



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

**“Diseño de una red GPON para la implementación de telefonía e internet en la  
Comunidad Pile del cantón Montecristi provincia de Manabi”**

**AUTORA**

**ING JENNYFER LISSETTE PILLIGUA CARRANZA**

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCION DEL GRADO DE  
MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**

**TUTOR:**

**MSc. Manuel Romero Paz**

**Guayaquil, 10 de septiembre de 2020**



**SISTEMA DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES**

**CERTIFICACION**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Jennyfer Lissette Pilligua Carranza como requerimiento parcial para la obtención del Título de Magister en Telecomunicaciones.

**TUTOR**

---

**Msc. Manuel Romero Paz**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

---

**Msc. Manuel Romero Paz**

Guayaquil, 10 de septiembre de 2020



**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES**

**DECLARACION DE RESPONSABILIDAD**

**YO, JENNYFER LISSETTE PILLIGUA CARRANZA**

**DECLARO QUE,**

El trabajo de Titulación **“DISEÑO DE UNA RED GPON PARA LA IMPLEMENTACION DE TELEFONIA E INTERNET EN LA COMUNIDAD PILE DEL CANTON MONTECRISTI PROVINCIA DE MANABI”** previo a la obtención del Título de **Magister 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, 10 de septiembre de 2020

EL AUTOR

---

Ing. Jennyfer Lissette Pilligua Carranza



**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES**

**AUTORIZACION**

**YO, JENNYFER LISSETTE PILLIGUA CARRANZA**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación**, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“DISEÑO DE UNA RED GPON PARA LA IMPLEMENTACION DE TELEFONIA E INTERNET EN LA COMUNIDAD PILE DEL CANTON MONTECRISTI PROVINCIA DE MANABI”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 10 de septiembre de 2020

EL AUTOR

Ing. Jennyfer Lissette Pilligua Carranza

# REPORTE DE URKUND

**URKUND** Luis Córdova Rivadeneira (luis\_cordova)

**Documento:** [TI\\_Jennyfer\\_Pilligua.docx](#) (077685060)

**Presentado:** 2020-08-11 15:57 (-05:00)

**Presentado por:** Luis Córdova Rivadeneira (l.cordova@yahoo.com)

**Recibido:** luis.cordova.ucsg@analysis.urkund.com

3% de estas 34 páginas, se componen de texto presente en 5 fuentes.

**Lista de fuentes:** Bloques

- tesis\_final\_Eugenia.docx
- <https://docplayer.es/44792963-Universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil-facul...>
- Garcia\_Gallardo\_Diaz.docx
- Titulacion.docx
- <https://pdf.semanticscholar.org/2671/5110a00a5e6f3c72e0d80d77a305eaah6a.pdf>

SISTEMA DE POSTGRADO MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: "DISEÑO DE UNA RED GPON PARA LA IMPLEMENTACION DE TELEFONIA E INTERNET EN LA COMUNIDAD PILE DEL CANTÓN MONTECRISTI PROVINCIA DE MANABI"

AUTORA ING JENNYFER LISSETTE PILLIGUA CARRANZA

TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCION DEL GRADO DE MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: MSC. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 7 días del mes de julio año 2020 SISTEMA DE POSTGRADO MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACION

Certificamos

que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Jennyfer Lissette Pilligua Carranza como requerimiento parcial para la obtención del Título de Magister en Telecomunicaciones.

TUTOR

## AGRADECIMIENTOS

Un corazón agradecido está lleno de alabanza a Dios, sobre todo ante la realidad de su amor eterno. “El Señor es mi fuerza y mi escudo, mi corazón en él confía; de él recibo ayuda. Mi corazón salta de alegría, y con cánticos le daré gracias.” *Salmos 28:7*.

“Porque tu formaste mis entrañas, Tú me hiciste en el vientre de mi madre. Te alabaré, porque formidables, maravillosas son tus obras. Estoy maravillada y mi alma lo sabe muy bien” *Salmos 139:13-14*. A ti mamá por tu apoyo incondicional por lo valores que cultivasteis en mí, han sido mi equipaje en todo momento.

