



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TEMA:

**Implementación de enlaces descendentes en GPON para evaluación del  
desempeño en transmisiones 2.5 Gbps utilizando OptiSystem**

AUTOR:

Suárez Sellán, Kerly Julissa

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

13 de Septiembre del 2018



**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.  
**Suárez Sellán, Kerly Julissa** como requerimiento para la obtención del  
título de **INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

---

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DE CARRERA

---

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 13 días del mes de septiembre del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Suárez Sellán, Kerly Julissa**

**DECLARÓ QUE:**

El trabajo de titulación **“Implementación de enlaces descendentes en GPON para evaluación del desempeño en transmisiones 2.5 Gbps utilizando OptiSystem”** 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 13 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR

---

SUÁREZ SELLÁN, KERLY JULISSA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Suárez Sellán, Kerly Julissa**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Implementación de enlaces descendentes en GPON para evaluación del desempeño en transmisiones 2.5 Gbps utilizando OptiSystem**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 13 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR

---

SUÁREZ SELLÁN, KERLY JULISSA

# REPORTE DE URKUND

**URKUND**

**Documento** [Suarez\\_Kerty\\_Final.docx](#) (D41096447)

**Presentado** 2018-09-02 14:27 (-05:00)

**Presentado por** fernandopm23@hotmail.com

**Recibido** edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

**Mensaje** Análisis TT Kerty Suarez [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 23 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

**Lista de fuentes** Bloques

+	Categoría	Enlace/nombre de archivo	▣
+		<a href="#">TESIS GPON FINAL TUTIVEN 12-07-201...</a>	<input type="checkbox"/>
+	>	<a href="http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstre...">http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstre...</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Fuentes alternativas</b>			
+		<a href="#">TESIS GPON FINAL P. TUTIVEN 31-07-2...</a>	<input type="checkbox"/>
+		<a href="#">ULTIMA TESIS FINAL TUTIVEN 24-05-20...</a>	<input type="checkbox"/>

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

TEMA: Implementación de enlaces descendentes en  
GPON para evaluación del desempeño en  
transmisiones 2.5 Gbps utilizando OptiSystem

AUTOR: Suárez Sellán, Kerty Julissa

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

TUTOR: M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

13 de Septiembre del 2018

0 Advertencias

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis con todo amor y cariño a mis padres quienes permanentemente me apoyaron contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos.

A mí amada hija Scarlett por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más.

A mis maestros que transmitieron sus conocimientos en estos años de estudio y superación inculcarme el amor y dedicación a esta profesión.

A mis compañeros y a todos aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome y lograr que este sueño se haga realidad.

**EL AUTOR**

**SUÁREZ SELLÁN, KERLY JULISSA**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a primero a Dios, ya que gracias a él e logrados concluir mi carrera

A la Universidad Católica De Santiago de Guayaquil, a la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo Carrera de Ingeniera en Telecomunicaciones.

A mi tutor M.SC. Edwin Fernando Palacios Meléndez quien creyó en este proyecto y me apoyo de manera personal e institucional y siempre me alentó a concluir esta investigación

EL AUTOR

SUÁREZ SELLÁN, KERLY JULISSA



**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 JESÚS**  
DECANO

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**  
TUTOR

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. ZAMORA CEDEÑO, NÉSTOR ARMANDO**  
COORDINADOR DE ÁREA



## Índice General

Índice de Figuras .....	XI
Índice de Tablas.....	XIII
Resumen .....	XIV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes. ....	3
1.3. Definición del Problema.....	4
1.4. Justificación del Problema.....	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos. ....	5
1.6. Hipótesis.....	5
1.7. Metodología de Investigación.....	5
CAPÍTULO 2: COMPONENTES DE REDES DE FIBRA ÓPTICA .....	6
2.1. Fibras ópticas. ....	6
2.2. El cable de fibra óptica. ....	7
2.3. Accesorios de montaje para cables de fibra óptica .....	8
2.3.1. Accesorios de conexión.....	8
2.3.2. Conectores ópticos.....	9
2.3.3. Manejo de conectores ópticos .....	11
2.3.4. Accesorios para hilos de soldadura de fibra. ....	12
2.4. La estructura de una red de fibra óptica.....	12
2.4.1. Partes de la red de fibra óptica.....	13
2.5. Las topologías de red.....	17
2.6. Fibra al hogar. ....	18
2.7. Cableado de fibra óptica abierto.....	20

2.8.	El diseño de la red de fibra óptica. ....	22
2.9.	Red de acceso óptico a la red doméstica.....	24
2.10.	Red de acceso opcional para edificios residenciales y departamentos. ....	24
CAPÍTULO 3: SIMULACION Y RESULTADOS OBTENIDOS .....		28
3.1.	Introducción del sistema a simular. ....	28
3.2.	Arquitectura GPON para la simulación del sistema.....	29
3.3.	Características de GPON. ....	30
3.3.1.	Tasa de error de bits (BER). ....	30
3.3.2.	Factor Q.....	30
3.3.3.	Diagrama de ojo. ....	31
3.3.4.	Asignación dinámica de ancho de banda (DBA). ....	31
3.4.	Diseño de simulación. ....	32
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....		47
4.1.	Conclusiones.....	47
4.2.	Recomendaciones.....	47
Bibliografía.....		48

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2. 1: Estructura de la red de acceso óptico, topologías en el nivel del cable y las designaciones de cableado.....	12
Figura 2. 2: Red de acceso óptico de conexión interna. ....	16
Figura 2. 3: Conexión pasiva “Punto a Punto, P2P” .....	17
Figura 2. 4: Conexión pasiva “Punto a Multipunto, P2MP). ....	17
Figura 2. 5: Conexión activa “Punto a Multipunto, P2MP). ....	18
Figura 2. 6: Soluciones de implementación bajo el modelo FTTB conducen a inversiones fácilmente superpuestas, lo que dificulta el cambio a la implementación del modelo FTTH. ....	21
Figura 2. 7: Cableado de fibra óptica abierto permite la transferencia de una interfaz común entre la red y los operadores de servicio al nodo de acceso, evitando la duplicación de las inversiones en redes de fibra óptica.....	21
Figura 2. 8: Ejemplo de conexión de una casa familiar de una red de acceso. ....	24
Figura 2. 9: Ejemplo de conexión a un edificio de red de acceso óptico (o una sola propiedad residencial). ....	25
Figura 2. 10: Ejemplo de conexión a un edificio de red de acceso óptico (o una sola propiedad residencial). ....	26
Figura 2. 11: Ejemplo de conexión de un soporte de bloque residencial a una red de acceso óptico.....	27

### Capítulo 3

Figura 3. 1: Arquitectura de una red de acceso GPON-FTTH. ....	29
Figura 3. 2: Estructura del diagrama de ojo. ....	31
Figura 3. 3: Proceso de la asignación dinámica de ancho de banda (DBA). ....	32
Figura 3. 4: Modelo de simulación de GPON en sentido descendente sobre OptiSystem. ....	33
Figura 3. 5: Diagrama de ojo para 1400 nm de BER Analyzer. ....	35
Figura 3. 6: Factor Q máximo de BER Analyzer. ....	35

Figura 3. 7: BER mínimo de BER Analyzer. ....	36
Figura 3. 8: Diagrama de ojo para 1381 nm de BER Analyzer_1. ....	36
Figura 3. 9: Factor Q máximo de BER Analyzer_1. ....	37
Figura 3. 10: BER mínimo de BER Analyzer_1.....	37
Figura 3. 11: Diagrama de ojo para 1500 nm de BER Analyzer_2. ....	38
Figura 3. 12: Factor Q máximo de BER Analyzer_2. ....	38
Figura 3. 13: BER mínimo de BER Analyzer_2.....	39
Figura 3. 14: Diagrama de ojo para 1560 nm de BER Analyzer_3. ....	39
Figura 3. 15: Factor Q máximo de BER Analyzer_3. ....	40
Figura 3. 16: BER mínimo de BER Analyzer_3.....	40
Figura 3. 17: Diagrama de ojo para 1492 nm de BER Analyzer. ....	41
Figura 3. 18: Diagrama de ojo para 1535 nm de BER Analyzer_1. ....	42
Figura 3. 19: Diagrama de ojo para 1600 nm de BER Analyzer_2. ....	42
Figura 3. 20: Diagrama de ojo para 1700 nm de BER Analyzer_3. ....	43
Figura 3. 20: Diagrama de ojo para 1545 nm de BER Analyzer. ....	44
Figura 3. 20: Diagrama de ojo para 1360 nm de BER Analyzer_1. ....	44
Figura 3. 20: Diagrama de ojo para 1550 nm de BER Analyzer_2. ....	45
Figura 3. 20: Diagrama de ojo para 1495 nm de BER Analyzer_3. ....	45

## Índice de Tablas

### Capítulo 2

Tabla 2. 1: Los cables de fibra óptica y las fibras ópticas definen los estándares más importantes. ....	8
Tabla 2. 2: Ejemplos de posibles desarrollos en la red intrínseca de edificios residenciales y de departamentos. El modelo de red seleccionado tiene un impacto en el diseño de la red de acceso óptico. ....	24

### Capítulo 3

Tabla 3. 1: Velocidades de transmisión en direcciones descendentes y ascendentes. ....	30
Tabla 3. 2: Resultados para diferentes parámetros del primer escenario de simulación. ....	34
Tabla 3. 3: Resultados para diferentes parámetros del segundo escenario de simulación. ....	41
Tabla 3. 4: Resultados para diferentes parámetros del tercer escenario de simulación. ....	43

## Resumen

El trabajo de titulación propuesto es “Implementación de enlaces descendentes en GPON para evaluación del desempeño en transmisiones 2.5 Gbps utilizando OptiSystem”. Para el desarrollo del presente trabajo de titulación, fue necesaria la definición del problema, así como los antecedentes de trabajos relacionados al tema propuesto. Después se plantearon el objetivo general y los específicos donde se detallan las tareas o propósitos desarrollados en los capítulos 2 y 3. Se discute el rendimiento de una red óptica pasiva de alta capacidad (GPON) para diferentes longitudes de onda y potencia en un sistema con múltiples usuarios. Las características principales son el uso de divisores pasivos en la red de distribución de fibra, permitiendo que una única fibra de alimentación de la oficina central del proveedor sirva a múltiples hogares y pequeñas empresas. La arquitectura GPON ofrece servicios de voz y datos convergentes a velocidades de hasta 2.5 Gbps. La calidad del rendimiento de un sistema de comunicación digital se especifica por su factor BER o Q.

**Palabras claves: COMUNICACIONES, FIBRA, TOPOLOGÍAS, RENDIMIENTO, FACTOR Q, BER**

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Introducción.

La tecnología de red óptica pasiva (*Passive Optical Network, PON*) se basa en una red de fibra pasiva en estrella y ofrece una solución de acceso óptico rentable con naturaleza punto a multipunto (*Point-to-MultiPoint, P2MP*). Con el rápido crecimiento de los requisitos de ancho de banda de los clientes y la proliferación del ancho de banda en las redes metropolitanas, se esperaba que BPON y la red óptica pasiva (GPON) gane como la principal tecnología de acceso óptico eliminando el cuello de botella en el ancho de banda última milla. GPON es una red de acceso de servicio completo que puede proporcionar servicios de gran ancho de banda a los clientes que siguen diferentes escenarios de fibra a la instalación/ gabinete / edificio / hogar / usuario conocidos como FTTx. (Bakarman, Shaari, & Ismail, 2010)

El sistema GPON también es una arquitectura bidireccional de red punto a multipunto para desplegar líneas de acceso ópticas entre la oficina central del operador y los sitios del cliente. GPON es el más ampliamente implementado en las redes actuales de fibra hasta el hogar (*Fiber To The Home, FTTH*). Las redes FTTH se están instalando en redes ópticas pasivas (PON) multiplexadas por multiplexión punto a punto (*Point-to-Point, P2P*) y punto a multipunto (*Point-to-MultiPoint, P2MP*). (Sumanpreet & Dewra, 2014)

GPON es el más utilizado en redes FTTX (fibra para el hogar, fibra para el borde y fibra para el edificio). Los sistemas FTTX se establecen en arquitecturas de red óptica pasiva multiplexadas por división de tiempo punto a punto o punto a multipunto. Un sistema GPON típico emplea una topología de árbol que consiste en terminal de línea óptica (*Optical Line Terminal, OLT*), terminal de red óptica (*Optical Network Terminal, ONT*) y red de distribución óptica (*Optical Distribution Network, ODN*). (Sumanpreet & Dewra, 2015)

El sistema GPON puede proporcionar suficiente capacidad para los próximos años, pero a medida que aumenta la velocidad de datos y la distancia de transmisión, aumenta la dispersión, que es la mayor potencia de

transmisión que degrada la calidad de la señal óptica. La dispersión es la difusión del pulso desde su forma original. Debido a la gran dispersión, los bits se desbordan y se superponen con sus bits contiguos. Como resultado, al receptor le resulta difícil recuperar los bits originales, lo que hace que aumente la tasa de errores de bits (*Bits Error Rate, BER*).

## **1.2. Antecedentes.**

A continuación, se describen tres artículos científicos relacionados al tema de titulación propuesto para el desarrollo del modelado de simulación de implementar enlaces descendentes en una GPON sobre la plataforma OptiSystem:

- a. Israr, Junaid, & Israr, (2015) en su publicación “Análisis de rendimiento de los formatos de modulación óptica avanzada para el sistema GPON”, evalúa las modulaciones CSRZ (Retorno a cero suprimido por la portadora), DRZ (Retorno duobinaria a cero) y MDRZ (Retorno duobinaria modificada a cero) en términos de diagrama de ojo, factor Q y BER en un sistema GPON de 2 y 2.5 Gbps. El rendimiento de todos estos formatos de modulación se presenta y se compara variando la distancia de transmisión y la velocidad de datos a través de varios escenarios de simulación en OptiSystem. Se observa que MDRZ ofrece menos transmisión de dispersión y menos BER para la transmisión a larga distancia.
- b. Bakarman et al., (2010) en su publicación “Simulación de rendimiento de transmisión de 1,25 Gbps de GPON-FTTx” presenta un enlace descendente de 1.25 Gbps sobre GPON. Todas las clases de la red de distribución óptica (ODN) se implementan, utilizando OptiSystem, para investigar la capacidad de transmisión y el rendimiento del modelo GPON propuesto. Algunas de las limitaciones de diseño involucradas en un diseño de red óptica, como el análisis de intervalo de fibra, el presupuesto de energía y los cálculos de margen se tienen en cuenta en el peor de los casos. La calidad o el rendimiento de un sistema de comunicación digital se especifica mediante su valor BER o factor Q con respecto a otros parámetros, como la sensibilidad del receptor. El



modelo simulado puede admitir 18, 50 y 128 usuarios para las clases A, B y C, respectivamente.

- c. Hazra, Manasa, & Singla, (2013) en su publicación “Análisis de rendimiento de transmisión 1.25 Gbps descendente de GPON-FTTX” presenta un enlace descendente de 1.25 Gbps en GPON. La capacidad de transmisión y el rendimiento del modelo propuesto GPON de medios físicos en sentido descendente se implementa utilizando OptiSystem. En el peor de los casos, tienen en cuenta las limitaciones de diseño implicadas en un diseño de red óptica, como el análisis de fibra óptica, el presupuesto de energía y los cálculos marginales. La calidad o el rendimiento de un sistema de comunicación digital se especifica mediante su valor Q o error de bit rata (BER) entre otros parámetros como la sensibilidad del receptor. El modelo simulado puede admitir 2, 8 y 15 números de usuarios para las clases A, B y C, respectivamente.

### **1.3. Definición del Problema.**

Necesidad de realizar modelos de simulación de redes GPON a través de la implementación de enlaces descendentes para evaluación del desempeño de transmisiones a 2.5 Gbps utilizando el software de simulación OptiSystem.

### **1.4. Justificación del Problema.**

El modelado de redes de comunicaciones ópticas se realiza a través de diversas plataformas de simulación, por ejemplo, OMNeT, Riverbed (Opnet) Modeler, MatLab/Simulink, OptiSystem y otros. Para el presente trabajo de titulación se escogió el software OptiSystem, el mismo es muy empleado por investigadores en el desarrollo de artículos científicos.

### **1.5. Objetivos del Problema de Investigación.**

#### **1.5.1. Objetivo General.**

Implementar enlaces descendentes en GPON para evaluación del desempeño en transmisiones 2.5 Gbps utilizando la plataforma de simulación OptiSystem.

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Describir los fundamentos teóricos de los componentes de una red de fibra óptica.
- Realizar el diseño del sistema de simulación en OptiSystem utilizando el modulador Mach-Zehnder.
- Modificar los parámetros de simulación para tres escenarios diferentes en potencia y longitud de onda.
- Evaluar los resultados obtenidos de la simulación del modelado propuesto en OptiSystem.

### **1.6. Hipótesis.**

A través de la implementación de enlaces descendentes sobre la plataforma de simulación OptiSystem se pretende demostrar que el software utilizado es de gran utilidad para profesionales y estudiantes, y que pueden modelar sistemas de transmisiones ópticos con diferentes esquemas de modulación o según la necesidad de la investigación.

### **1.7. Metodología de Investigación.**

La metodología de investigación que se utiliza en el presente trabajo de titulación es del tipo descriptivo, exploratorio y explicativo. El enfoque de investigación es el cuantitativo, ya que se utiliza una herramienta de simulación para obtener datos numéricos y a partir del mismo sacar conclusiones en base a los parámetros que se definen en el capítulo 3.

## **CAPÍTULO 2: COMPONENTES DE REDES DE FIBRA ÓPTICA**

### **2.1. Fibras ópticas.**

La fibra óptica es un cable que lleva el elemento de la señal y, por tanto, un elemento clave de una red de fibra óptica para la transmisión de datos. La fibra óptica es un conductor dieléctrico transparente utilizado para transferir ondas electromagnéticas en la banda óptica. Las fibras utilizadas en las redes de telecomunicaciones son fibras de vidrio cuyas propiedades de transferencia se basan en la reflexión total de la luz en la interfaz entre el núcleo de la fibra y la capa de la carcasa.

