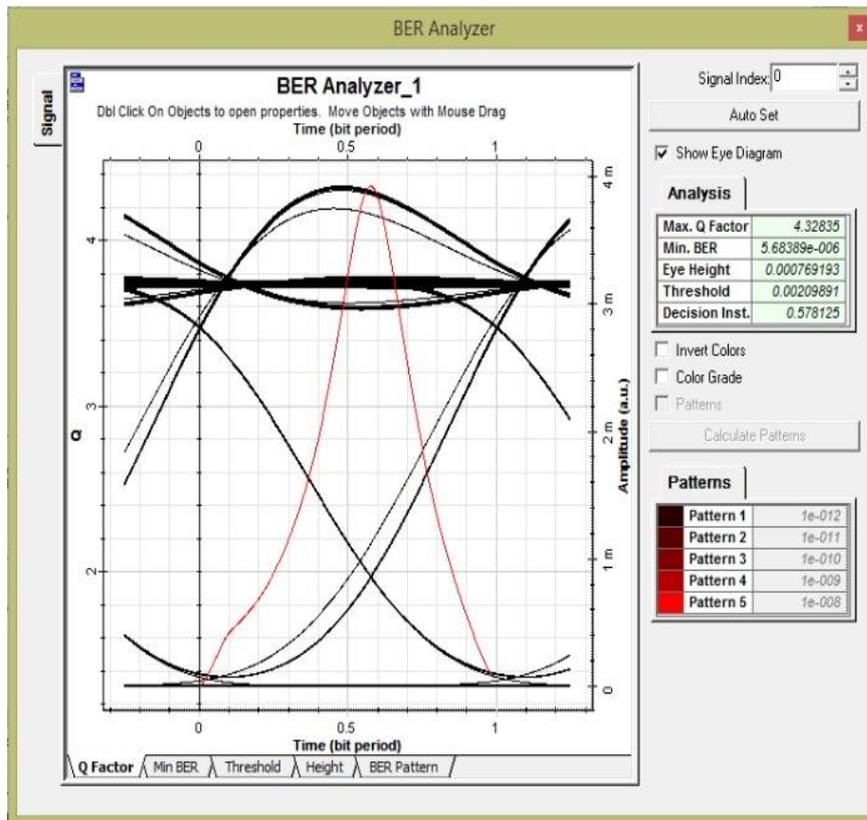


Figura 3. 16: Factor Q obtenido para la longitud de onda 1500nm
Elaborado por: Autor