De la mano de mi Padre, descubrí el mundo, conocí lo bueno y lo malo, aprendí a vivir y a soñar, a ser feliz y amar... Gracias Papá por permanecer siempre a mi lado de cualquier manera y sembrar en mi la ternura, cariño y afecto para desbordarlo a mi paso.

Suponen los cimientos de mi desarrollo, todos y cada uno de ustedes, -mi familia- han destinado tiempo para brindarme aportes invaluable que servirán para toda mi vida. Estuvieron presentes en la evolución y posterior desarrollo total de mi tesis, les agradezco con creces. Los amo.

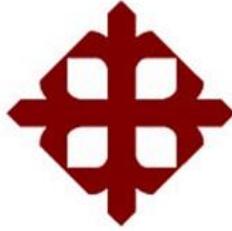
## **DEDICATORIAS**

Con mi más sincero amor, dedicado al forjador de mi camino, a mi padre celestial, el que me acompaña y siempre me levanta de mis continuos tropiezos, el creador, de mis padres y de la persona que más amo.

Tu cariño y tu afecto son los detonantes de mi felicidad y esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ti, para nuestras primogénitas. A vuestra corta edad, queridas hijas me han enseñado a encontrar el lado dulce de esta vida. Fuisteis mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de Tesis.

“Amado, yo deseo que tú seas prosperado en todas las cosas, y que tengas salud, así como prospera tu alma.”

*Juan 1:2*



**UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES  
TRIBUNAL DE SUSTENTACION**

F. 

**Msc. Romero Paz Manuel De Jesús**

TUTOR

F. 

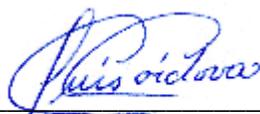
**MSc. Manuel Romero Paz**

DIRECTOR DEL PROGRAMA

F. 

**MSc. Edgar Quezada Calle**

REVISOR

F. 

**MSc. Luis Córdova Rivadeneira**

REVISOR

## INDICE GENERAL

<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO .....</b>	<b>17</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>17</b>
1.1.    Importancia y Justificación del tema .....	17
1.2.    Antecedentes .....	18
1.3.    Situación Problemática.....	18
1.3.1.    Problema de Investigación .....	18
1.3.2.    Objeto y Campo .....	18
1.4.    Objetivos.....	19
1.4.1.    Objetivo General .....	19
1.4.2.    Objetivo Específicos.....	19
1.5.    Hipótesis .....	19
1.6.    Métodos y Técnicas .....	19
1.7.    Aporte y Resultado .....	20
<b>CAPITULO II: FUNDAMENTACION TEORICA DE UNA RED GPON .....</b>	<b>21</b>
2.1.    Definición de PON .....	21
2.2.    Funcionamiento de la red PON .....	21
2.3.    Estructura y funcionamiento de una red PON .....	23
2.4.    Arquitectura de red PON .....	24