Las redes de telecomunicaciones, tanto de acceso como de red troncal, se implementan con fibras monomodo. Las fibras monomodo para redes de acceso óptico son actualmente fibras de acuerdo con las Recomendaciones UIT-T G.652.D y G.657.A. Las recomendaciones UIT-T G.654, G.655 y G.656 son fibras monomodo que están destinadas a aplicaciones especiales, como cables marinos y sistemas de alta capacidad en la red troncal.

Las categorías de fibras monomodo también se encuentran en la norma IEC 60793-2-50 en una forma ligeramente diferente. Desde 1986, se han utilizado casi exclusivamente fibras de la serie G.652 en las redes ecuatorianas de telecomunicaciones, incluidas G.652.A, G.652.B, G.652.C y G.652.D. De estos, el último tipo de fibra, G.652.D, combina las siguientes características:

- a. incluye un amplio rango de longitudes de onda, (1383 nm), que permite utilizar toda la gama de sistemas CWDM
- b. un pequeño valor de PMD.
- c. compatible con otras fibras de la serie G.652.

La recomendación G.657 define las propiedades de flexión más sofisticadas de la fibra monomodo de acuerdo con la recomendación G.652, de modo que la fibra de la clase G.657.A también cumple los requisitos de la recomendación G.652.D. La atenuación por flexión de la fibra de la clase

G.657.B es menor que la fibra de grado A, pero no es compatible con la fibra de la recomendación G.652.D.

## **2.2. El cable de fibra óptica.**

El cable de fibra óptica (cable óptico) es un conjunto de estructuras protectoras formadas por una o más fibras ópticas. Los cables de fibra óptica están divididos en: cables internos y externos

- a) Los cables internos están diseñados para aplicaciones en interiores de edificios y, por lo general, no son aptos para uso en exteriores. Los cables internos generalmente están libres de halógenos y deben cumplir con estándares de seguridad contra incendios que son más estrictos que los cables externos. También hay llamados cables de interior y al aire libre que cumplen con estándares de seguridad contra incendios y también son adecuados para la instalación interior y en exteriores.
- b) Los requisitos para los cables externos dependen de los entornos de instalación y los métodos de instalación. De acuerdo con los entornos de instalación, los cables se dividen en cables de tierra, aire, ductos y agua. Los métodos más comunes de instalación son el arado directo de cables de tierra y el drenaje o soplado de tierra o cables de conductos en ductos y/o conductos de tierra. Además, se utiliza el uso de un cable de aire para unir a los postes.

El estándar IEC para cables de fibra óptica, el más importante de los cuales se proporciona en la tabla 2.1, donde se define los métodos de prueba para probar los diferentes valores de rendimiento del cable de fibra óptica (por ejemplo, comportamiento de tracción, compresión y temperatura).

Las especificaciones de adquisición de cables generalmente definen el rendimiento esencial del cable que determina la vida útil del cable. La elección del tipo de cable afecta significativamente la confiabilidad y usabilidad de la red de cable. El costo total de la construcción de la red es solo una parte de la participación del cable. Para los cables, se requiere una vida útil mínima de al menos 25 años en su entorno de instalación. Desde el punto de vista de la

planificación, gestión y mantenimiento de la red, es ventajoso buscar una definición uniforme en toda la red.

Tabla 2. 1: Los cables de fibra óptica y las fibras ópticas definen los estándares más importantes.

IEC/EN 60794-1-2	Cables de fibra óptica - Parte 1-2: Especificación genérica - Procedimiento de prueba de cable óptico básico
IEC/EN 60794-3	Cables de fibra óptica - Parte 3: Especificación de sección - Cables para exteriores
IEC/EN 60794-3-10	Cables de fibra óptica - Parte 3-10: Cables para exteriores - Especificación familiar para cables de telecomunicaciones ópticas directamente enterrados
IEC/EN 60794-3-20	Cables de fibra óptica - Parte 3-20: Cables para exteriores - Especificaciones familiares para cables de telecomunicaciones ópticas aéreas
IEC/EN 60794-2-50	Fibras ópticas - Parte 2-50: Especificaciones del producto - Especificación seccional para fibras monomodo de clase B - Tipo de fibra monomodo B1.3
ITU-T Recomendación G.652	Características de una fibra óptica monomodo y cable
ITU-T Recomendación G.657	Características de una fibra óptica monomodo y cable insensible a la pérdida de flexión para la red de acceso

Elaborado por: Autor.

## 2.3. Accesorios de montaje para cables de fibra óptica

### 2.3.1. Accesorios de conexión

Los accesorios de accesorio de cableado óptico incluyen accesorios utilizados en conexión con la extensión y terminación tales como: **(a)** Conectores ópticos, **(b)** accesorios de soldadura de fibra, **(c)** fibras de tungsteno y cables de acoplamiento, y **(d)** recintos principales y paneles y paneles de distribución óptica (ODF).

La conexión o empalme es siempre un punto de vista crítico de la transmisión. El trayecto de la transmisión siempre disminuye el rendimiento debido a uniones o empalmes.

### 2.3.2. Conectores ópticos

Los conectores ópticos se utilizan cuando la conexión debe abrirse y cerrarse sin herramientas especiales. Dichos sitios de instalación incluyen, por ejemplo, paneles de terminales ópticos y divisores ópticos, dispositivos de transferencia y dispositivos de medición. El conector óptico siempre tiene un punto de discontinuidad en el enlace de fibra óptica y, por lo tanto, también una posible falla. Los conectores ópticos no pueden lograr un rendimiento tan bueno como el extremo de soldadura. Un buen conector óptico tiene las siguientes características:

- a) pérdida de inserción baja
- b) gran atenuación de reflexión
- c) buena estabilidad
- d) buena repetibilidad
- e) buen manejo.

Una pequeña atenuación de inserción significa que en la unión la potencia óptica de propagación se pierde lo menos posible. Una gran pérdida de reflexión significa que la salida de luz de la interfaz de unión es lo más pequeña posible. Una buena atenuación del acoplamiento del acoplador óptico suele ser inferior a 0.3 dB y una pérdida de reflexión de más de 40 dB.

La conexión óptica consiste en dos conectores que están alineados y bloqueados en su lugar con el adaptador del conector. Los conectores ópticos más comunes se llaman así conectores de manga donde el extremo de la fibra está pegado a un pequeño orificio en la manga o casquillos. Dos de estas mangas están alineadas y bloqueadas en su lugar. Los adaptadores se usan para la alineación. La sutura de la cabeza de la ferrita afecta las propiedades ópticas de la inserción. El extremo se lija ligeramente de manera convexa, sin dejar espacio de aire entre las fibras, sino el contacto físico entre ellas. Los siguientes métodos de rectificación son conocidos:

- Rectificado de contacto físico (*Physical Contact, PC*): pérdida de retorno (*Return Loss, RL*) > 30 dB.
- Rectificado de super contacto físico (*Super PC, SPC*):  $RL > 40$  dB.
- Rectificado de ultra contacto físico (*Ultra PC, UPC*):  $RL > 50$  dB.

- Rectificado de ángulo de contacto físico (*Angle PC, APC*) o ángulo inclinado ( $8^\circ$ ):  $RL > 60$  dB.

La traza de lijado debe estar limpia y lisa. Extremadamente importante, además de la ferrita y el adaptador del conector, la fiabilidad del cuerpo del conector, requerimiento de alivio de tensión. Además de la rectificación, la limpieza es importante al manipular los conectores. Incluso una pequeña parte de polvo o una fina capa de grasa degrada las propiedades del empalme.

El tipo de conector más común en Ecuador hoy en día es el conector SC. El conector SC también tiene una versión dúplex de SC-D, pero su uso no es muy común en nuestro país. En Ecuador, principalmente conectores SC únicos son empleados en instalaciones. En general, la férula del conector SC ahora está pulida con UPC para lograr una pérdida de reflexión de 50 dB. Las características y requisitos para los sistemas de transmisión de telecomunicaciones son hoy en día:

- a. Requisito de supresión de interferencias:  $< 0.5$  dB (típico  $0.1 \dots 0.3$  dB)
- b. Requisito de reflectancia:  $> 40$  dB (Típica  $> 50$  dB, rectificado UPC).

En una red de televisión por cable, el sistema de transmisión puede implementarse mediante tecnología AM, con un conector que refleje requisitos de amortiguación de  $> 60$  dB. En este caso, los conectores deben estar hechos con rectificado APC, es decir, el extremo del conector está inclinado. Estos conectores no se pueden conectar a paneles con conectores SC comunes porque tienen rectificado directo. Además, la magnitud del ángulo de rectificación (generalmente  $8^\circ$ ) y la dirección deben especificarse en el conector.

Debido a la densidad de empaquetamiento en el lado del dispositivo, conectores miniatura, es decir, el tamaño de la sección transversal del conector está en la dirección de altura y ancho de la mitad de las dimensiones del conector SC. Dichos conectores incluyen un conector MU y un conector LC, ambos comúnmente utilizados en dispositivos. Sin embargo, la tendencia futura en aplicaciones de empaquetamiento denso (por ejemplo, en ranuras

de reticulación grandes en el lado ODF) está enfatizando específicamente para el conector LC y la importancia del conector MU disminuye.

Las redes de telecomunicaciones todavía tienen conectores FC instalados en la década de 1980, pero hace tiempo que su instalación se ha suspendido para paneles ópticos. El tipo de conector para dispositivos de medición ópticos sigue siendo un conector FC. El rango de temperatura de funcionamiento de los conectores es generalmente + 60 ... -40 ° C, que difiere un tanto del rango de temperatura correspondiente del cable de fibra óptica.

### **2.3.3. Manejo de conectores ópticos**

Los conectores ópticos son componentes importantes porque su calidad y pureza afectan en gran medida la funcionalidad del sistema. Los conectores sucios o rayados pueden causar tanta atenuación a las conexiones que las conexiones no funcionan en absoluto. Por esta razón, es importante prestar mucha atención a la calidad y pureza de los conectores. Las siguientes son instrucciones para manejar los conectores:

- a. El tungsteno no blindado y los cables de conexión deben almacenarse en sus propios paquetes y conectores con cubiertas protectoras.
- b. Antes de conectar los conectores de fibra óptica y los conectores de fibra óptica deben limpiarse sistemáticamente con métodos de limpieza adecuados (incluso si los productos no se utilizan y provienen directamente de los fabricantes).
- c. Los conectores deben manejarse con cuidado en la situación de conmutación, con cuidado, por ejemplo, para que sus extremos sin blindaje, es decir, las férulas, no puedan rayar, tocar con el dedo o caer al suelo.
- d. Sospechando la condición de los conectores, por ejemplo, si el conector se ha caído desprotegido en el piso, su condición debe ser inspeccionada con un microscopio; ver a simple vista o con lupa no es suficiente porque la luz se conecta al conector con un diámetro de solo 0.01 mm.
- e. Los conectores desenchufados en los terminales de fibra óptica deben protegerse con sus propias cubiertas protectoras.



- f. Al medir conexiones de fibra óptica, se debe garantizar que los cables de medición utilizados sean correctos; los conectores sucios de los cables de prueba también ensucian los conectores dentro de los terminales de fibra óptica

### 2.3.4. Accesorios para hilos de soldadura de fibra.

Los accesorios para las fundas de soldadura de las fibras incluyen:

- a. Gabinetes de extensión y gabinetes para instalaciones al aire libre.
- b. Terminales internos para extender cables externos a los cables internos.
- c. Placas de extensión para protección de fibras ópticas y uniones de fibras.
- d. Protectores de fibra
- e. Otros materiales utilizados en los bordes de soldadura.

### 2.4. La estructura de una red de fibra óptica.

Esta sección describe los componentes del cable de fibra óptica, diferentes topologías y alternativas estructurales, y recomendaciones para la estructura de la red. La figura 2.1 muestra la estructura de la red de acceso óptico, la topología de red y las designaciones de los cables.

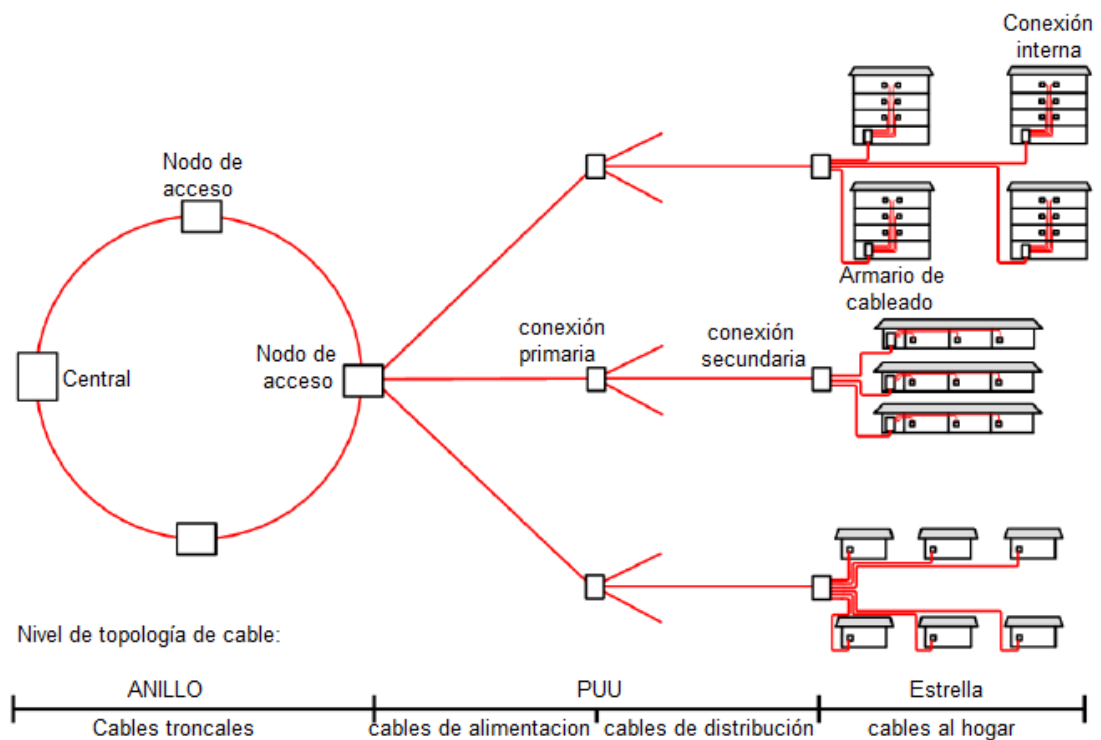


Figura 2. 1: Estructura de la red de acceso óptico, topologías en el nivel del cable y las designaciones de cableado.

Elaborado por: Autor.

### **2.4.1. Partes de la red de fibra óptica.**

La red de cable de fibra óptica se basa en la red de acceso, la red de conexión, la red de comunicaciones interna y el terminal de fibra óptica/red. Esta sección se centra en describir la red interna de una red de acceso óptico y sus propiedades de extensión. A continuación, se describen los siguientes términos:

#### **a. Red de acceso óptico.**

La red de acceso óptico conecta a los clientes y sus redes de comunicaciones internas en una red pública de comunicaciones que utiliza fibra óptica como medio de transferencia. Una red de acceso óptico se refiere a una red implementada por cables de fibra óptica desde un nodo de acceso hasta el último terminal de fibra óptica antes de la propia red de comunicaciones. La red de acceso óptico consiste en fibras de abonado y nodos de acceso contenidos en cables de fibra óptica. Además, los amplificadores y divisores también pueden usarse en la red de acceso óptico dependiendo de la implementación de la red. La red de acceso pasa a una oficina central, que es una interfaz entre la red pública de comunicaciones y la red de comunicación en el hogar. Los nodos de acceso a la red pueden ser múltiples, por lo que se considera que la red óptica de transmisión de datos que los conecta pertenece a la red de acceso óptico.

#### **b. Línea de abonado.**

La línea de abonado es el cliente de la fibra óptica para la comunicación con la red del operador de red.

#### **c. Red troncal (backbone).**

La red troncal es una red de comunicación que conecta las diferentes redes de acceso. Opcionalmente, las redes centrales se implementan por defecto.

#### **d. El divisor principal o conexión primaria.**

El uso de divisiones primarias y secundarias proporciona una estructura de red por fases en la que la optimización del cableado de la red de acceso se puede optimizar de la misma manera que la red telefónica de cobre. La

división primaria es responsable de, por ejemplo. optimice las longitudes de los cables de división y alimentación, y el uso de las fibras del cable de alimentación paso a paso dependiendo de cómo se activen las conexiones de fibra. Cuando la red se cambia más tarde, Desde la estructura FTTB hasta la estructura FTTH, la importancia funcional de la división primaria está aumentando. Este es especialmente el caso cuando las fibras específicas del suscriptor se extienden al nodo de acceso.

#### **e. Conexión secundaria.**

La tarea de la división secundaria es optimizar, las longitudes de los cables divisores y de tierra, y el uso de las fibras de los cables de distribución. Una vivienda secundaria también puede servir como una casa de vivienda para la propiedad, que puede servir a sub-casas ubicadas en edificios en varias casas. La división secundaria también puede ubicarse en un bloque para servir a varias propiedades del mismo bloque. Típicamente, la división secundaria es un gabinete de calle con terminales de soldadura entre el cable de distribución y los cables de distribución.

#### **f. Cuarto de cableado.**

El cuarto o armario de cableado es una verdadera conexión transversal que une la red pública de comunicaciones y una red de comunicación interna del edificio. El armario de cableado es la interfaz entre las dos redes. Los cables de red de fibra óptica terminan en los armarios de la casa hasta el terminal de fibra óptica y los dispositivos activos de la red óptica requeridos para los servicios también se colocan en la cabaña de la vivienda. En los almacenes y casas adosadas, el cable de cableado del edificio (cables ópticos y cables de par trenzado) también se decide. La interconexión de las redes se realiza mediante conexiones cruzadas rectas entre terminales de cable o mediante conexiones cruzadas a través de dispositivos activos.