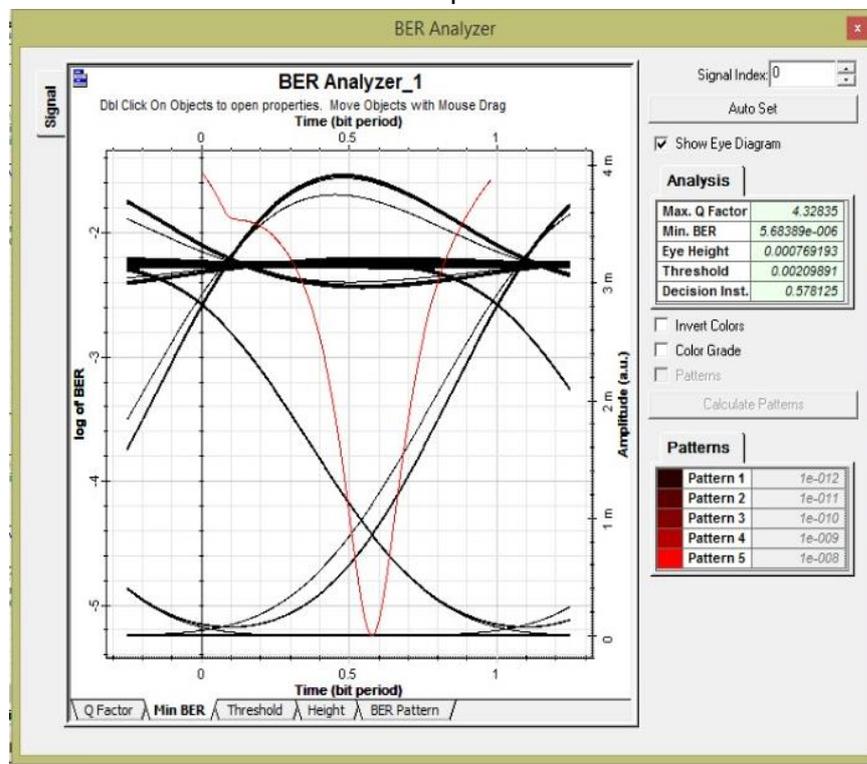


Figura 3. 17: Mínimo B.E.R. obtenido para la longitud de onda 1500nm
Elaborado por: Autor

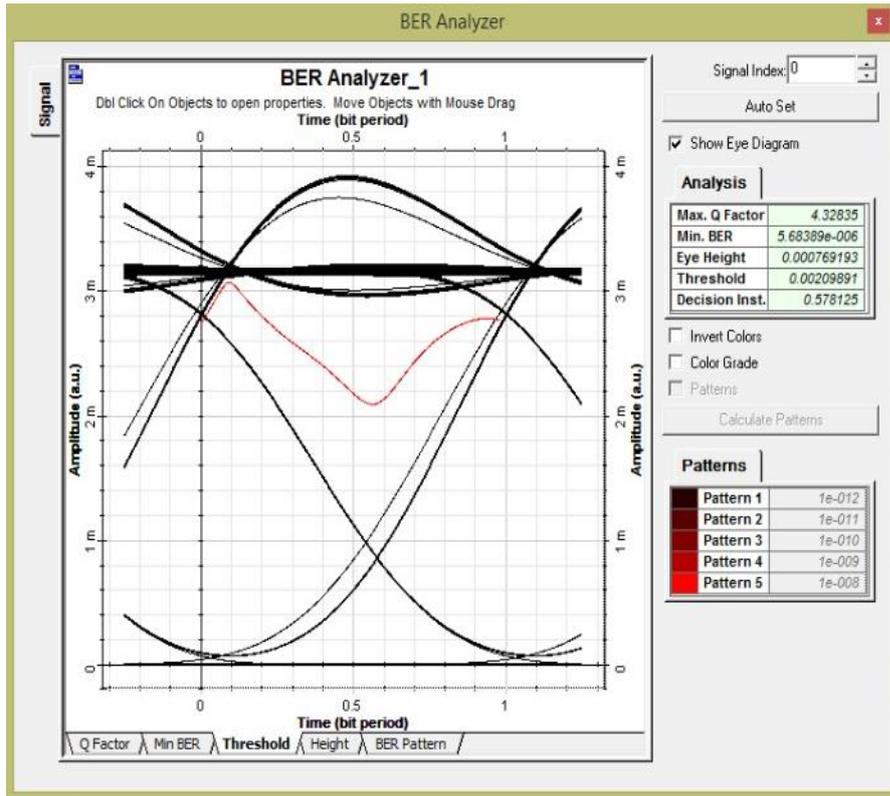


Figura 3. 18: Umbral obtenido para la longitud de onda 1500nm
Elaborado por: Autor