2.5.	Ventajas de las redes PON.....	25
2.6.	Tipos de redes PON.....	26
2.7.	Componentes Pasivos.....	27
2.7.1.	Arquitectura de una ODN .....	27
2.7.2.	Elementos de una ODN .....	32
<b>CAPITULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>		<b>47</b>
3.1.	Análisis y selección de los componentes de la red GPON.....	47
3.1.1.	Especificaciones técnicas de los elementos activos y pasivos .....	47
3.1.2.	Selección de los Elementos Activos y Pasivos .....	58
3.2.	Topologías y Tipos de Protecciones .....	59
3.3.	Requisitos de AB en dependencia del número de usuarios.....	62
3.4.	Descripción del Escenario de Diseño de la Arquitectura de la Red .....	64
3.5.	Análisis y Balance de Potencia Óptica.....	66
3.6.	Configuración de Equipos .....	68
3.6.1.	Configuración de OLT y ONT .....	68
3.6.2.	Pruebas de Aceptación Técnica .....	77
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>87</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>88</b>
<b>GLOSARIO .....</b>		<b>90</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>94</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Passive Optical Network.....	21
Figura 2. 2 Multiplexing .....	22
Figura 2. 3 Principio de Downstream PON, 1490 nm 2,488 Gbps.....	22
Figura 2. 4 Principio de Downstream PON, Upstream 1310 nm, 1,244 Gbps .....	23
Figura 2. 5 Modelo de referencia de red PON .....	23
Figura 2. 6. Escenario FFTx_A .....	24
Figura 2. 7 Escenario FFTx_B .....	25
Figura 2. 8 Estándares NG-PON.....	26
Figura 2. 9. 10GPON vs GPON.....	27
Figura 2. 10 Arquitectura de ODN.....	27
Figura 2. 11 Arquitectura de ODN.....	28
Figura 2. 12 Series de Elementos ODN.....	32
Figura 2. 13 Series de ODF.....	33
Figura 2. 14 Componentes del ODF .....	33
Figura 2. 15 Diagrama de Conexión OLT – ODF.....	34
Figura 2. 16 iODF INTELLIGENT OPTICAL DISTRIBUTION FRAME .....	35
Figura 2. 17 Series FDT FIBER DISTRIBUTION TERMINAL.....	35
Figura 2. 18 Componentes FDT FIBER DISTRIBUTION TERMINAL .....	36
Figura 2. 19 Diagrama de Conexión FDT .....	36
Figura 2. 20 iFDT GXF147-IFDT3103D.....	37
Figura 2. 21 iFDT GXF147-IFDT3103D-A.....	37
Figura 2. 22 FAT.....	38

Figura 2. 23 Terminal Box – Access Terminal Box .....	39
Figura 2. 24 SERIES DE CONECTORES .....	39
Figura 2. 25 Conector SC.....	40
Figura 2. 26 Conector LC.....	40
Figura 2. 27 CONECTOR FC .....	41
Figura 2. 28 Tipos de Férula .....	41
Figura 2. 29 Conectores con Férula de Pulido PC.....	42
Figura 2. 30 Férula con Pulido APC .....	42
Figura 2. 31 Pérdida de Luz en las Férulas con Pulido APC .....	42
Figura 2. 32 Férula con pulido UPC .....	43
Figura 2. 33 Adaptador FC – FC .....	43
Figura 2. 34 Adaptador SC-SC.....	43
Figura 2. 35 DIVISOR ÓPTICO .....	44
Figura 2. 36 TIPOS DE SPLITEO.....	45
Figura 2. 37 Red PON incorporando FWDM y splitters .....	45
Figura 2. 38 Empalme entre dos Fibras Ópticas .....	46
Figura 2. 39 Características del Cable DROP.....	46
Figura 3. 1 Esquema FTTC.....	47
Figura 3. 2 Apariencia del equipo MA5603T .....	48
Figura 3. 3 Layout tarjetas del equipo MA5603T .....	48
Figura 3. 4 Frame con el posicionamiento de tarjetas en los slots del MA5603T .....	49
Figura 3. 5 Puertos y Apariencia Tarjeta SCUN.....	50
Figura 3. 6 Puertos y Apariencia tarjeta GICK.....	51

Figura 3. 7 Diagrama de interconexiones y módulos de la tarjeta GPBH.....	52
Figura 3. 8 Esquema de operación de la Tarjeta de Servicio .....	52
Figura 3. 9 Puertos y Apariencia Tarjeta GPBH.....	53
Figura 3. 10 Puertos y Apariencia CITD.....	54
Figura 3. 11 Puertos y Apariencia Tarjeta PRTE.....	55
Figura 3. 12 Ports on the rear panel of the HG8245T.....	55
Figura 3. 13 Esquema global de una red PON.....	58
Figura 3. 14 Diseño de Integración de MINI OLT MA5603T a la Red.....	59
Figura 3. 15 Esquema de Spliteo desde la OLT hasta la ONT .....	60
Figura 3. 16 Esquema de elementos para la red GPON Pile.....	62
Figura 3. 17 Relación de los splitters (N-1 y N-2) con el ancho de banda. ....	63
Figura 3. 18 Roseta Óptica y sus partes .....	66
Figura 3. 19 Diagrama, presupuesto óptico .....	67
Figura 3. 20 Acceso Web Administración ONT HG8245 .....	74
Figura 3. 21 Configuración ONT HG8245.....	75
Figura 3. 22 Configuración Servicio VoIP .....	76
Figura 3. 23 Configuración Servicio HSI.....	77