#### **g. Cables de entrada, divisor y terminal.**

Los cables de entrada, divisor y terminal son cables de fibra óptica que se utilizan para conectar diferentes partes de la red. Los cables de entrada conectan las divisiones principales al nodo de acceso. Los cables de

distribución, por otro lado, combinan las divisiones secundarias con divisiones primarias y los cables aéreos para albergar armarios en divisiones secundarias. Además, el cable del terminal puede utilizarse para cables de fibra óptica para conectar un nodo de acceso y un panel de conmutación.

#### **h. Terminal del cable de fibra óptica.**

El terminal de fibra óptica es el recinto o estructura equivalente necesaria para cerrar el cable de fibra óptica al edificio, que tiene los siguientes componentes funcionales: alivio de tensión de fibra óptica, conexión a tierra de piezas metálicas, soportes de fibra óptica, blindaje mecánico para conectores, espacio de almacenamiento de longitud y estructura de placa perforada para adaptadores de conector. Los adaptadores de conector forman una interfaz pasiva de cable de fibra óptica a la cual el terminal de red está acoplado con los cables de conexión. Los terminales de fibra óptica son cables y paneles de fibra óptica. Las funciones de terminal de fibra óptica restringida se pueden integrar con un adaptador de red, pero el cambio del terminal puede dar como resultado la reinstalación del terminal de fibra óptica.

#### **i. Terminal de la red.**

El terminal de la red (terminal de red óptica) es un dispositivo activo del terminal del cliente que decide la conexión de la fibra y convierte la señal óptica en una señal eléctrica y viceversa. La terminología también usa términos para un convertidor de medios o terminal de abonado, así como equipo de instalaciones del cliente (Customer Premises Equipment, CPE), unidad de red óptica (Optical Network Unit, ONU) y terminal de red óptica (Optical Network Terminal, ONT). Típicamente, los terminales de red específicos del departamento incluyen una conexión de red telefónica, una conexión Ethernet de alta velocidad y una conexión de red de antena.

#### **j. Red de comunicaciones interna.**

La red de comunicación interna se refiere al teléfono interno o red de antena compartida de un edificio o edificio o a una red implementada mediante cableado general. La red de comunicaciones interna gestionada por la propiedad puede implementarse con fibras ópticas. En este caso, la red de

acceso óptico puede continuar técnicamente como una red interna, hasta los apartamentos. En el modelo de red FTTH para casas residenciales y de oficinas, la realineación de la propiedad aumenta en la oficina central. Si el cableado para la construcción de la red FTTB se lleva a cabo para filas residenciales y bloques de pisos, el cableado inverso se implementa nuevamente como cableado de cobre. En este caso, los dispositivos activos de la red de acceso óptico se colocan en la carcasa de la casa.

#### k. Conexión interna.

La conexión interna es un divisor de apartamentos que decodifica el cableado doméstico y coloca los dispositivos activos necesarios para los servicios de telecomunicaciones del hogar, como un terminal de red óptica. En pisos y casas adosadas, los cables principales se terminan en la oficina central, donde la interfaz entre el cable aéreo y el cableado doméstico se encuentra en la oficina central. En las casas, el bloque de la casa también sirve como un cine en casa, que sirve como un punto de conexión cruzada para el cableado de la casa. En la figura 2.2 se muestra un ejemplo de una red interna y la implementación de una conexión interna doméstica.

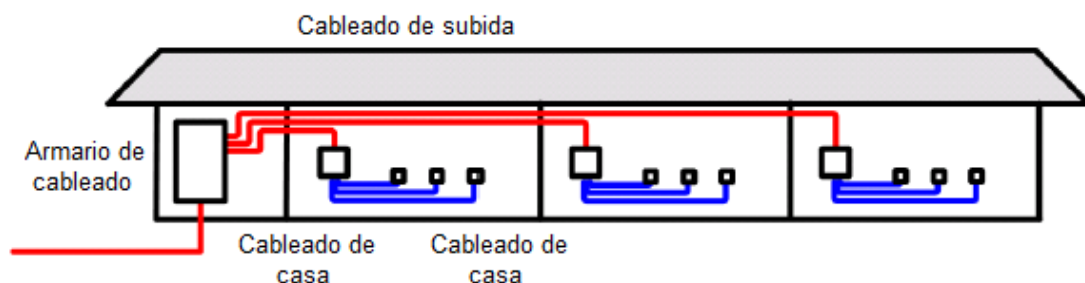


Figura 2. 2: Red de acceso óptico de conexión interna.

Elaborado por: Autor.

#### I. Cableado doméstico

El cableado entre el home theater y las cajas de conexión del apartamento se denomina cableado doméstico. El cableado doméstico generalmente consiste en cableado general Clase E (cables y conectores de Categoría 6) y cableado coaxial. El cableado de Clase E, admite aplicaciones de telecomunicaciones y el cableado coaxial admite aplicaciones de red de antenas.

### m. Cableado de subida.

El cableado de elevación o subida es el cableado entre la casa y la oficina central.

## 2.5. Las topologías de red.

La topología de la red de fibra óptica se puede dividir en dos categorías: cable y topologías de fibra. La hipótesis del cable en la práctica indica el enrutamiento de los cables y, por lo tanto, conectado al enrutamiento de canales y de cables, así como a otras construcciones físicas y ubicaciones geográficas. La fibra óptica, por otro lado, indica cómo las fibras ópticas se conectan entre sí dentro de los cables. La topología se utiliza para describir los requisitos de sistemas de transmisión de datos y, por otro lado, las cantidades requeridas de fibra. Las topologías de cable son anillo, estrella y árbol (véase la figura 2.1). Las topologías de fibra óptica (véase las figuras 2.3 a 2.5), y son:

- estrella pasiva "punto a punto" o llamada estrella.
- pasivo "punto a multipunto", es decir, una red óptica pasiva (*Passive Optical Network, PON*).
- activo "punto a multipunto", es decir, una red de ramificación activa.

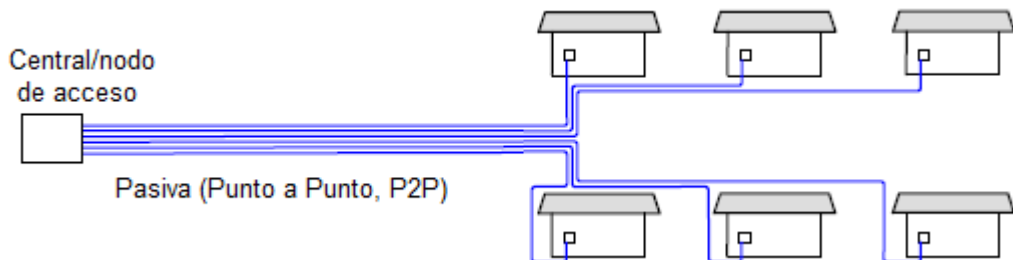


Figura 2. 3: Conexión pasiva "Punto a Punto, P2P".

Elaborado por: Autor.

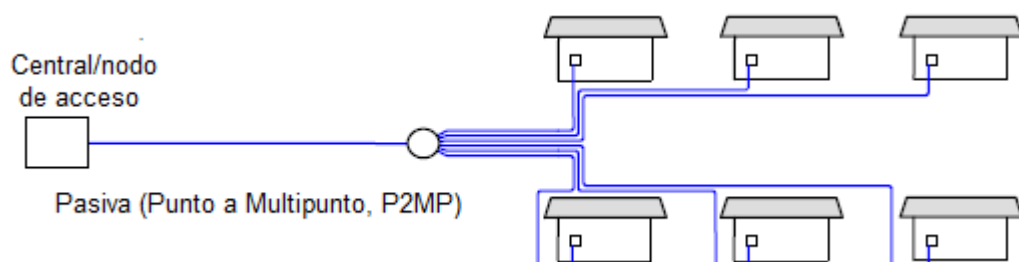


Figura 2. 4: Conexión pasiva "Punto a Multipunto, P2MP).

Elaborado por: Autor.

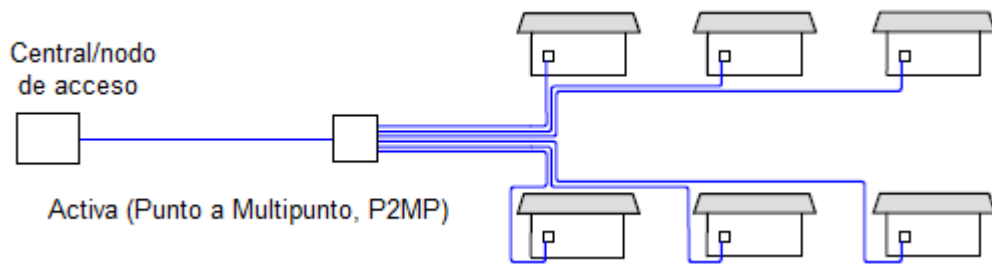


Figura 2. 5: Conexión activa "Punto a Multipunto, P2MP).  
Elaborado por: Autor.

En cada una de las redes de telecomunicaciones de fibra óptica mencionadas anteriormente, el terminal de fibra óptica tiene su propia conexión de fibra desde el nodo de acceso, un divisor (splitter) óptico pasivo o un punto de estrella activo. En las conexiones longitudinales, las fibras están típicamente dentro de uno o dos cables de fibra óptica, y en el divisor están conectadas a las fibras del cable de cada miembro.

Generalmente se utiliza, el cableado de topología árbol, la fibra óptica se puede elegir de manera muy flexible, siempre que se use suficiente fibra. La fibroquímica se puede elegir o sustituir entre la ramificación activa, la ramificación pasiva o la topología estrella completa, sin interferir con el arte del cable. Al mismo tiempo, el cableado también puede tomar diferentes grupos de fibras simultáneamente.

La topología estrellas es la topología más comúnmente utilizada, ya que puede formarse fácilmente con cualquier otra polifonía de fibra. En una red de estrella completa, los divisores ópticos pasivos y los dispositivos activos se pueden centrar en el mismo punto que es más claro en términos de administración y mantenimiento de la red.

## 2.6. Fibra al hogar.

Cuando la red de acceso óptico llega a la propiedad inmobiliaria en edificios y rascacielos, se denomina Fibra al edificio (*Fiber To The Building, FTTB*). Cuando la fibra se extiende en una casa o en una fila y un bloque de pisos, como una interconexión de fibra óptica de la propiedad, se conoce como un modelo de fibra al hogar (*Fiber To The Home, FTTH*). Los modelos de red

de fibra hasta el nodo (*Fiber To The Node, FTTN*) y de fibra hasta la cabina (*Fiber To The Cabin, FTTC*) son los llamados "fibra al nodo" implementaciones híbridas en las cuales las conexiones de banda ancha desde el nodo de acceso o el gabinete de cableado activo se implementan utilizando el cableado de red de cobre existente para la red telefónica.

Una red de acceso óptico puede implementarse con el modelo de red FTTB o FTTH. En función de la tendencia actual, lo más probable es que se implemente primero la implementación del modelo de red FTTB, que se incorporará por etapas al modelo de red FTTH. Estas diferentes etapas de desarrollo deben tenerse en cuenta en la etapa de diseño de la red.

En el modelo de red FTTB, la fibra se extiende desde el nodo de acceso hasta el bloque de la casa donde se colocan los dispositivos activos. El modelo utiliza la red de conducción interna de cobre de la propiedad de la siguiente manera:

- a. una antigua red de extensión telefónica con conexiones xDSL (por ejemplo, ADSL2 + y VDSL2)
- b. un sistema de cableado general implementado con cables de pares de cobre (por ejemplo, categoría 5), por ejemplo, a velocidades de transmisión de 100 Mbps.
- c. un cableado de la red de cable interior de la propiedad (cable de categoría 6), por ejemplo, a velocidades de transmisión de 1 Gbps.
- d. red de cable coaxial con conexiones del sistema de antena compartida

En el modelo de red FTTH, la conexión de fibra se extiende desde el nodo de acceso al apartamento, donde también se coloca el terminal óptico. Dependiendo del patrón de fibra óptica seleccionado, el modelo permite una conexión de fibra pasiva específica del abonado entre el nodo portador y el suscriptor, de modo que no es necesario colocar dispositivos activos en una casa, por ejemplo. Además, cuando el cobre ya no está presente, el ancho de banda y el límite de distancia para el cobre también se eliminan, lo que permite nuevos modelos de redes de acceso y competencia para servicios de banda ancha.



## **2.7. Cableado de fibra óptica abierto.**

La fibra óptica como medio de transmisión de señal electromagnética elimina en la práctica las limitaciones de distancia y banda de las implementaciones de red de acceso, que otros medios de transmisión (onda de radio y cobre) son un factor limitante para la implementación de la red. En la red de acceso óptico, los dispositivos activos en la red se pueden colocar de manera práctica y libre.

También se puede seleccionar un cable de fibra pasivo como implementación, que se puede adaptar fácilmente para servir a una amplia variedad de sistemas. En este sentido, la fibra es un medio de transferencia independiente de la tecnología. El cable de fibra se puede ver desde aquí como parte de la infraestructura básica de la sociedad. El uso de la red puede ser muy amplio, por lo que el costo del uso de la red puede ser cubierto por el flujo de dinero que está expandiendo cada vez más la oferta de servicios.

Debido a la velocidad de los sistemas de transferencia de datos, la optimización de fibra óptica para servir solo a un sistema por regla general contradice el hecho de que la implementación del cableado de fibra óptica es una inversión muy duradera. Dado que la vida útil del sistema de transferencia de datos puede ser de cinco años y el cableado de fibra a su vez es de 25 (o incluso 50) años, se encuentra que el cableado de fibra bien implementado sirve a varias células de generación del sistema durante su vida útil. Los costos de la infraestructura pasiva de fibra óptica vendrán en gran parte de los costos de construcción, por lo que se recomienda la cooperación con otros sectores o edificios comunitarios.

La fibra óptica permite la implementación de cableado pasivo y de gran ancho de banda para que diferentes sistemas, incluso paralelos, puedan operar en el mismo cableado. Al mismo tiempo, es técnicamente posible implementar una infraestructura autónoma de fibra óptica pasiva que sirva a varios operadores de red al mismo tiempo. En términos técnicos, no hay obstáculos para implementar el llamado "cable de fibra óptica abierto" que cumple con las siguientes condiciones:

- a. El cableado es independiente de los sistemas de transmisión proporcionados por la red.
- b. Varios operadores pueden usar la misma red pasiva de fibra óptica. Un cable de fibra óptica completo es suficiente para evitar la superposición de inversiones (véase las figuras 2.6 y 2.7).

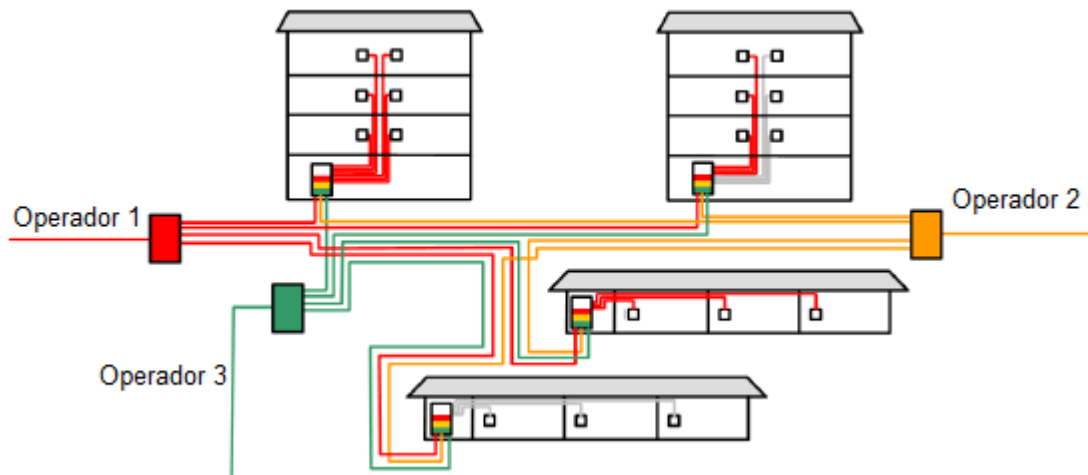


Figura 2. 6: Soluciones de implementación bajo el modelo FTTB conducen a inversiones fácilmente superpuestas, lo que dificulta el cambio a la implementación del modelo FTTH.  
Elaborado por: Autor.

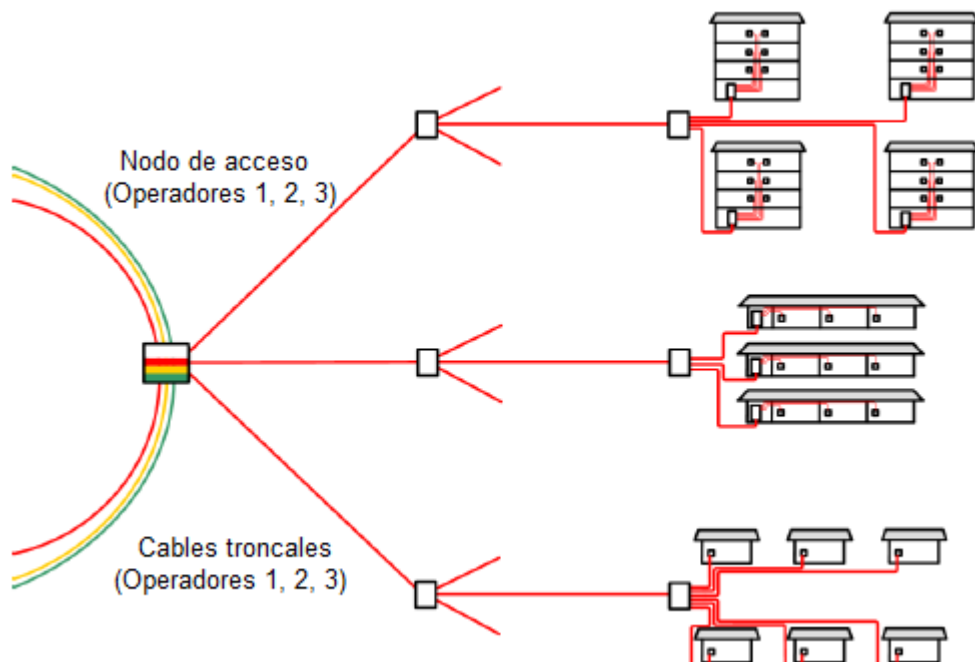


Figura 2. 7: Cableado de fibra óptica abierto permite la transferencia de una interfaz común entre la red y los operadores de servicio al nodo de acceso, evitando la duplicación de las inversiones en redes de fibra óptica.  
Elaborado por: Autor.