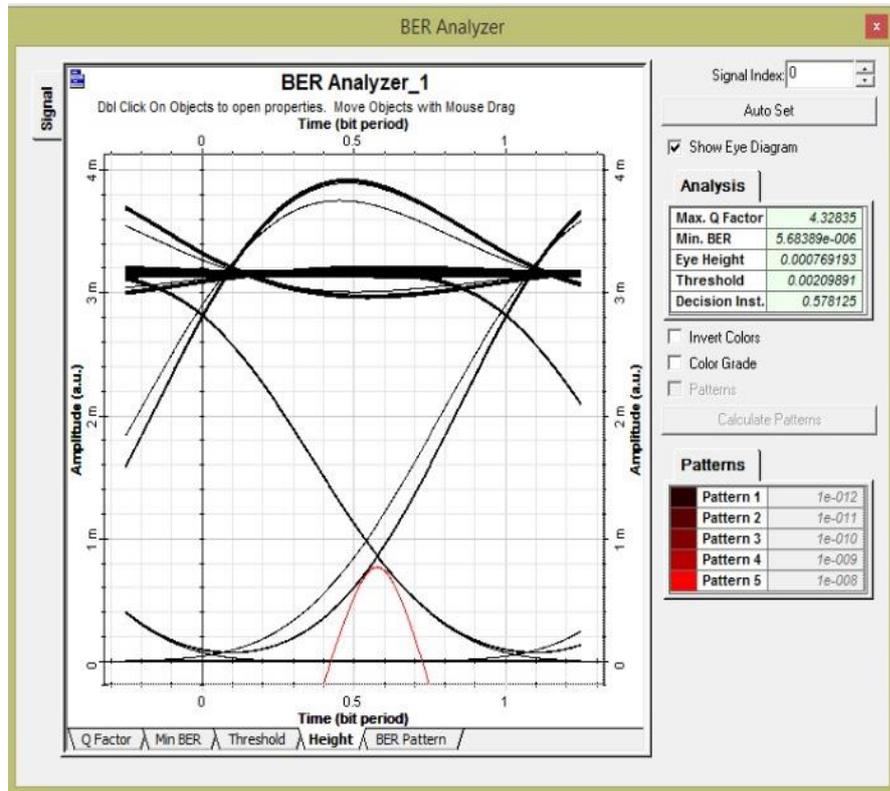


Figura 3. 19: Altura máxima obtenida para la longitud de onda de 1500nm
Elaborado por: Autor

En la tabla se muestran los resultados de las simulaciones con dos longitudes onda y dos potencias diferentes y se visualizará cómo cambia el factor Q con las diferentes potencias y el BER mínimo varía cuando se aumenta de potencia.

Tabla 3. 3: Resultados de la simulación

Longitud de Onda	1550nm	1500nm
Potencia	5dBm	7dBm
Factor Q	864.577	4,32835
Umbral	0,00137651	0,00209891
Altura	0,00157406	0,00076919
B.E.R.	0	0.568389

Elaborado por: Autor

Capítulo 4: conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Se pudo determinar que la parte teórica fue de gran ayuda para realizar la distribución de la red de fibra óptica con mucho éxito y que como se establece los parámetros técnicos, las pérdidas de las potencias fueron casi exactas y no habrá ningún problema a largo plazo.
- El trabajo de titulación expuesto fue de gran ayuda, ya que al haber realizado esta distribución y toda la alimentación requerida desde la OLT hasta la manga de distribución, dió oportunidad para que en un futuro se puedan realizar otras distribuciones de redes GPON, al haber usado un cable feeder de 48FO y solo ocupar 3FO, dejando así 45FO que servirán para cientos de abonados más en diferentes sectores de Monte Sinaí.
- El servicio de FTTH de una red GPON es muy importante en la actualidad y lo que más es usado en los domicilios porque al ser una red de banda ancha de internet ilimitado y con gran velocidad, permite a todos sus usuarios disfrutar de conferencias, carga y descarga de datos, servicios de OTT sin problemas, etc. Llegando a tener una velocidad de hasta 2.5 Gbps.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendable utilizar el software de simulación optisystem para los casos de las futuras redes de GPON de fibra óptica que se vayan a crear a futuro a raíz del trabajo de titulación expuesto. Para comprobar que los valores de pérdida y ganancia de cada enlace sean los correctos y evitar futuros errores.
- Usar este trabajo como base para nuevos proyectos de redes de distribución GPON y evaluar nuevos cálculos utilizando splitters de 1x16 partiendo desde el cable feeder y estimando llegar a la ONT con una potencia adecuada para poder garantizar un buen servicio.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcantud, A., Niquet, N. D., Rodríguez-Rodríguez, M.-A., & Mas-Barberà, X. (2018). Optimización y aplicación de prótesis 3D mediante tecnologías físico-digitales como solución para la restauración de faltantes en escultura. *Tarea. Anuario del Instituto de Investigaciones sobre el Patrimonio Cultural*, 5, 218–233.
- Alustiza, D. H., Mineo, M., Russo, N. A., & Aredes, D. (2019). Fabricación local de sensores de fibra óptica aplicables al sensado de magnitudes relevantes en ingeniería civil. *Ingenio Tecnológico*, 1, e003–e003.
- Barcina, I. G. E. (2017). *Desarrollo de un sensor de fibra óptica para la medida del tip clearance y tip timing en motores aeronáuticos* [PhD Thesis]. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Burgos, C., & Pio, J. (2017). *Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estandar GPON para la empresa AMI IEL SAC, Puno*.
- Cabezas-Chica, P. M., & Cabrera-Mejía, J. B. (2020). Diseño de una red pasiva GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macará. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 219–239.
- Calvo, A. (2020). Política industrial, multinacionales y desarrollo regional en España. La IED en la industria de la fibra óptica a finales del siglo XX. *Biblio3W Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 25.
- Camaton Lastra, A. M., & Cueva Guzman, K. A. (2019). *Diseño de una red GPON y comparación técnico-económica para el servicio de internet residencial en la vía Data-Posorja* [B.S. thesis]. Espol.