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Parámetros Técnicos de la Fibra Monomodo G.652.D.....	29
Tabla 2. 2 Parámetros Técnicos de la Fibra Monomodo G.657.A.....	30
Tabla 2. 3 Parámetros Técnicos de la Fibra Monomodo G.657.B.....	31
Tabla 3. 1 Tarjetas que conforman el Equipamiento .....	49
Tabla 3. 2 Atributos Tarjeta SCUN .....	50
Tabla 3. 3 Atributos Tarjeta GICK .....	51
Tabla 3. 4 Atributos Tarjeta GPBH .....	53
Tabla 3. 5 Potencia Óptica de Standards Clase B+ y C+ .....	53
Tabla 3. 6 Atributos Tarjeta CITD.....	54
Tabla 3. 7 Atributos Tarjeta PRTE .....	55
Tabla 3. 8 Descriptions of the ports on the rear panel of the HG8245T.....	56
Tabla 3. 9 Especificaciones Técnicas de Elementos Pasivos .....	57
Tabla 3. 10 Valores de referencia de los medios físicos dependientes(ITU-T G.984.x) .....	58
Tabla 3. 11 Conectores y Adaptadores en una red PON.....	61
Tabla 3. 12 Tipos de Servicios y Anchos de Banda .....	63
Tabla 3. 13 Comparación Valores Teóricos y medidos del Presupuesto Óptico. ....	68
Tabla 3. 14 Ejemplo Configuración Servicio GPON HSI .....	70
Tabla 3. 15 Ejemplo Configuración Servicio GPON VoIP.....	72

## **RESUMEN**

Percibiendo la necesidad en sectores rurales como la falta de comunicación debido a la irregularidad de la superficie geográfica, se tiene como propósito el diseño de una red de comunicación para la implementación de un servicio comunitario de telefonía e Internet con un proveedor ISP basado en GPON para la Comunidad de Pile del Cantón Montecristi en la Provincia de Manabí, con el fin de atender las limitaciones a nivel de la red pública, como la conexión al mundo global de la red de telecomunicaciones contemplando la cobertura total. La simulación propuesta se realiza bajo la plataforma OptiSystem, la cual permite plantear, probar y simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las redes ópticas, estimando así los resultados esperados. La metodología a emplear para el desarrollo del proyecto tiene un punto de vista cualitativo – cuantitativo, en razón de que está orientado a la determinación de las causas del problema y al mismo tiempo se establece la solución. Considerando que el problema principal es la falta de comunicación en la localidad de Pile, para lo cual se diseña un sistema de servicios comunitarios de telefonía e internet con un proveedor ISP basado en GPON para la solución del problema.

### **Palabras Claves:**

Terminal, PON, GPON, splitter, ODN, OLT

## **ABSTRACT**

Perceiving the need in rural sectors as the lack of communication due to the irregularity of the geographical surface, the purpose is to design a communication network for the implementation of a community telephone and Internet service with an ISP provider based on GPON for the Community of Pile of the Montecristi Canton in the Province of Manabí, with the purpose of attending the limitations at the level of the public network as the connection to the global world of the telecommunications network contemplating the total coverage. The proposed simulation is carried out under the OptiSystemplatform, which allows proposing to test and simulate optical links over the transmission layer of the optical networks, estimating the expected results. The methodology to be used for the development of the project has a qualitative - quantitative approach, because it is oriented to the determination of the causes of the problem and at the same time the solution is established. Considering that the main problem is the lack of communication in the town of Pile, for which a system of community telephony and internet services is designed with an ISP provider based on GPON to solve the problem.