- c. Se pueden implementar diferentes hábitos de fibra simultáneamente con el cableado de fibra óptica.
- d. Los sistemas de red de televisión por cable pueden usar el mismo cable de fibra óptica.
- e. El cableado también es útil para sistemas futuros, por ejemplo, la actualización de capacidad permite tasas de transferencia de 1 Gbps o 10 Gbps. Además, el cableado ya puede funcionar como una red troncal para la red móvil y en el futuro con otros sistemas paralelos.

## **2.8. El diseño de la red de fibra óptica.**

En el diseño de la red de acceso óptico, es bueno distinguir una infraestructura pasiva de fibra óptica cuyos costos provienen en gran parte del trabajo de construcción, que es de decenas de años (hasta 50 años) de vida activa, muchos de los sistemas activos que se desarrollan en un ciclo rápido. A la distancia de la red de acceso, la fibra no limita en la práctica la distancia de transmisión, por lo que los dispositivos activos se pueden colocar libremente en la red. Esto puede enfocarse en diseñar un cable de fibra óptica pasiva como su propia infraestructura independiente, sin estar optimizado para las necesidades del sistema de transferencia de datos activo actualmente seleccionado.

La red de acceso óptico puede estar estructurada de acuerdo con una red telefónica alámbrica actual implementada con cableado de cobre, por lo que cada abonado está conectado a la línea de abonado directamente a la central. En el mismo principio, se obtiene una red técnicamente avanzada conectando cada abonado con fibra de abonado al nodo de intercambio o acceso. Esto permitirá una estructura de red flexible y de banda muy amplia que servirá a casi todos los modos de comunicación y sistemas de comunicación de datos en el futuro.

Como el precio de la fibra, en relación con el costo del trabajo de construcción, se ha reducido significativamente, el modelo de red descrito anteriormente debe utilizarse como base para la comparación de los cálculos de inversión de red. Esto debe hacerse incluso cuando la implementación en

la primera fase se realiza en una forma más limitada y los planes hacen reservas sobre la extensión de la red más adelante.

El uso de divisiones primarias y secundarias como ya se mencionó, permite una estructura de red por fases para optimizar la implementación del cableado de la red de acceso de la misma manera que la red telefónica de cobre. A medida que la red crece, es esencial considerar la ubicación y la capacidad de los divisores en etapas. Los nuevos divisores también se pueden agregar en una etapa posterior si se utilizan estructuras de cable en las que la capacidad de ramificación es factible sin poner en peligro otro tráfico. Esto es especialmente importante en áreas donde aún no se conoce la ubicación y los detalles de las necesidades de expansión en el momento de la configuración de la red. Específicamente, se enfatiza esta importancia cuando se pasa del modelo de red FTTB al modelo de red FTTH o cuando la interfaz común de los operadores cambia de cada fragmento de la casa a un nodo de acceso posiblemente compartido.

En el modelo FTTH de la red de acceso, la interfaz óptica se transfiere técnicamente hasta el apartamento. En el cableado óptico para viviendas unifamiliares, esta estructura se logra sin etapas intermedias de desarrollo, ya que el cable de la red de acceso termina directamente en la vivienda, que también actúa como una celda doméstica. En los edificios residenciales y de departamentos, la situación es más complicada porque se debe tener en cuenta la fase de desarrollo de la red de conducción interna de la propiedad.

El diseño de la red de acceso óptico debe tenerse en cuenta las fases potenciales de desarrollo de la red de comunicación local, ejemplos de los cuales se muestran en la tabla 2.2. El diseño de la red óptica debería considerar cómo moverse de forma flexible desde el modelo de red FTTB al modelo de red FTTH. En la planificación, uno debe recordar que estas dos alternativas modelo se pueden usar simultáneamente. Además, se debe evaluar bajo qué condiciones el modelo FTTH se puede implementar directamente sin la etapa intermedia de desarrollo bajo el modelo FTTB.

Tabla 2. 2: Ejemplos de posibles desarrollos en la red intrínseca de edificios residenciales y de departamentos. El modelo de red seleccionado tiene un impacto en el diseño de la red de acceso óptico.

<b>Modelo de red</b>	<b>Cableado</b>
FTTB	Cableado paralelo para red telefónica. Cableado coaxial para sistema de antena.
FTTB	Cableado de cobre para el sistema de cableado general (categoría 5) Cableado coaxial para sistema de antena
FTTB	Cableado de cobre para el sistema de cableado general (categoría 6) Cableado coaxial para sistema de antena Cable de fibra óptica (con modo de espera)
	<b>Red de acceso y cableado de enlace ascendente junto con fibra óptica</b>
FTTH	Ramificación pasiva (P2MP)
FTTH	Ramificación activa (P2MP)
FTTH	Pasiva P2P o estrella

Elaborado por: Autor.

## 2.9. Red de acceso óptico a la red doméstica.

La casa es también una casa basada en el hogar, mediante la cual la red de acceso óptico se implementa con el modelo de red FTTH sin etapas intermedias de desarrollo. Cada casa familiar está conectada centralmente a un subwoofer de clase A o B de 4 o 6 fibras, a la rama de distribución más cercana, tal como se muestra en la figura 2.8.

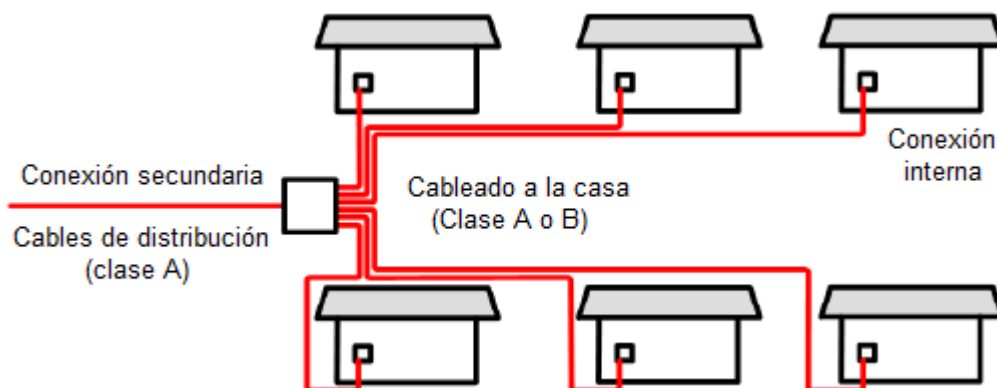


Figura 2. 8: Ejemplo de conexión de una casa familiar de una red de acceso.  
Elaborado por: Autor.

## 2.10. Red de acceso opcional para edificios residenciales y departamentos.

Esta sección introduce, por ejemplo, la incorporación de edificios residenciales y bloques de pisos (departamentos) en la red de acceso óptico. Las siguientes soluciones son parcialmente aplicables a la conexión de locales de oficina a la red de acceso óptico. El cableado de fibra óptica para redes residenciales probablemente se escalonará. Esto significa que, en la mayoría de los casos, la red se implementa de acuerdo con el modelo FTTB antes de pasar a la implementación del modelo FTTH. En el diseño de la red óptica, este cambio de red debe prepararse teniendo en cuenta las etapas de desarrollo de la red interna de la propiedad, tal como se muestra en la tabla 2.2.

La figura 2.9 muestra la conexión de un bloque de vivienda individual a una red de acceso óptico. El modelo es el mismo para una sola casa residencial. El cableado aéreo en el modelo FTTB se implementa en los modelos de cobre y FTTH con cables de fibra óptica.

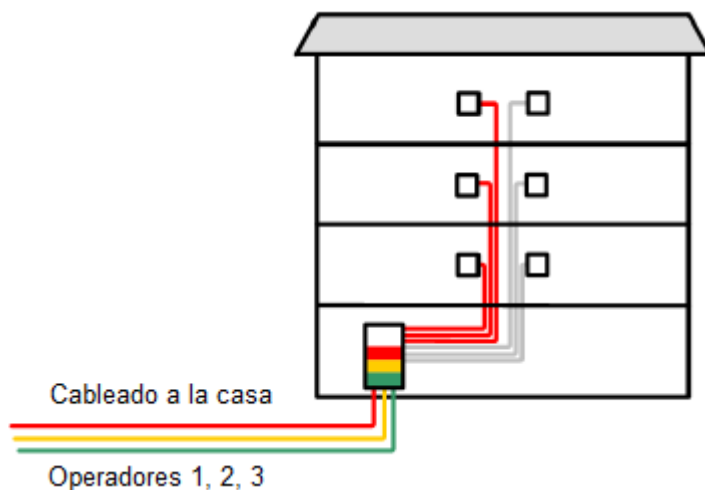


Figura 2. 9: Ejemplo de conexión a un edificio de red de acceso óptico (o una sola propiedad residencial).

Elaborado por: Autor.

La interconexión de la red de acceso se acopla a la red de comunicación interna del edificio en un divisor óptico, donde se encuentran los terminales de conexión cruzada y de los dispositivos activos de múltiples operadores. Se puede usar enrutamiento de fibra, conexiones de cobre o ambos. Las fibras

se terminan en un panel de distribución con un enlazador, por lo que se produce una conexión cruzada a la red de acceso óptico con líneas intermedias conectivas.

Hay al menos 24 fibras en el cable de entrada a la casa. La cantidad de fibra aumenta aquí, dependiendo de la fibra óptica elegida, al cambiar del modelo de red FTTB al modelo de red FTTH. Según la topología en estrella se proporcionarán dos fibras para cada abonado y 12 fibras para los sistemas comunes. Un grupo de departamentos y bloques de pisos puede pertenecer al mismo inmueble, por lo que la interfaz de la red de acceso óptico se forma como una oficina central secundaria que sirve a otros subsistemas en el mismo edificio. Un ejemplo de esto se ilustra en la figura 2.10. En esta realización, las fibras específicas de un apartamento pueden extenderse al estado de conexión cruzada interna de la casa.

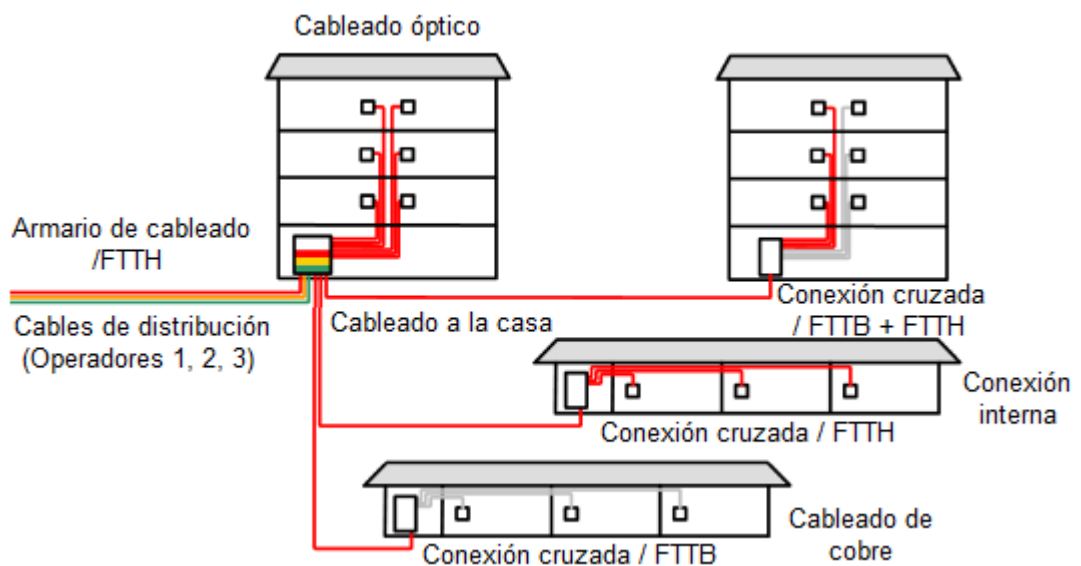


Figura 2. 10: Ejemplo de conexión a un edificio de red de acceso óptico (o una sola propiedad residencial).  
Elaborado por: Autor.

Un ejemplo de conexión de una propiedad residencial y un edificio residencial de varias plantas con un edificio a una red de acceso óptico. En un bloque de pisos, un bloque ubicado en el bloque de la red de acceso óptico y que sirve a todo el bloque se puede centralizar en una casa de viviendas de varios pisos tal como se muestra en la figura 2.11. La división secundaria ubicada en el adoquín puede servir a varias propiedades y actuar como un

punto de acceso común para redes de diferentes operadores. El uso de una cámara doble ubicada en las cortezas permite un ahorro significativo en los propietarios de la casa cuando la red se implementa de acuerdo con el modelo FTTH. Además, la construcción de un conducto de cables se realiza a un costo menor, cuando se puede hacer en un bloque a la vez.

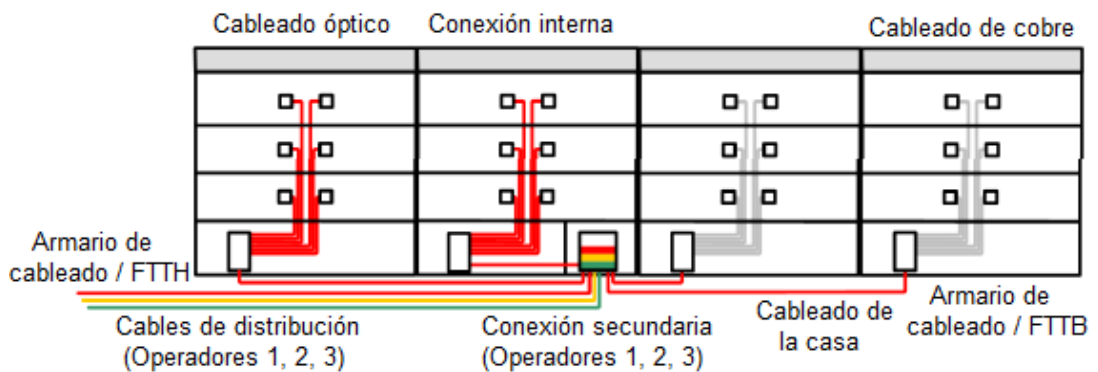


Figura 2. 11: Ejemplo de conexión de un soporte de bloque residencial a una red de acceso óptico.

Elaborado por: Autor.



## CAPÍTULO 3: SIMULACION Y RESULTADOS OBTENIDOS

### 3.1. Introducción del sistema a simular.

La tecnología de red óptica pasiva (*Passive Optical Network, PON*) estuvo disponible desde mediados de los años 90. Es una arquitectura de red que lleva el cableado y las señales de fibra al hogar mediante un esquema de punto a multipunto que permite que las fibras ópticas individuales sirvan a múltiples instalaciones (usuarios). La PON no tiene componentes activos entre la oficina central y el cliente.

El equipo pasivo no necesita energía eléctrica, guía las señales de tráfico contenidas dentro de longitudes de onda ópticas específicas. Los flujos de tráfico de voz, video y datos (triple play) se pueden implementar fácilmente usando diferentes longitudes de onda. GPON tiene una capacidad descendente de 2.488 Gbps y una capacidad ascendente de 1.244 Gbps compartida entre el usuario.

Los principales componentes de la arquitectura PON incluyen el terminal de línea óptica (*Optical Line Terminal, OLT*), la unidad de red óptica (*Optical Network Unit, ONU*) y los divisores (splitters) ópticos pasivos, en los que los divisores son las principales características de la red de distribución de fibra y también tienen una relación de división máxima de 1:128. Un factor de división desplegado típico es 1:32, como resultado de una compensación entre la distancia entre el hogar y el divisor óptico y el número de hogares.

GPON tiene un protocolo que permite que el terminal de línea se superponga al intervalo de tiempo inactivo en cada transmisión de paquetes con el ciclo de sondeo virtual para aumentar el ancho de banda efectivo. Se utiliza la multiplexación por división de tiempo para enviar paquetes de datos en la red y el ancho de banda total se comparte utilizando el protocolo de asignación dinámica de ancho de banda (*Dynamic Bandwidth Allocation, DBA*). Existen dos tipos de multiplexación: la multiplexación por división de longitud de onda (*Wavelength Division Multiplexing, WDM*) y la multiplexación por división de tiempo (*Time Division Multiplexing, TDM*).

Con la multiplexación por división de longitud de onda utilizada en el flujo descendente, cada cliente transmite su señal de longitud de onda única. Con TDM, el cliente se turna para transmitir información. El equipo TDM ha estado en el mercado por muchos años. En el presente trabajo de titulación, solamente se estudiará la parte del enlace descendente. Se va presentar el rendimiento de transmisión de una red GPON de enlace descendente con una velocidad de bits de 2.5 Gbps.

### 3.2. Arquitectura GPON para la simulación del sistema.

El equipo de transmisión activo consiste en una OLT y una ONU. Los datos se transmiten desde la oficina central a una fibra óptica única que se extiende desde la oficina central a los divisores ópticos. Este divisor óptico luego divide la potencia en N rutas separadas que se dirigen a diferentes suscriptores. El número de rutas de división puede variar de 2 a 64. La extensión de transmisión de fibra óptica desde la oficina central a cada suscriptor puede ser de hasta 20 km. La figura 3.1 muestra el diagrama de la estructura de red básica de GPON.