- Castro Mandujano, R. C. (2019). *Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres.*
- Chayña Burgos, J. P. (2017). *Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMI TEl SAC, Puno.*
- Chiriguayo Rodríguez, E. M. (2017). *Diseño de una red de accesos mediante fibra óptica aplicando tecnología GPON en las instalaciones del campus de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.* [B.S. thesis]. La Libertad: Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena, 2017.
- Cortes, A. (2016). Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. *Revista Prisma Tecnológico*, 7(1), 20–25.
- De La Cruz, E. A. R., Huanacuni, H. Q., & Herrera, H. J. R. (2020). Diseño de una red FTTH para el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 2(01), 265–275.
- Escallón-Portilla, A. F., Ruíz-Guachetá, V. H., & López-Perafán, J. G. (2020). Evaluation of the Physical Performance of an FTTH-GPON System for Quad Play Services After the Incorporation of an RoF Module. *TecnoLógicas*, 23(47), 24–62.
- Frías Cabrejos, F. D., & Pérez Segura, W. M. (2020). *Red FTTH para implementar banda ancha en el distrito de Pomalca.*
- Hernández Espinoza, A. L., & Samaniego Castelo, W. O. (2016). *Estudio de Mercado de la demanda para el establecimiento de la red GPON de la Empresa CNT EP en el sector de la UNACH–vía Guano, provincia de Chimborazo, período 2016* [B.S. thesis]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Jaya Riofrío, I. V. (2016). *Diseño de una red pasiva GPON de planta externa para el barrio Capelo en la provincia de Pichincha* [Master's Thesis]. PUCE.
- Lara Martínez, M. Á. (2016). *Desarrollo de una red FTTH* [B.S. thesis]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- López, F. G., Ortiz, L. A. G., López, K. C. P., & Ibarra, D. G. (2017). Modelado de los fenómenos no lineales generados por el efecto electro-óptico kerr en una transmisión por fibra óptica. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 2(28), 82–87.
- López, M. A. M., Tovar, A. T., Agredo, G. A. G., & Velasco, I. F. (2019). Estudio de factibilidad técnico-económico para la implementación de una red FTTH/GPON en el contexto colombiano para servicios Triple Play. *Perspectiv@s*, 15(16), 50–63.
- López Polo, E. D. (2016). *Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash)*.
Marin Santamaría, 2017.pdf. (s/f).
- Mascarell Estruch, V. (2020). *Estudio y diseño de una red FTTH interurbana en la comarca de La Safor* [PhD Thesis].
- Miyahara, C. M., de Almeida, A. M., Gomez, F. C. B., & Bastos, O. L. (2020). Laringoscópio de Fibra Óptica: Uma Alternativa Técnica para a Intubação Traqueal. *Brazilian Journal of Anesthesiology*, 40(3), 181–0.
- Osorio, Á. (2016). *Redes GPON-FTTH, Evolución y Puntos Críticos para su despliegue en Argentina*.
- Paucar Simba, G. J. (2019). *Diseño de una Red GPON en la Empresa PUNTONET para la sucursal de Pedernales* [B.S. thesis].