### **Keywords:**

Optical networks, Telecommunications network, splitter, ODN, OLT

## **CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO**

En el capítulo I se describe las generalidades del proyecto de investigación, en el cual el lector podrá tener conocimiento sobre la introducción, importancia y justificación del tema, antecedentes, situación problemática, problema de investigación, objeto y campo, objetivos, hipótesis, métodos y técnicas y el aporte o resultado.

### **Introducción**

Pile es una comunidad del cantón Montecristi de la provincia de Manabí, establecida por la Municipalidad de Montecristi como Comuna en el año de 1931 bajo la presidencia del Sr. Carlos Luis Delgado. Dicha población tiene una antigüedad aproximada de 300 años, sus habitantes son de raza mestiza debido a la mezcla de etnias de españoles y ecuatorianos. Actualmente tiene una población estimada de 1300 habitantes en una superficie geográfica aproximada de 26.88 km<sup>2</sup>. Ubicado a 30 kilómetros de Montecristi en la ruta del Spondylus, asentado en un valle rodeado de lomas.

El planteamiento de este proyecto se basa en la falta de comunicación con la localidad, lo cual es un problema grave ante necesidades prioritarias como atender una emergencia y no contar con los medios que faciliten su integración en el mundo global de las telecomunicaciones para lo cual se analiza y diseña un sistema comunitario con el fin de acceder a una red pública como lo es la telefonía e internet.

La integración de los servicios a través de un sistema comunitario basado en la tecnología GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network), es una red de acceso que transmite a una tasa de transferencia alta a través de fibra óptica (FO), por lo cual es considerada también como una red óptica pasiva donde se conectan múltiples usuarios a través de un medio común, en este caso la FO. Está compuesta por la OLT (Optical Line Terminal), ONU (Optical Network Unit) y ODN (Optical Distribution Network), alcanza distancias de hasta 20 km.

#### **1.1. Importancia y Justificación del tema**

Partiendo de la carencia que la población de la comunidad de Pile actualmente presenta, para que pueda tener acceso a una comunicación efectiva en el momento oportuno y en

tiempo real, a través de los servicios de voz e internet y de una manera paulatina se estimule al pueblo al desarrollo, conforme los avances de la tecnología y sean aprovechados en salud, economía, comercio, académico y se logre su integración a la globalización.

## **1.2. Antecedentes**

Pile es un pueblo que vive incomunicado, la falta de cobertura celular es debido al sector geográfico en el cual se encuentra asentado y genera dificultades a la comunidad con las comunicaciones, generando problemas laborales y de salud.

Por lo expuesto, se realiza un estudio de la situación geográfica y sus condiciones de vida, encontrando limitaciones a nivel de comunicación, falta de medios y recursos para su integración a la red pública de telefonía y/o internet.

Por esta razón, se origina la propuesta de diseñar un enlace basado en tecnología GPON para la habilitación de dichos servicios comunitarios en esta localidad, de telefonía e internet fijo de óptima calidad.

## **1.3. Situación Problemática**

- Nivel extremo de la falta de comunicación con la localidad.
- Sector geográfico irregular de difícil acceso en el cual se encuentra asentado.
- No cuenta con los medios y recursos que faciliten su integración en el mundo global de la red de las telecomunicaciones.

### **1.3.1. Problema de Investigación**

Necesidad de diseñar un sistema que permita integrar los servicios de telefonía e internet en la comunidad de Pile, cantón Montecristi de la provincia de Manabí

### **1.3.2. Objeto y Campo**

**Objeto:** Telefonía e Internet en la Comunidad

**Campo:** redes GPON

## **1.4. Objetivos**

En base a los antecedentes y a la solución propuesta en el presente trabajo se detallan el objetivo general y los específicos.

### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar una red GPON de servicios comunitarios para la implementación de telefonía e internet en la comunidad de Pile del cantón Montecristi, provincia de Manabí.