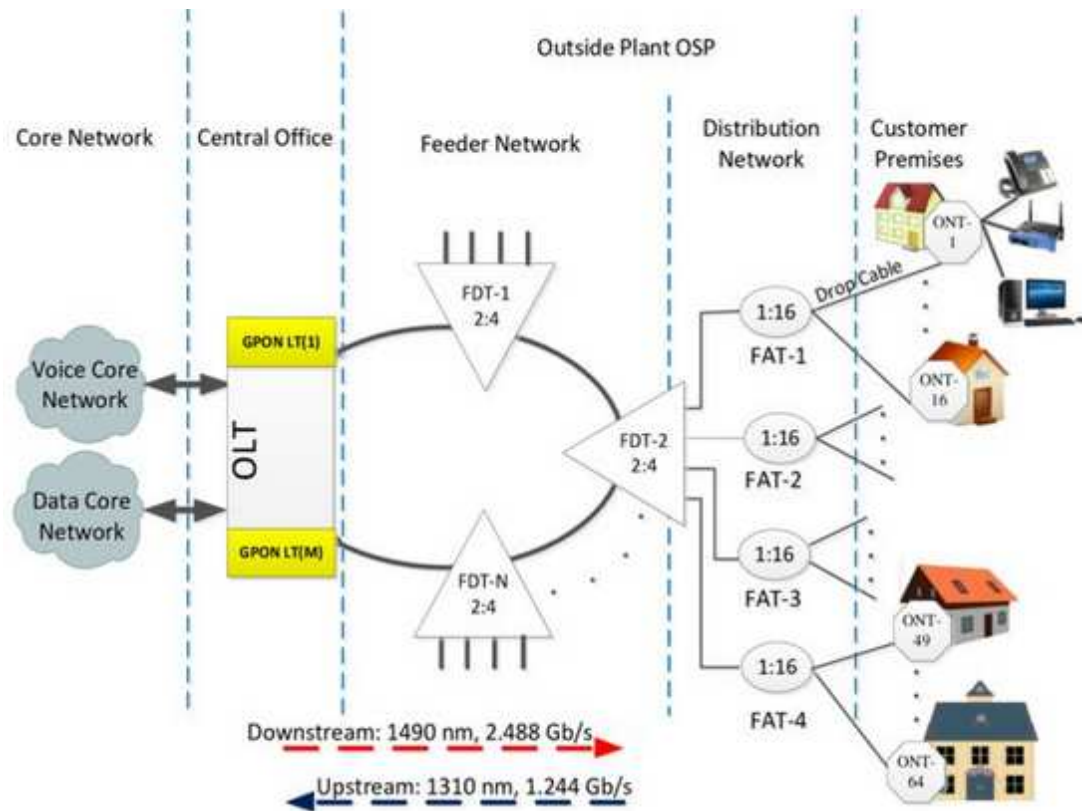


Figura 3. 1: Arquitectura de una red de acceso GPON-FTTH.

Fuente: (Al-Quzwini, 2014)

El estándar GPON define una gran cantidad de velocidades de transmisión diferentes para las direcciones descendentes y ascendentes, las mismas que se pueden ver en la tabla 3.1.

Tabla 3. 1: Velocidades de transmisión en direcciones descendentes y ascendentes.

Dirección de transmisión	Velocidades de transmisión (Mbps)
Ascendente (Upstream)	155.52
	622.08
	1244.80
	2488.32
Descendente (Downstream)	1244.16
	2488.32

Elaborado por: Autor.

### 3.3. Características de GPON.

#### 3.3.1. Tasa de error de bits (BER).

La tasa de error de bits es el número de bits recibidos de un flujo de datos sobre un canal de comunicación que ha sido alterado debido a errores de ruido, interferencia y distorsión o sincronización de bits. La tasa de error de bit o BER, es el número de errores de bit dividido por el número total de bits transferidos durante un intervalo de tiempo estudiado.

La BER es una unidad de medida de rendimiento inferior, a menudo expresada como un porcentaje. La curva dada generalmente se denomina curva de rendimiento o curva de BER de un sistema de transmisión óptica convencional con modulación de alta intensidad y detección directa.

#### 3.3.2. Factor Q.

El factor de calidad o factor Q es un parámetro adimensional que describe cómo están amortiguadas las oscilaciones. El factor Q más alto indica una menor tasa de pérdida de energía.

### 3.3.3. Diagrama de ojo.

Los modelos de ojo son una herramienta ampliamente utilizada para estudiar la calidad y la estabilidad de los sistemas de comunicación óptica. La calidad de las señales se puede evaluar a partir de la apariencia del ojo. Es una herramienta experimental para la evaluación de los efectos combinados del ruido del canal y la interferencia entre símbolos en el rendimiento de un sistema de transmisión de impulsos de banda base. Es la superposición sincronizada de todas las realizaciones posibles de la señal de interés vista dentro de un intervalo de señalización particular.

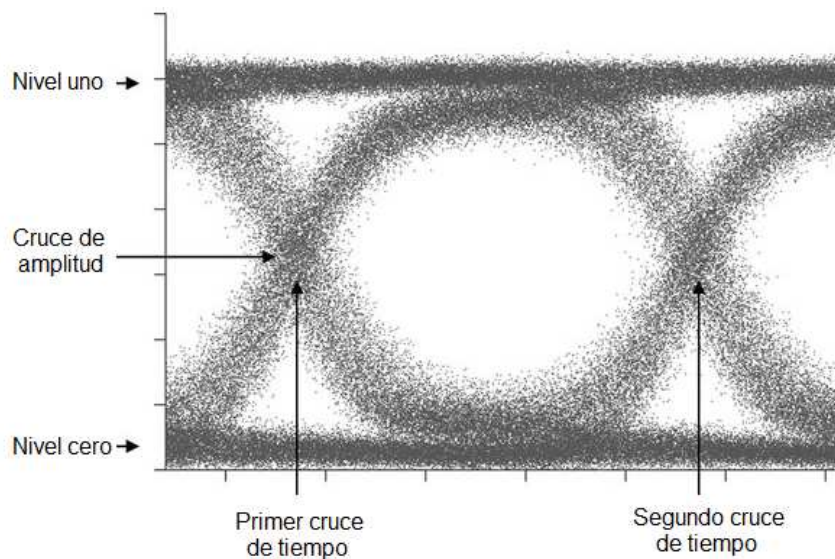


Figura 3. 2: Estructura del diagrama de ojo.  
Fuente: (Jargon, Wang, & Hale, 2008)

### 3.3.4. Asignación dinámica de ancho de banda (DBA).

La asignación dinámica de ancho de banda (*Dynamic Bandwidth Allocation, DBA*) es una técnica mediante la cual el ancho de banda de tráfico en un medio de telecomunicación compartido se puede asignar a demanda y de manera justa entre diferentes usuarios de ese ancho de banda. La asignación dinámica de ancho de banda aprovecha varios atributos de redes compartidas, que son:

1. Por lo general, todos los usuarios no están conectados a la red al mismo tiempo.
2. Incluso cuando están conectados, los usuarios no están transmitiendo datos (ni voz ni video) en todo momento.

- La mayor parte del tráfico se produce en ráfagas: existen espacios entre paquetes de información que pueden llenarse con otro tráfico de usuarios.

La DBA mejora la eficiencia del ancho de banda PON en sentido ascendente mediante el ajuste dinámico del ancho de banda entre las ONUs en respuesta al requisito de tráfico de ráfagas de la ONU, y los operadores de red pueden agregar más suscriptores finales a una PON debido a la utilización más eficiente. El suscriptor final puede disfrutar de servicios mejorados, como los picos de ancho de banda más allá de la asignación fija tradicional. Básicamente, los algoritmos DBA se basan en dos tipos de información:

- Informes de estado, e
- Informes sobre la falta de estado.

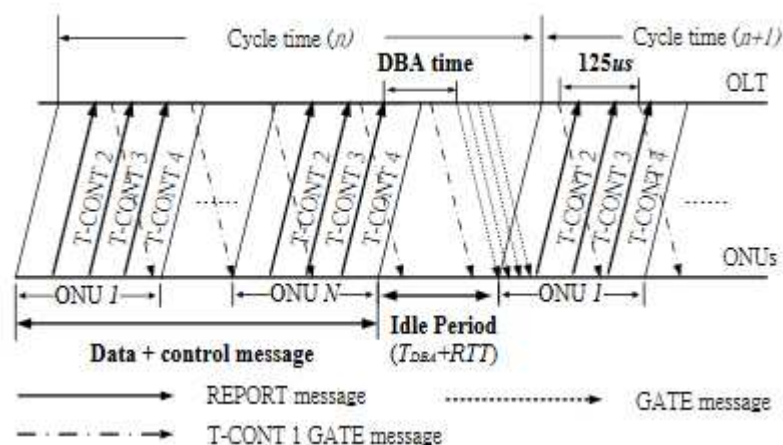


Figura 3. 3: Proceso de la asignación dinámica de ancho de banda (DBA).  
Fuente: (Hwang, Lee, & Yeh, 2013)

El servicio DBA requiere contenedores de tráfico (*Traffic CONTainers*, *T-CONT*) que transportan flujo de tráfico/conexiones y se usan para administrar la asignación de ancho de banda ascendente en la sección PON de la capa de convergencia de transmisión. Los T-CONT se utilizan principalmente para mejorar la utilización del ancho de banda en las secciones de PON.

### 3.4. Diseño de simulación.

El modelo de simulación del sistema óptico de GPON en dirección descendente se muestra en la figura 3.4, que tiene 4 usuarios en el lado izquierdo, donde se encuentra la parte del transmisor.

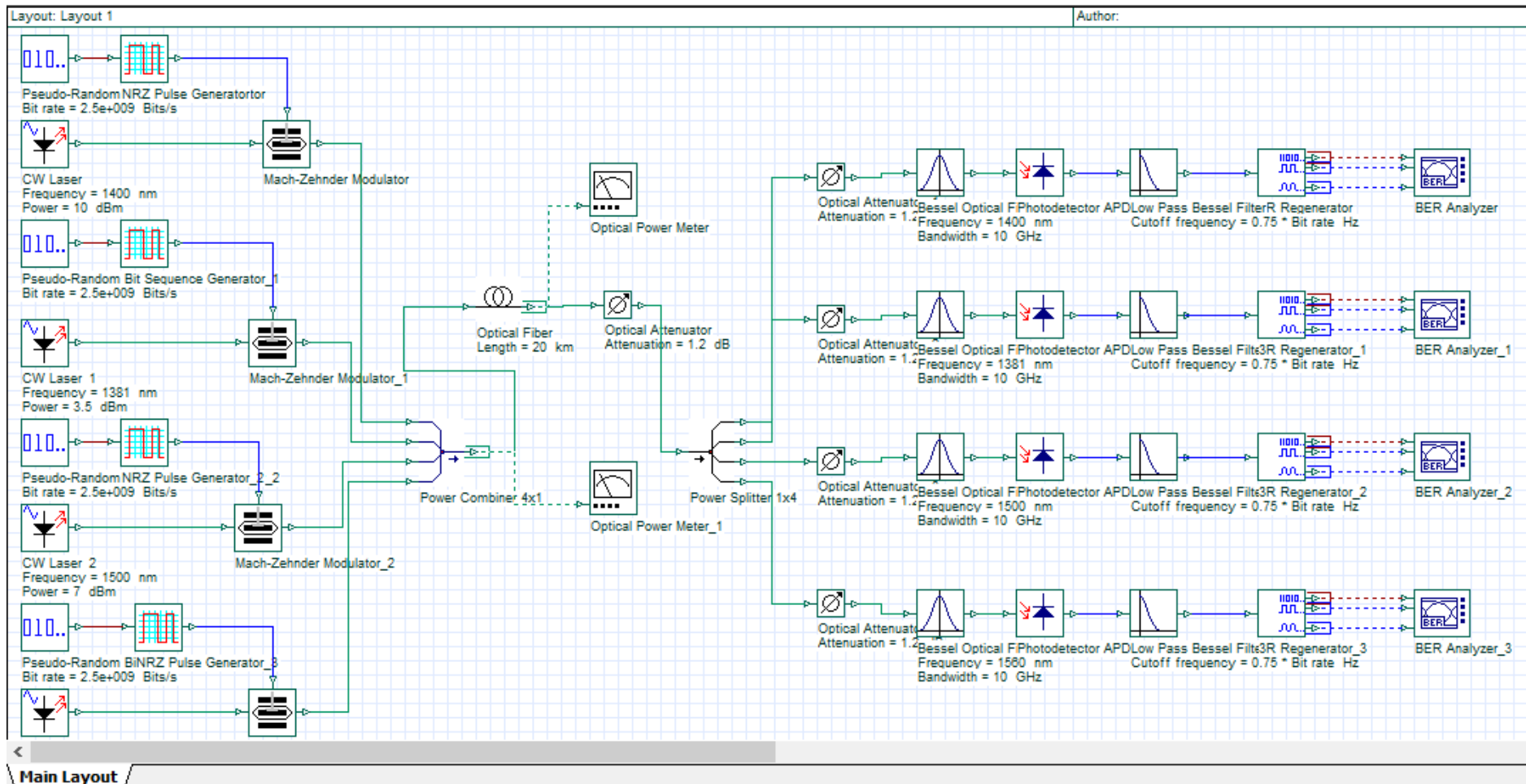


Figura 3. 4: Modelo de simulación de GPON en sentido descendente sobre OptiSystem.

Elaborado por: Autor.

El lado izquierdo del modelo contiene una secuencia de bits pseudoaleatoria, un generador de pulsos de NRZ (*NRZ Pulse Generator*), un emisor de diodo láser de onda continua (*CW Laser*), un modulador óptico Mach-Zehnder, un medidor de potencia óptica (*Optical Power Meter*) y un combinador de potencia (*Power Combiner*) que se conecta a la fibra óptica con una atenuación de 1.2 dB/km.

El lado derecho del modelo contiene el atenuador óptico (*Optical Attenuator*) con atenuación de 1.2 dB que está conectado al divisor de potencia (*Power Splitter*) que se divide en 4 partes. La simulación se realiza para diferentes potencias de fuente y longitudes de onda. La longitud de onda varía de (1480-1500 nm) a (1535-1565nm). La potencia de lanzamiento media debe oscilar entre (1, 5-5) dBm.

Tabla 3. 2: Resultados para diferentes parámetros del primer escenario de simulación.

Potencia (dBm)	Longitud de onda (nm)	Factor Q máximo	BER mínimo
10	1400	38.6287	0
3.5	1381	10.3231	0
7	1500	22.1151	0
6	1560	18.6530	0

Elaborado por: Autor.

De la tabla 3.2, el rango de longitud de onda es (1381-1560) nm en el cual el factor Q para la longitud de onda 1381 nm es el más bajo ya que la potencia correspondiente es menor y para 1400 nm es más alto, ya que la potencia es mayor y el diagrama de ojo tiene una apertura máxima, debido a que hay mucho ruido o perturbación para esta longitud de onda.

Las siguientes figuras 3.5 a 3.16 se muestran los diagramas de ojo, factor Q máximo y BER mínimo para varias longitudes de onda que se muestran en la tabla 3.2.

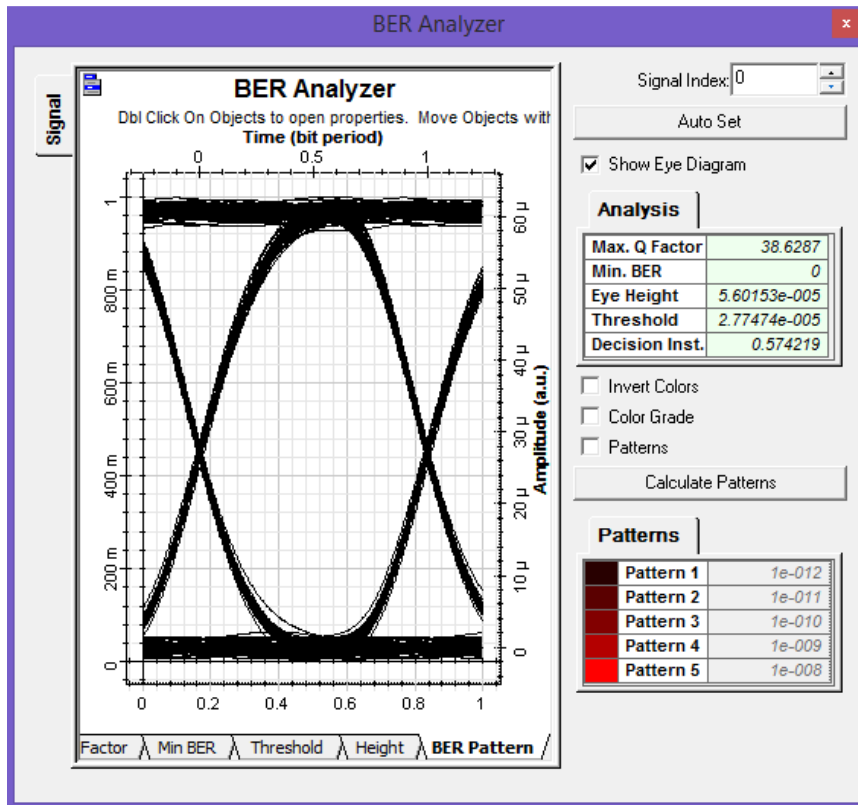


Figura 3. 5: Diagrama de ojo para 1400 nm de BER Analyzer.  
Elaborado por: Autor.

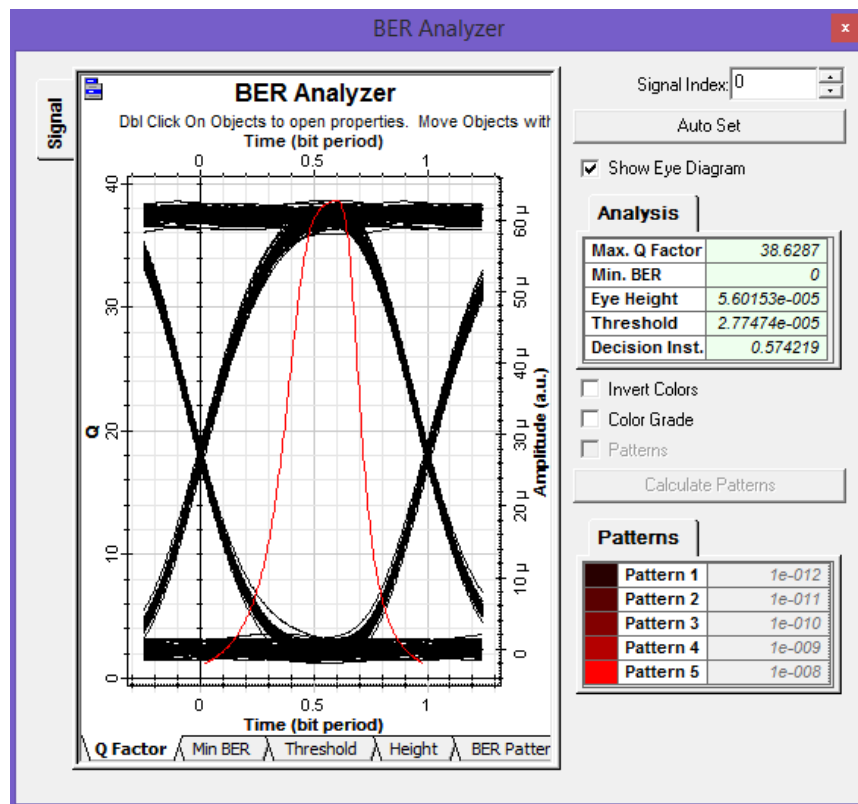


Figura 3. 6: Factor Q máximo de BER Analyzer.  
Elaborado por: Autor.