- Peñafiel Méndez, E. M., & Jácome Bajaña, E. Y. (2018). *Estudio y Diseño de una Red de Fibra Óptica GPON de Tipo Aérea, para Sectores que no Poseen Infraestructura de Redes como el Sector el FORTIN desde el Bloque 1 al 7* [PhD Thesis]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
- Pérez, M. A. A., Castrillón, A. S., & Castrillón, A. M. S. (2016). Desarrollo y ensayo de un sensor químico de fibra óptica para la medición de concentraciones de dióxido de carbono. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 20(50), 29–42.
- Portilla, A. E., & Guachetá, V. R. (s/f). *Evaluación del desempeño a nivel físico de un sistema FTTH-GPON para servicios Quad Play al integrar un módulo RoF* [PhD Thesis]. Tesis de Maestría, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 2018
- Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016). Certificación de redes GPON, normativa ITU G. 984. X. *Enfoque UTE*, 7(4), 16–30.
- Rey Rodríguez, B. (2019). *Análisis tecno-económico de un despliegue de red FTTH*.
- Rodríguez Gutiérrez, G. (2017). *Monitorización de estructuras de hormigón mediante sensores de fibra óptica distribuida*.
- Vázquez Calle, A. G., & Elaje Alvarez, P. D. (2018). *Estudio para brindar el servicio de IPTV sobre una red FTTH a la ciudad de Azogues* [B.S. thesis].



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Sánchez Chicaiza, Erick Antonio** con C.C: # 093075353-8 autor del Trabajo de Titulación: **Diseño y simulación de una red FTTH sobre GPON y la factibilidad de implementar el servicio de banda ancha en Monte Sinaí** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de Septiembre del 2021

f. _____

Nombre: Sánchez Chicaiza Erick Antonio

C.C: 093075353-8



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño y simulación de una red FTTH sobre GPON y la factibilidad de implementar el servicio de banda ancha en Monte Sinaí		
AUTOR(ES)	Sánchez Chicaiza, Erick Antonio		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Edwin F. Palacios Meléndez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de Septiembre del 2021	No. DE PÁGINAS:	53
ÁREAS TEMÁTICAS:	Comunicaciones Ópticas, Diseño Redes GPON		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	FTTH- GPON- CNT- Enlaces Troncales- Optisystem- Banda Ancha		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>La presente investigación prevé que el servicio de FTTH de una red GPON esté al alcance de los moradores de varios sectores de Monte Sinaí en la ciudad de Guayaquil, ya que en muchos sectores de esta cooperativa aún no cuentan con un servicio digno de consumir y a un costo alcanzable para estas personas de bajo recurso. Más aún que en la actualidad las clases se mantienen de manera virtual y no presencial y muchos o todos los hogares necesitan del servicio de internet de banda ancha. Se plantea las características básicas para el diseño y la creación de redes troncales que puedan abastecer para una cantidad de usuarios en el sector de Monte Sinaí en la Coop. Valle verde. Posteriormente se realizará la simulación usando el programa de Optisystem, para la verificación de datos y enlaces correctamente trazados. Finalmente, se comprobarán datos para el correcto enlace de esta red troncal, partiendo del nodo central de CNT en La Casuarina, ocupando el servicio que ofrece la compañía de CNT, que en este caso sería la más rentable para este proyecto que sería para ayuda de gente humilde del sector de Monte Sinaí.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593960016745	E-mail: erick.sanchez01@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-67608298		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			