### **1.4.2. Objetivo Específicos**

- Caracterizar los fundamentos teóricos para una red GPON
- Caracterizar la tecnología de Internet y telefonía en las comunidades.
- Diseñar la propuesta técnica para una red GPON para la integración de los servicios de voz e internet de la Comunidad Pile
- Realizar la simulación de la red propuesta bajo la plataforma OptiSystem, la cual permite plantear, probar y simular enlaces ópticos.

## **1.5. Hipótesis**

El diseño de un sistema de servicios comunitarios para la implementación de telefonía e internet en la comunidad de Pile basado en la tecnología GPON, permitirá a la población el acceso a la red pública de voz y datos, supliendo así la carencia de la comunicación absoluta y efectiva en dicha localidad.

## **1.6. Métodos y Técnicas**

La metodología de la investigación a utilizar para el estudio y diseño del proyecto de investigación a desarrollar consiste en un método en el cual se analiza la problemática actual de la población, la carencia de recursos y/o el grado de exigencias a nivel de comunicación ante un evento prioritario, considerando que en el mundo actual esto ya no es un lujo sino una necesidad. Para esto se establece como solución el diseño de una red GPON, para la implementación de telefonía e internet en la Comuna Pile del Cantón Montecristi de la provincia de Manabí.

Dentro de los métodos y técnicas se incluye el Análisis y Síntesis para la caracterización de los referentes teóricos de las redes GPON, fundamentos y arquitectura.

La Observación para medición de señales de haces de luz, para el proceso del diseño de la infraestructura utilizando la tecnología GPON.

### **1.7. Aporte y Resultado**

El diseño de una red de telefonía con acceso a internet basado en tecnología GPON que garantiza la comunicación en la comunidad de Pile.

## CAPITULO II: FUNDAMENTACION TEORICA DE UNA RED GPON

Este capítulo tiene como finalidad caracterizar una red GPON, presentando el contexto teórico referencial que caracteriza los servicios de telefonía e internet basadas en este tipo de redes.

### 2.1. Definición de PON

PON (Passive Optical Network), es una red óptica punto-multipunto en la que no existen elementos activos entre las instalaciones del operador (OLT) y el equipo terminal de usuario (ONT, Optical Network Terminal). Donde la OLT es el equipo de central y la ONT también conocida como ONU, es el equipo de usuario.

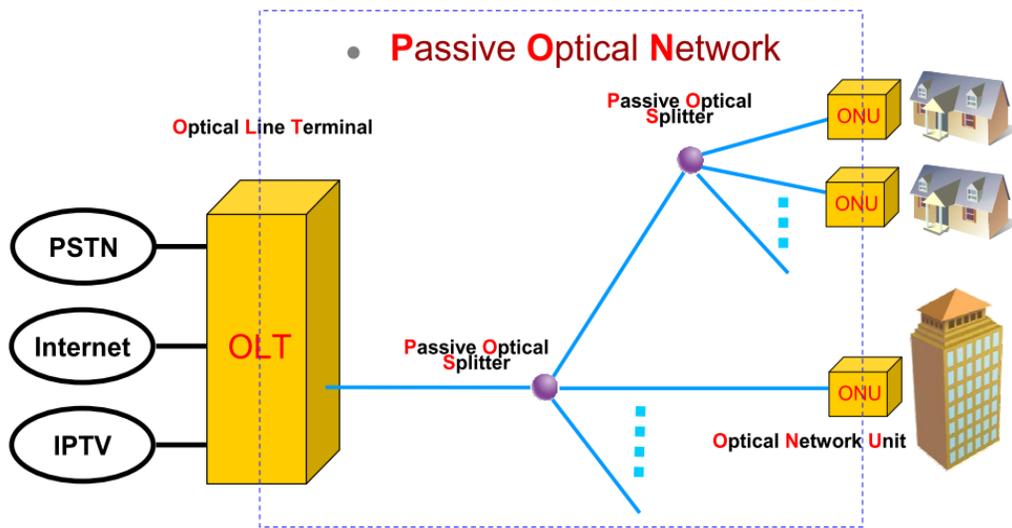


Figura 2. 1 Passive Optical Network  
Fuente: (HUAWEI, CO, 2011)

### 2.2. Funcionamiento de la red PON

Las redes PON en lugar de usar una fibra desde el OLT a cada uno de los clientes, utilizan una sola fibra hacia los usuarios y mediante un splitter óptico se alimenta con una fibra de acometida a cada cliente.