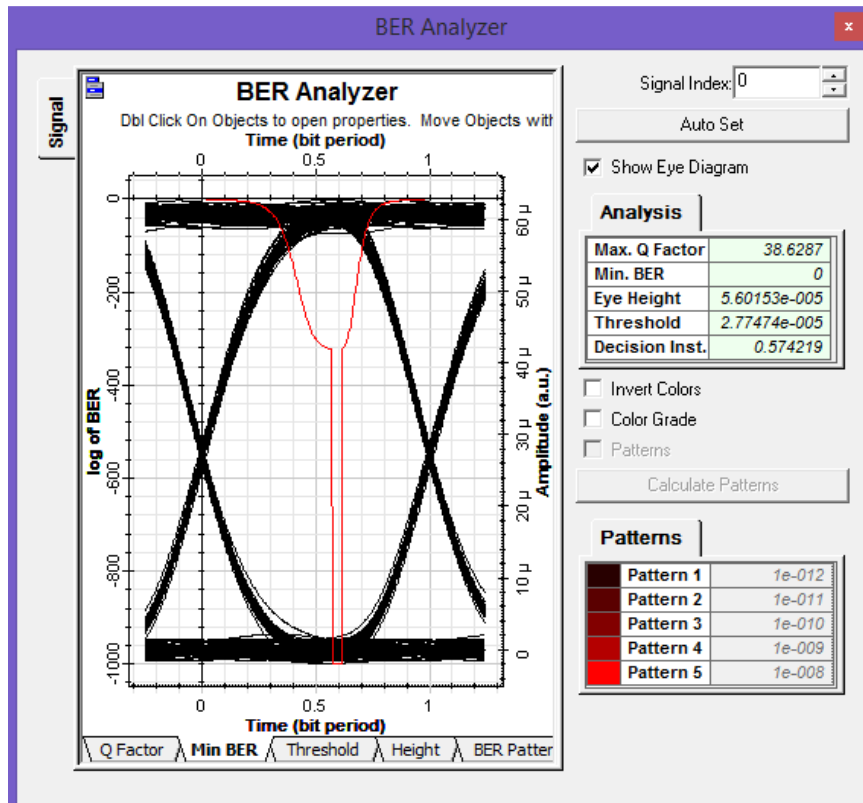


Figura 3. 7: BER mínimo de BER Analyzer.  
Elaborado por: Autor.

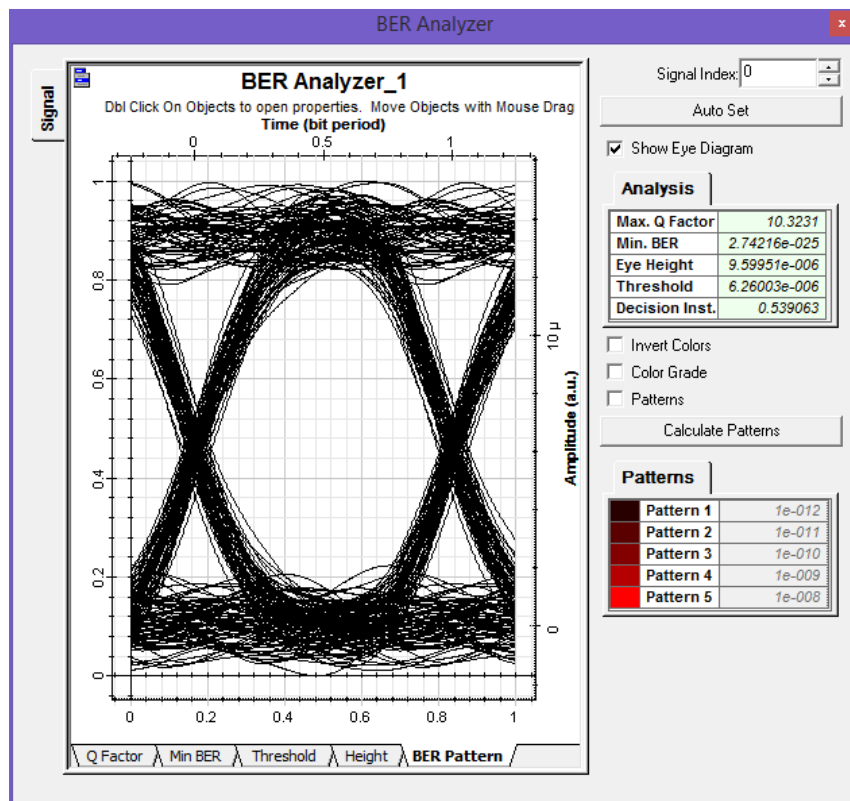


Figura 3. 8: Diagrama de ojo para 1381 nm de BER Analyzer\_1.  
Elaborado por: Autor.

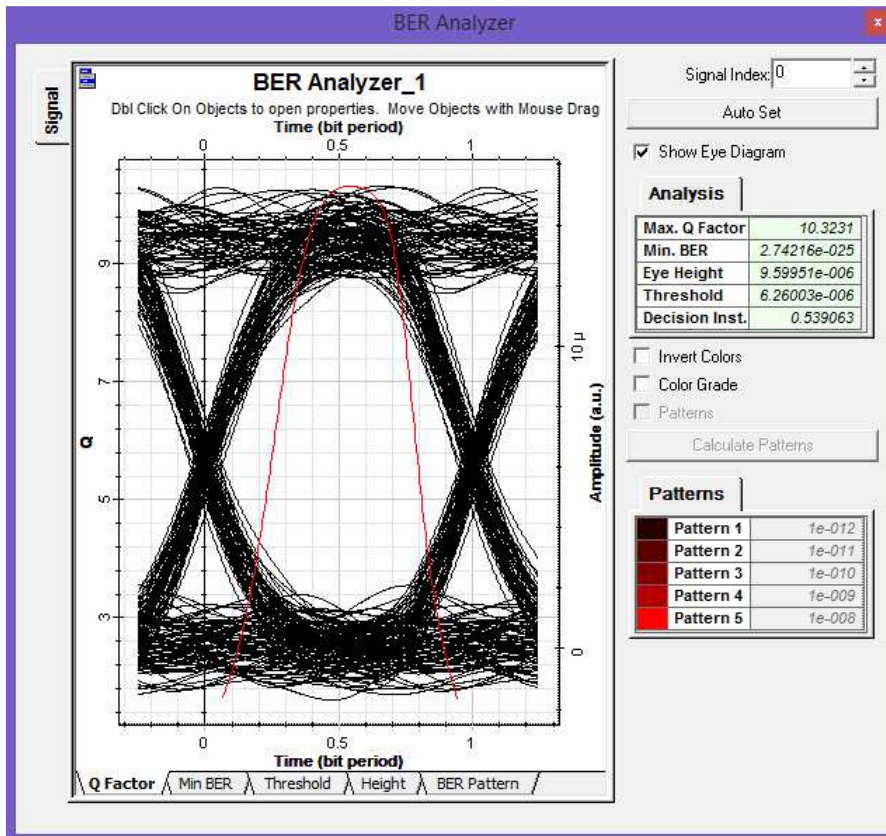


Figura 3. 9: Factor Q máximo de BER Analyzer\_1.  
Elaborado por: Autor.

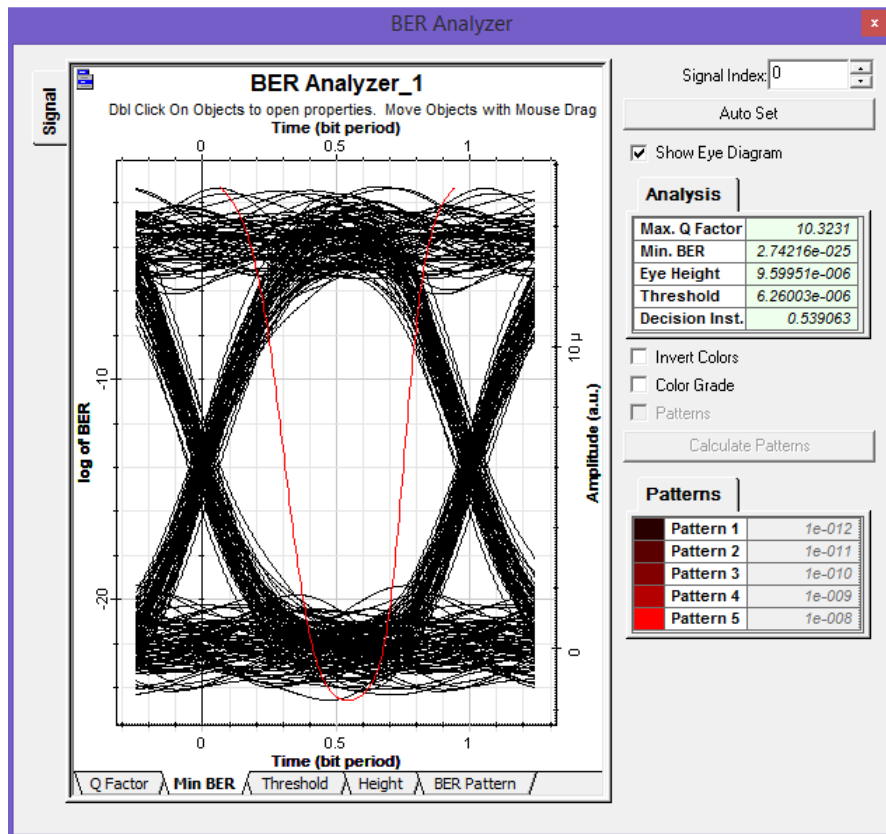


Figura 3. 10: BER mínimo de BER Analyzer\_1.  
Elaborado por: Autor.

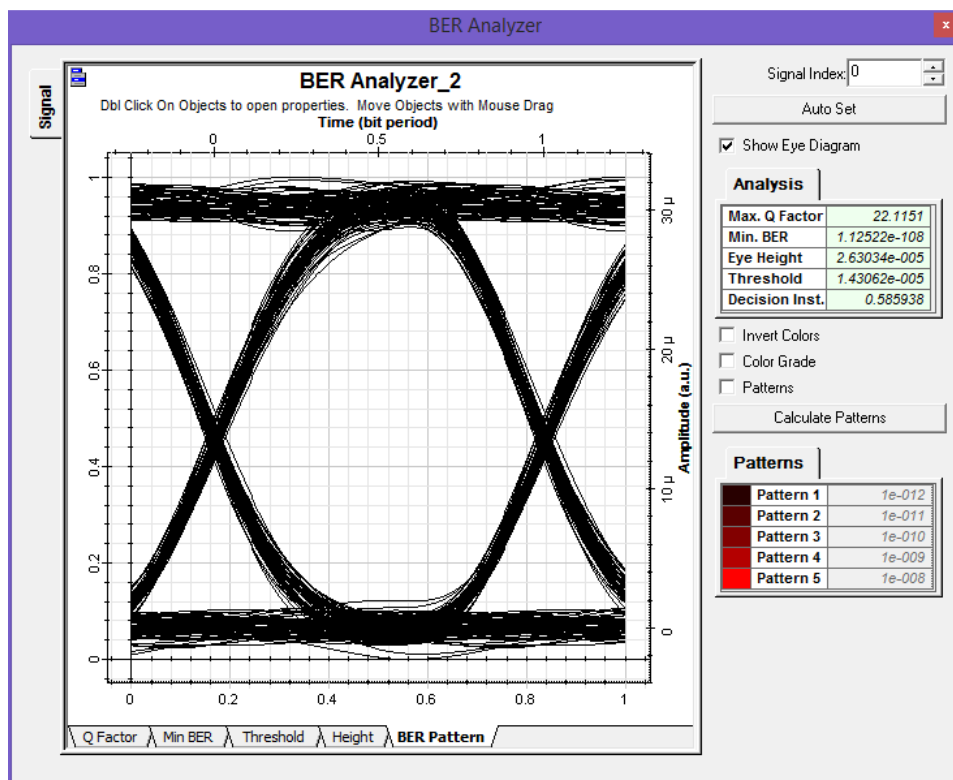


Figura 3. 11: Diagrama de ojo para 1500 nm de BER Analyzer\_2.  
Elaborado por: Autor.

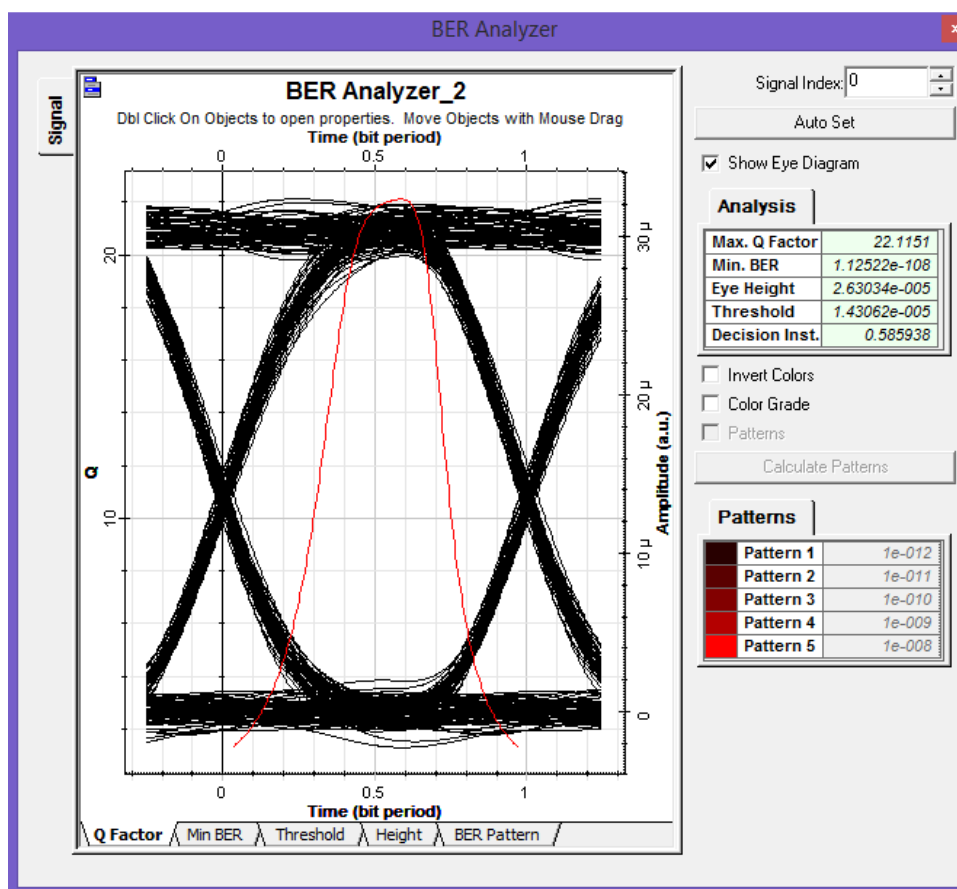


Figura 3. 12: Factor Q máximo de BER Analyzer\_2.  
Elaborado por: Autor.

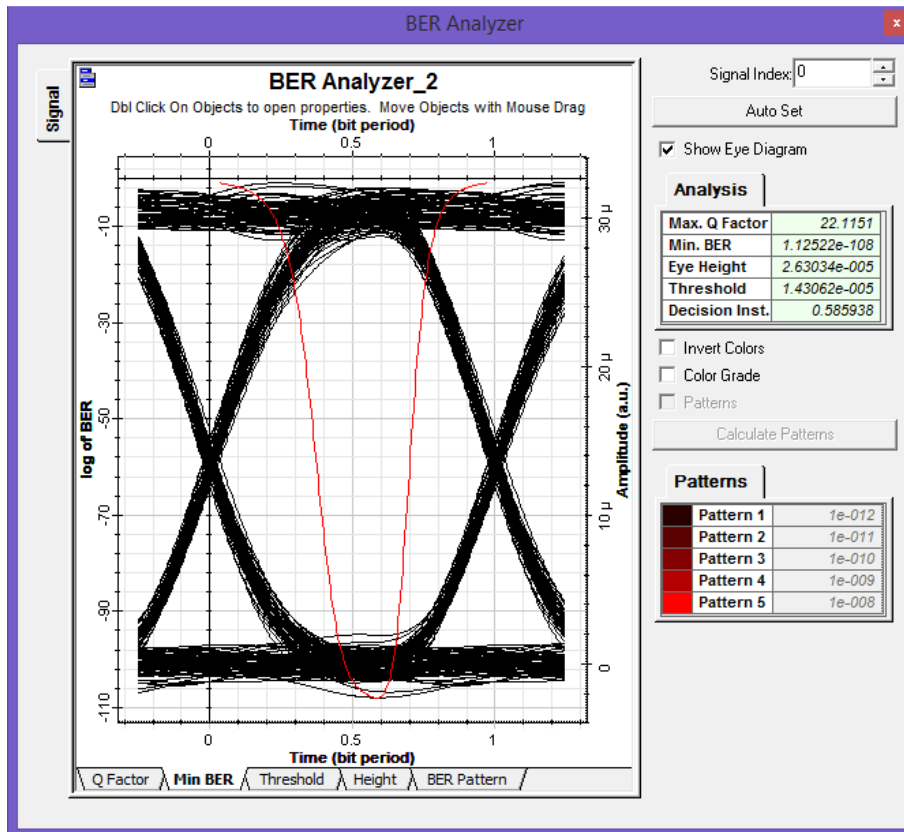


Figura 3. 13: BER mínimo de BER Analyzer\_2.  
Elaborado por: Autor.