Estas redes utilizan técnicas de multiplexación por longitud de onda (WDM Wavelength Division Multiplexing), que permiten el uso de longitudes de onda diferentes, facilitando la comunicación bidireccional sobre la misma fibra.

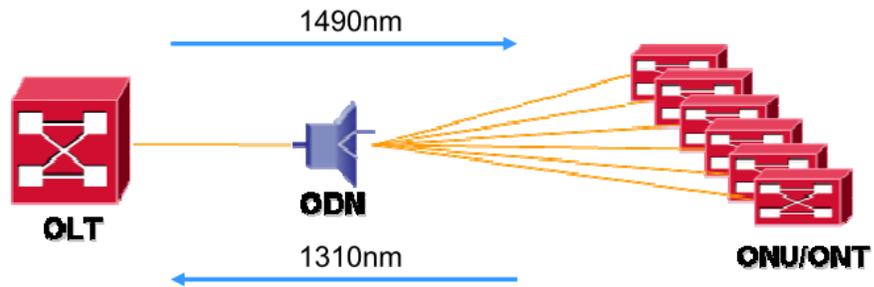


Figura 2. 2 Multiplexing  
Fuente: (HUAWEI, CO, 2011)

Para separar las señales Upstream/Downstream de múltiples usuarios en una sola fibra, se adopta dos mecanismos de multiplexación:

**Downstream Data:** los paquetes de datos se transmiten por Broadcast mode. Los datos llegan desde cada nodo al divisor donde se dirigen a la unidad óptica terminal del usuario correspondiente.

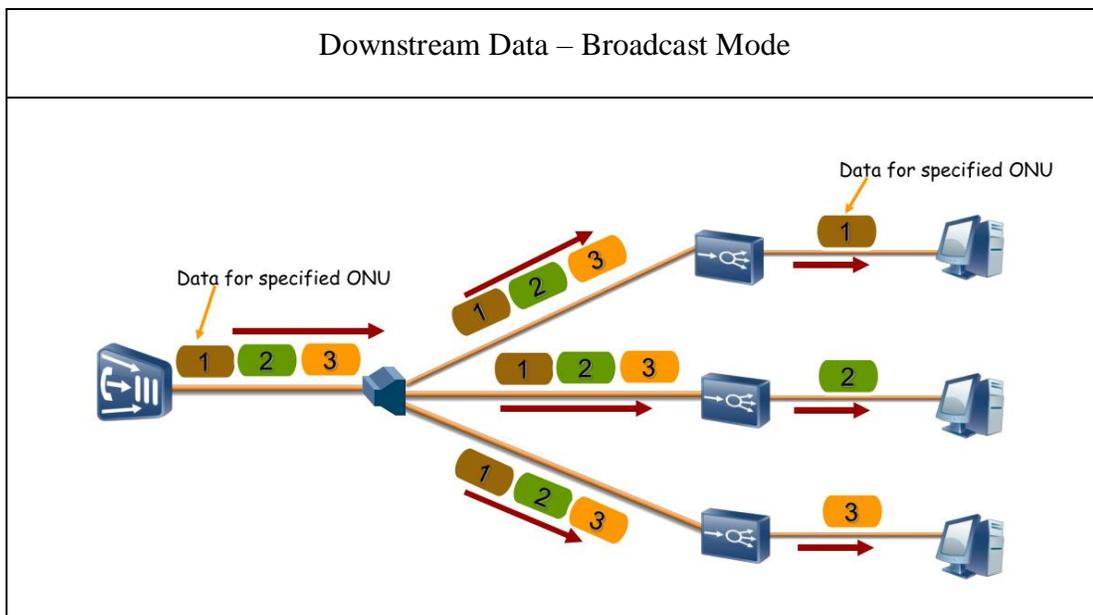


Figura 2. 3 Principio de Downstream PON, 1490 nm 2,488 Gbps  
Fuente: (HUAWEI, CO, 2011)