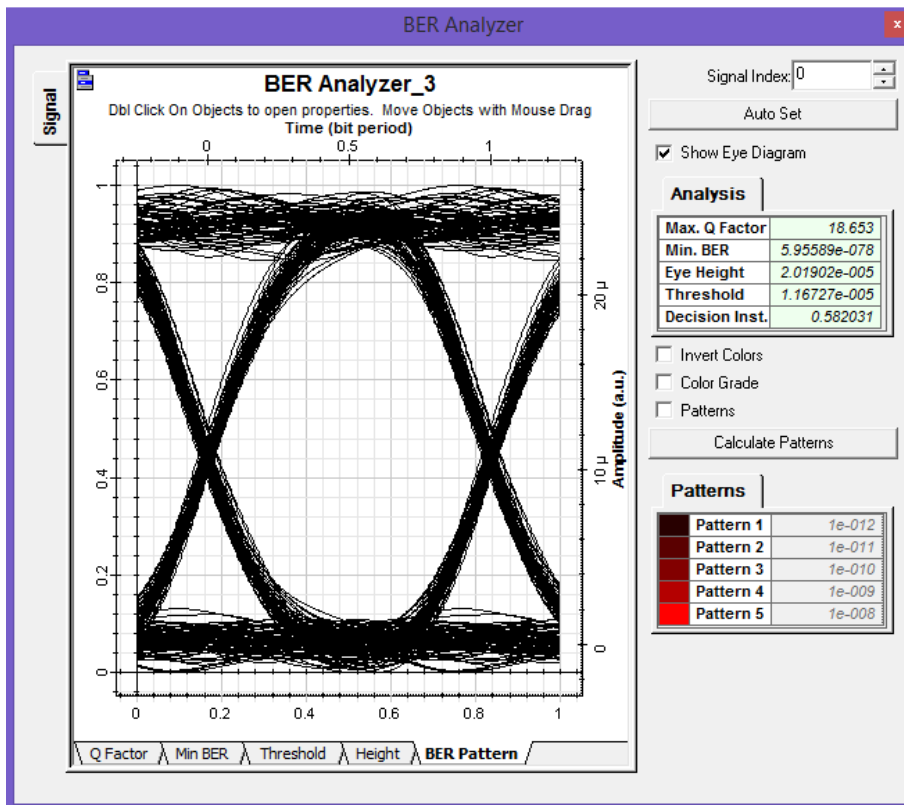


Figura 3. 14: Diagrama de ojo para 1560 nm de BER Analyzer\_3.  
Elaborado por: Autor.

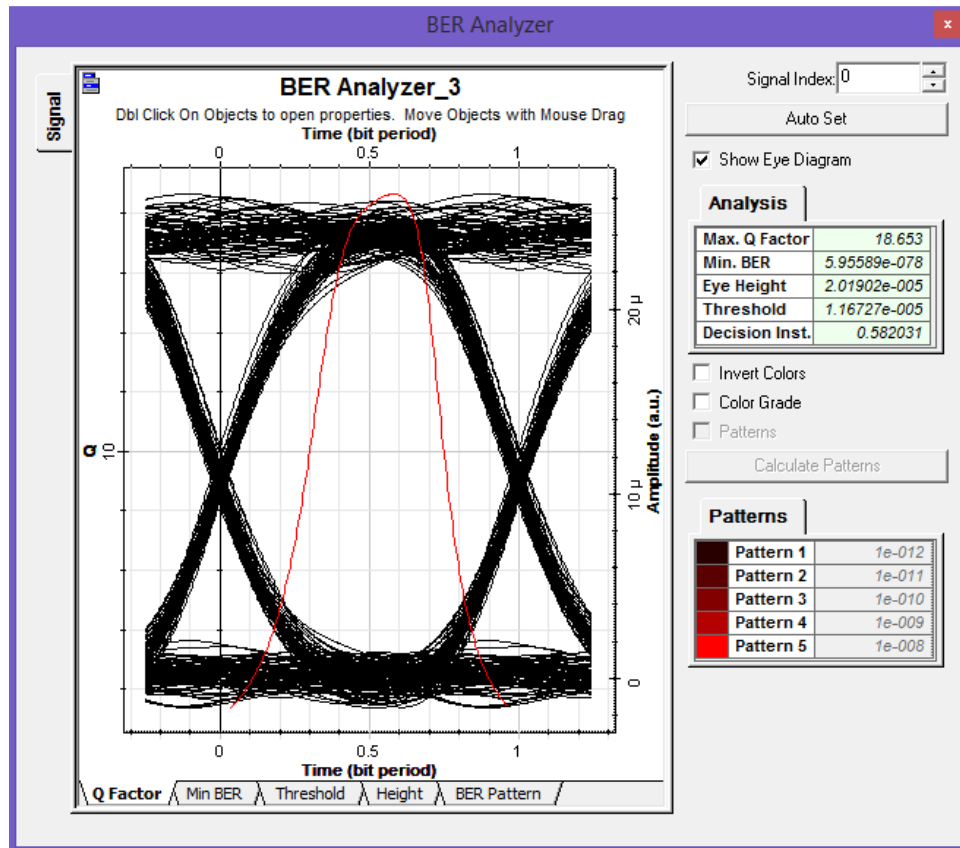


Figura 3. 15: Factor Q máximo de BER Analyzer\_3.

Elaborado por: Autor.

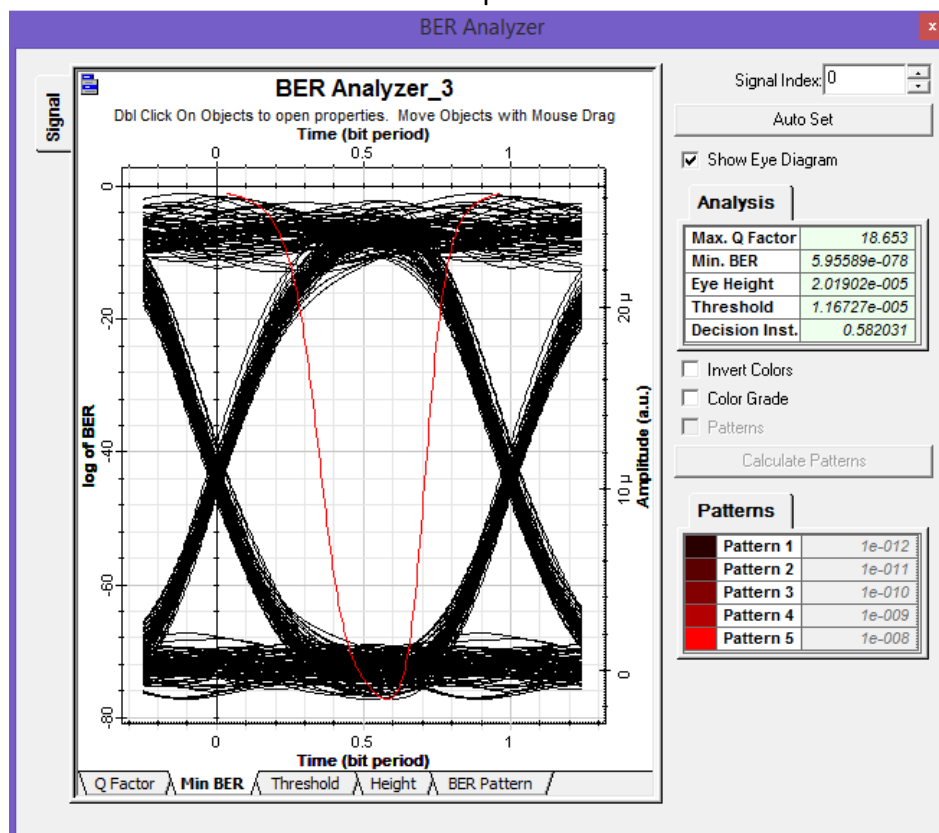


Figura 3. 16: BER mínimo de BER Analyzer\_3.

Elaborado por: Autor.

Para los casos anteriores, la potencia óptica promedio en el transmisor es 4.104 dBm y en el receptor es 0.104 dBm. Al cambiar los parámetros tales como la potencia y la longitud de onda en el lado del transmisor de la red, se calculan otros resultados, tal como se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3. 3: Resultados para diferentes parámetros del segundo escenario de simulación

Potencia (dBm)	Longitud de onda (nm)	Factor Q máximo	BER mínimo
5	1492	13.4681	0
8	1535	27.5917	0
7	1600	22.4236	0
3	1700	2.56596	0

Elaborado por: Autor.

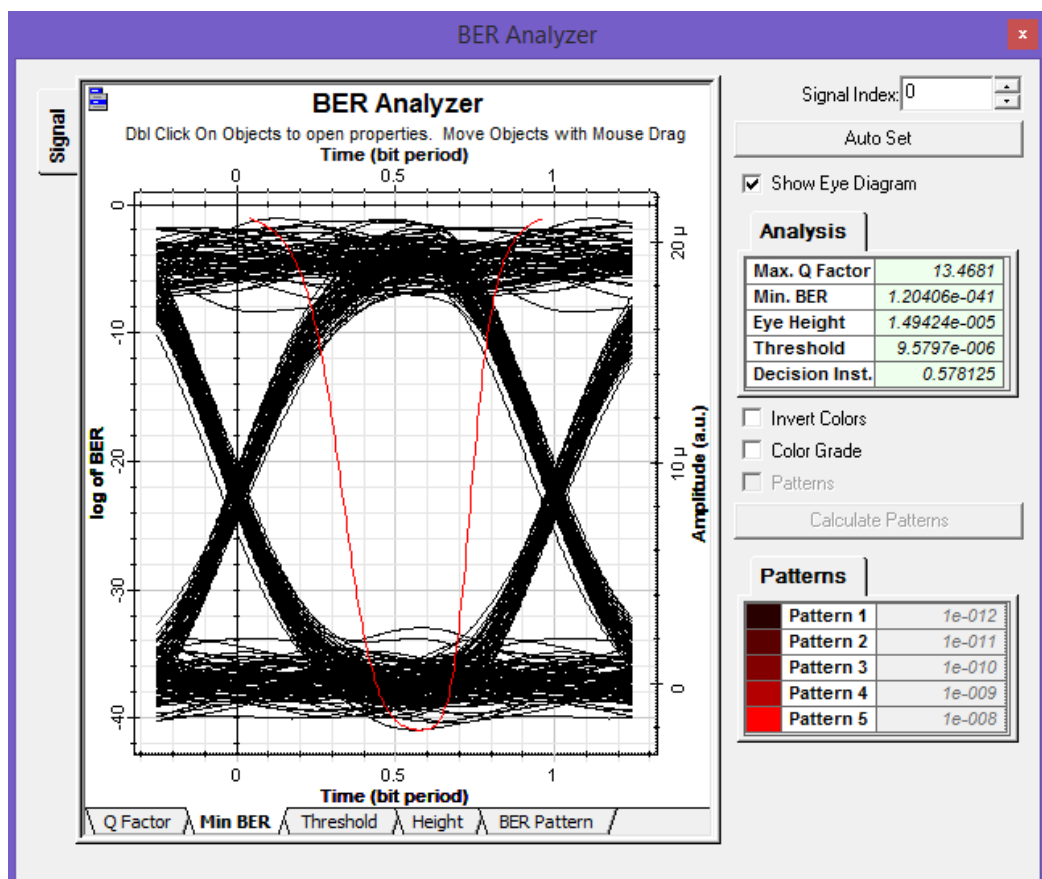


Figura 3. 17: Diagrama de ojo para 1492 nm de BER Analyzer.

Elaborado por: Autor.

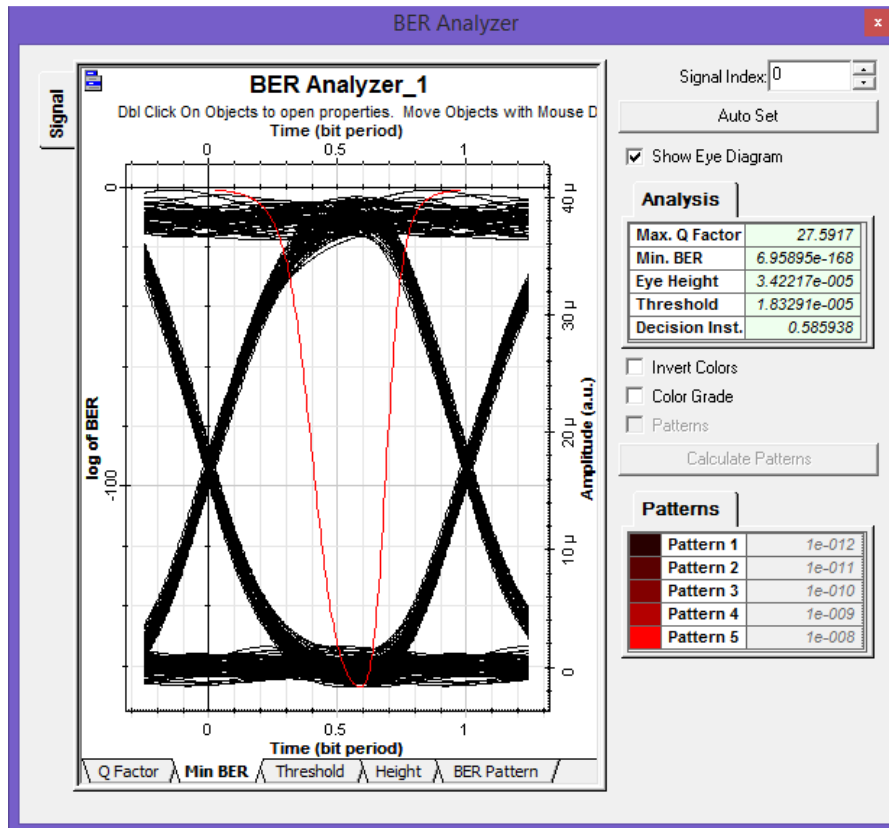


Figura 3. 18: Diagrama de ojo para 1535 nm de BER Analyzer\_1.  
Elaborado por: Autor.

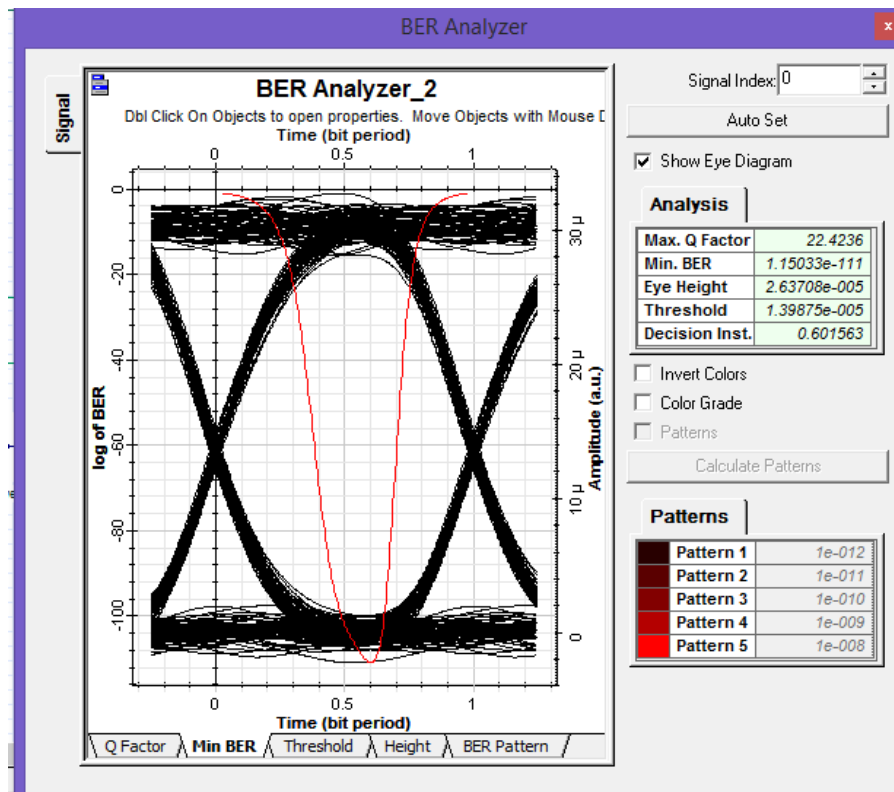


Figura 3. 19: Diagrama de ojo para 1600 nm de BER Analyzer\_2.  
Elaborado por: Autor.

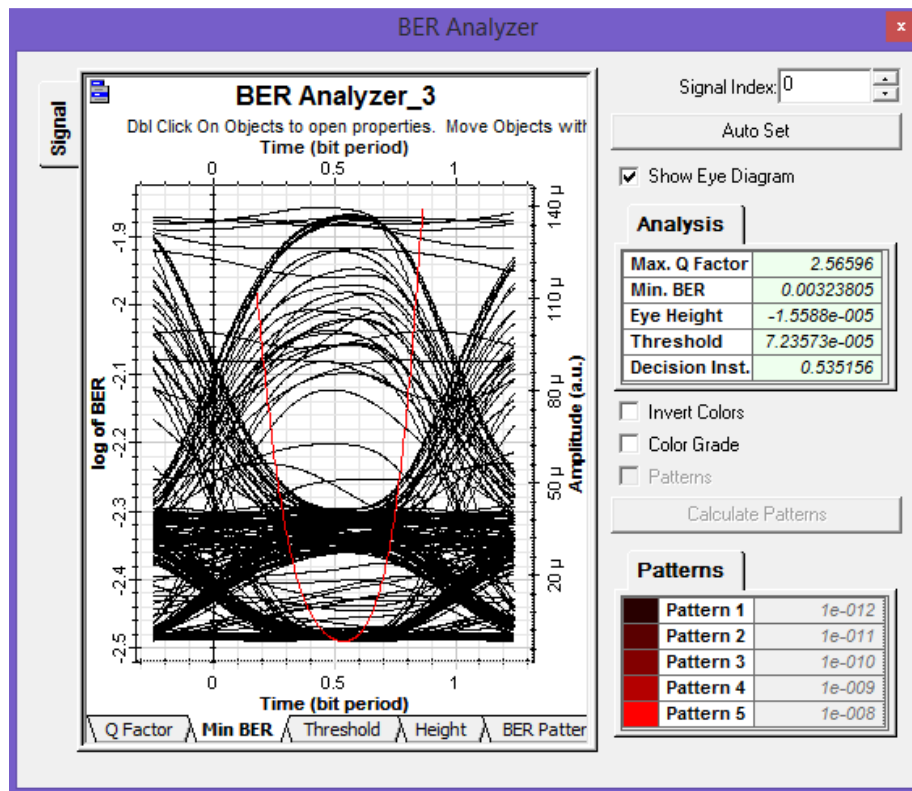


Figura 3. 20: Diagrama de ojo para 1700 nm de BER Analyzer\_3.  
Elaborado por: Autor.

De la tabla 3.3, el rango de longitud de onda es (1492-1700) nm, en el que el factor Q es el más bajo para 1700 nm, ya que se encuentra fuera del rango y también la potencia correspondiente es menor. El diagrama de ojo muestra mucha inestabilidad en comparación con el resto de los casos. El factor Q más alto es 1535 nm, esto se debe a que la potencia es mayor y se encuentra en el rango de longitud de onda de GPON. Del caso anterior, vemos que la potencia óptica promedio en el transmisor es 3.003 dBm y en el receptor es -1.103 dBm.

Tabla 3. 4: Resultados para diferentes parámetros del tercer escenario de simulación

Potencia (dBm)	Longitud de onda (nm)	Factor Q máximo	BER mínimo
7.5	1545	24.2556	0
4	1360	11.6285	0
8	1550	26.4387	0
6	1495	18.4705	0

Elaborado por: Autor.



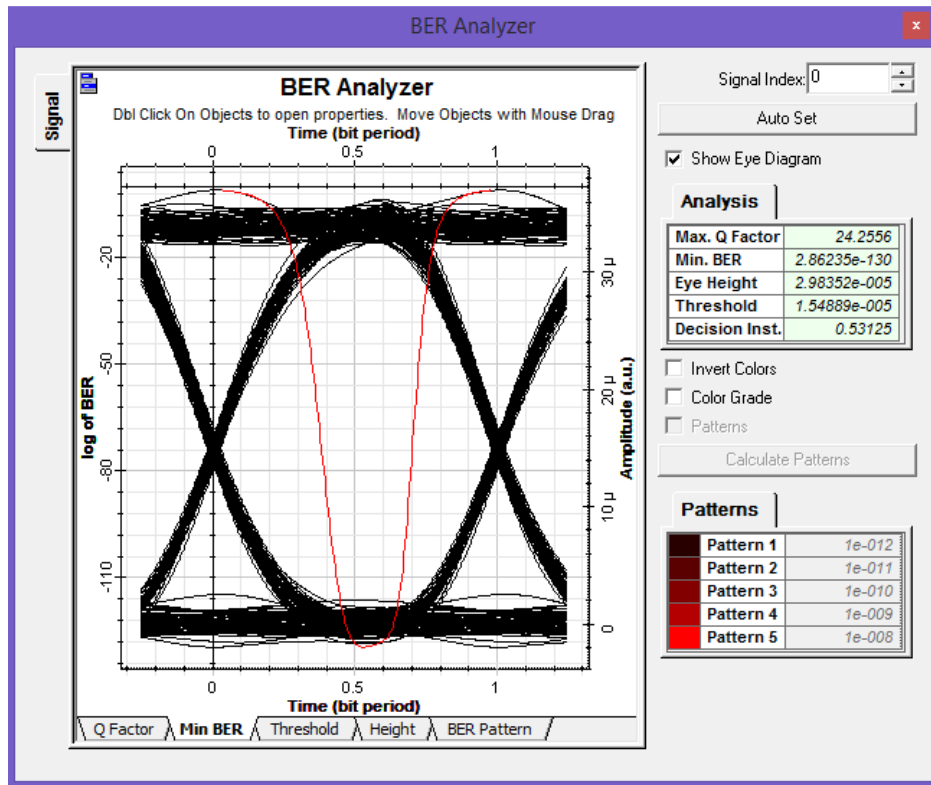


Figura 3. 21: Diagrama de ojo para 1545 nm de BER Analyzer.  
Elaborado por: Autor.

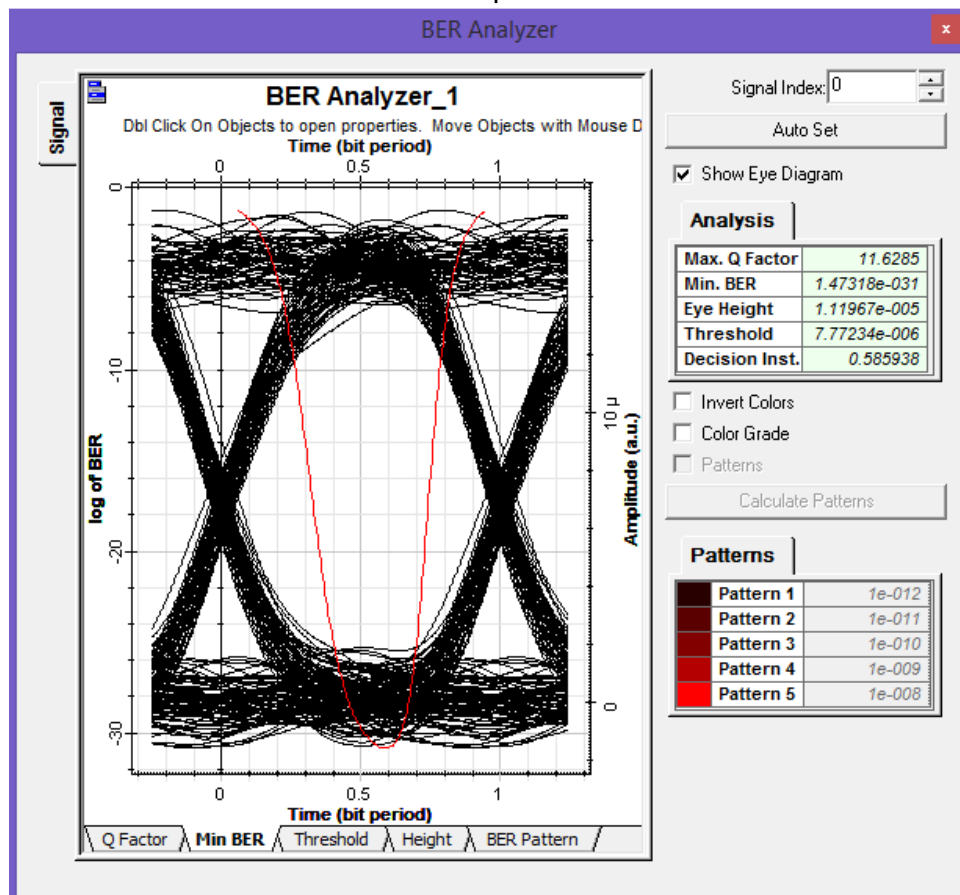


Figura 3. 22: Diagrama de ojo para 1360 nm de BER Analyzer\_1.  
Elaborado por: Autor.

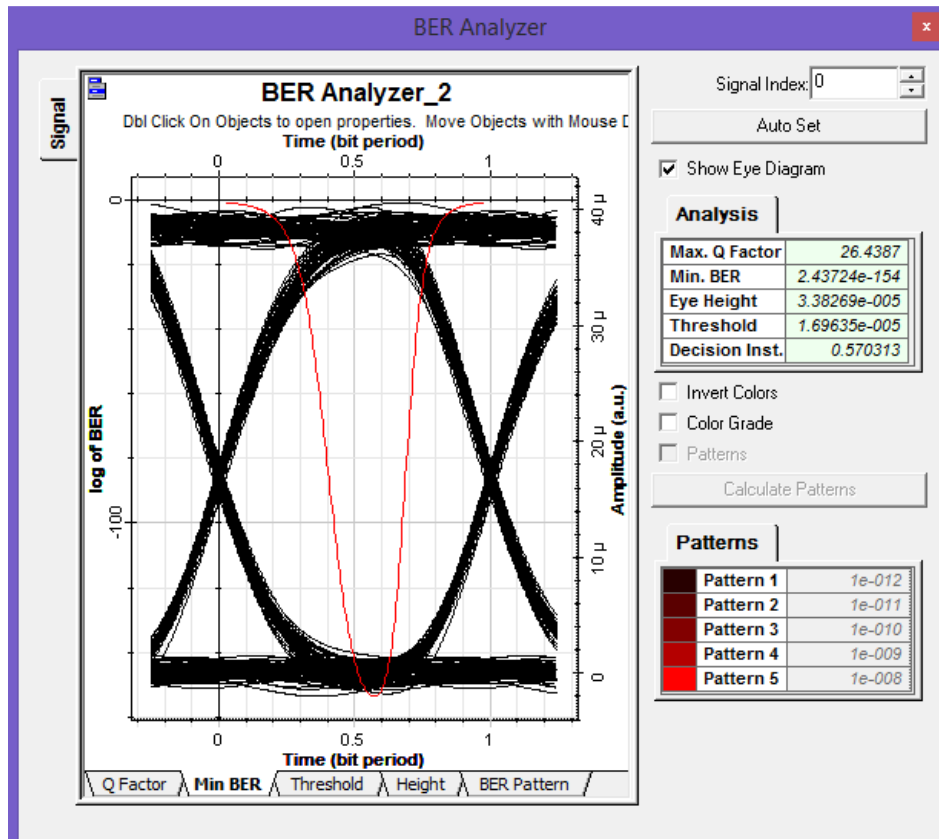


Figura 3. 23: Diagrama de ojo para 1550 nm de BER Analyzer\_2.  
Elaborado por: Autor.

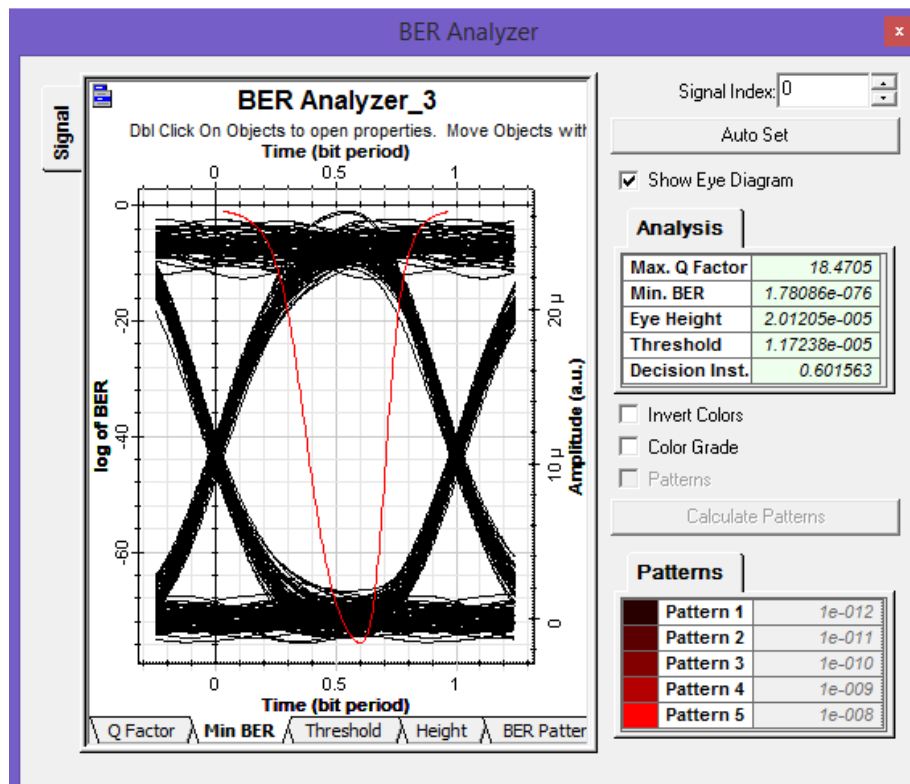


Figura 3. 24: Diagrama de ojo para 1495 nm de BER Analyzer\_3.  
Elaborado por: Autor.

Como se ve en la tabla 3.4, la longitud de onda varía de (1360-1550) nm, encontramos que la longitud de onda 1550 nm tiene un factor Q máximo que indica menor tasa de pérdida de energía y para la longitud de onda 1360 nm tiene el factor Q más bajo. También, se ve que el diagrama de ojo es claro ya que el Jitter es mayor en comparación con otras longitudes de onda.

Por lo tanto, a partir de los diferentes casos vemos que a medida que disminuye la potencia, el factor Q también disminuye y habrá un ruido cuando se trabaja en longitudes de onda que están por debajo de 1480 nm entre (1500-1535 nm) y por encima de 1565 nm. También de todos los casos discutidos aquí obtenemos el factor Q máximo para 1550 nm de longitud de onda (video RF) y tendremos mucha menos pérdida de energía.

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones.**

- La parte teórica relacionada a los componentes de redes de acceso por fibra óptica fue de fundamental en el proceso investigativo, y que sirvió para el correcto modelado del tema propuesto.
- El trabajo de titulación se discute el rendimiento de una red óptica pasiva de alta capacidad (GPON) o Gigabyte para diferentes longitudes de onda y potencia en un sistema que tiene múltiples usuarios. Las principales características son el uso de divisores pasivos en la red de distribución de fibra, lo que permite que una sola fibra de alimentación de una central del proveedor sirva a múltiples hogares y pequeñas empresas.
- La arquitectura GPON ofrece servicios convergentes de voz y datos a velocidades de hasta 2.5 Gbps. La calidad del rendimiento de un sistema de comunicación digital se especifica por su BER o factor Q.

### **4.2. Recomendaciones.**

- Utilizar la plataforma de simulación OptiSystem para el desarrollo de nuevas propuestas de modelado de sistemas de transmisión por fibra óptica o del uso de redes mixtas como radio sobre fibra (RoF).
- Ampliar el presente estudio para el modelado de sistemas ópticos de 10 GPON y 40 GPON para evaluar el comportamiento y rendimiento en diferentes escenarios utilizando modulaciones NRZ y MDRZ.

## Bibliografía

- Al-Quzwini, M. (2014). Design and Implementation of a Fiber to the Home FTTH Access Network based on GPON. *International Journal of Computer Applications*, 92(6), 30–42. <https://doi.org/10.5120/16015-5050>
- Bakarman, H. A., Shaari, S., & Ismail, M. (2010). Simulation of 1.25 Gb/s downstream transmission performance of GPON-FTTx. En *International Conference On Photonics 2010* (pp. 1–5). Langkawi, Malaysia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICP.2010.5604440>
- Hazra, D., Manasa, V., & Singla, P. (2013). Performance analysis of 125 Gbps Downstream transmission of GPON-FTTX. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(3), 1–7.
- Hwang, I.-S., Lee, J.-Y., & Yeh, T.-J. (2013). Polling Cycle Time Analysis for Waited-based DBA in GPONs (Vol. 2). Presentado en Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Hong Kong.
- Israr, A., Junaid, M., & Israr, A. (2015). Performance Analysis of Advance Optical Modulation Formats for GPON System. En *2015 13th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)* (pp. 77–80). Islamabad, Pakistan: IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIT.2015.11>
- Jargon, J. A., Wang, C. M. J., & Hale, P. D. (2008). A Robust Algorithm for Eye-Diagram Analysis. *Journal of Lightwave Technology*, 26(21), 3592–3600. <https://doi.org/10.1109/JLT.2008.917313>
- Sumanpreet, & Dewra, S. (2014). A review on Gigabit Passive Optical Network (GPON). *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 3(3), 5844–5848.

Sumanpreet, & Dewra, S. (2015). Performance Analysis of Gigabit Passive Optical Network Using 2Gbit/Sec Downstream Transmission. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Energy*. Recuperado de <http://www.rroj.com/abstract/performance-analysis-of-gigabit-passiveoptical-network-using-2gbitsec-downstreamtransmission-43244.html>



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, **Suárez Sellán, Kerly Julissa** con C.C: # 093054827-6 autor del Trabajo de Titulación: **Implementación de enlaces descendentes en GPON para evaluación del desempeño en transmisiones 2.5 Gbps utilizando OptiSystem** 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, 13 de Septiembre de 2018

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Suárez Sellán, Kerly Julissa

C.C: 093054827-6



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**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Implementación de enlaces descendentes en GPON para evaluación del desempeño en transmisiones 2.5 Gbps utilizando OptiSystem		
<b>AUTOR(ES)</b>	SUÁREZ SELLÁN, KERLY JULISSA		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	13 de septiembre de 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	62
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Fundamentos de comunicación, Comunicaciones Ópticas		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Comunicaciones, Fibra, Topologías, Rendimiento, Factor Q, BER.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>El trabajo de titulación propuesto es “Implementación de enlaces descendentes en GPON para evaluación del desempeño en transmisiones 2.5 Gbps utilizando OptiSystem”. Para el desarrollo del presente trabajo de titulación, fue necesaria la definición del problema, así como los antecedentes de trabajos relacionados al tema propuesto. Después se plantearon el objetivo general y los específicos donde se detallan las tareas o propósitos desarrollados en los capítulos 2 y 3. Se discute el rendimiento de una red óptica pasiva de alta capacidad (GPON) para diferentes longitudes de onda y potencia en un sistema con múltiples usuarios. Las características principales son el uso de divisores pasivos en la red de distribución de fibra, permitiendo que una única fibra de alimentación de la oficina central del proveedor sirva a múltiples hogares y pequeñas empresas. La arquitectura GPON ofrece servicios de voz y datos convergentes a velocidades de hasta 2.5 Gbps. La calidad del rendimiento de un sistema de comunicación digital se especifica por su factor BER o Q.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 967850127	E-mail: kerlysu25@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> +593-9-68366762		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			