**Upstream Data:** los paquetes de datos se transmiten por TDMA (Time Division Multiple Access). La unidad óptica terminal del usuario envía la información al nodo sin intervención del divisor salvo para controlar el momento en que se da curso a dicha información.

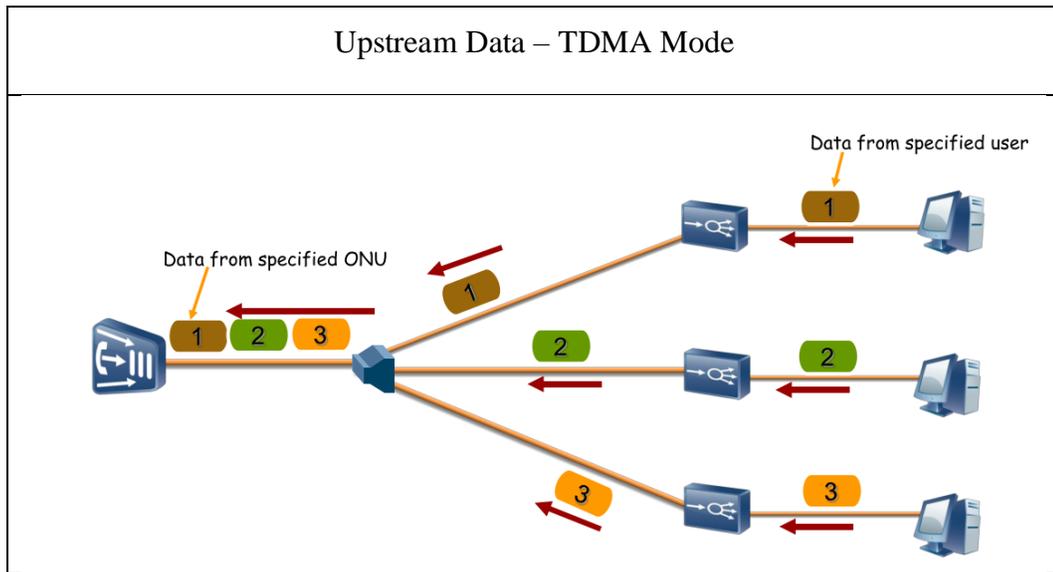
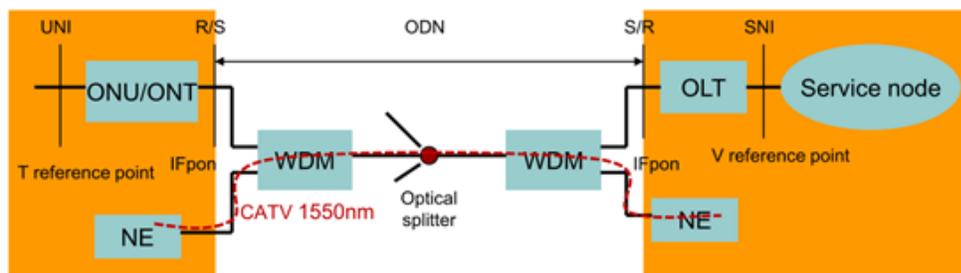


Figura 2. 4 Principio de Downstream PON, Upstream 1310 nm, 1,244 Gbps  
Fuente: (HUAWEI, CO, 2011)

### 2.3. Estructura y funcionamiento de una red PON

Una red óptica pasiva no cambia su arquitectura básica, sus componentes siempre serán usados acorde a lo establecido inicialmente en esta tecnología.



**OLT** Optical Line Terminal

**ONU** Optical Network Unit

**ONT** Optical Network Terminal

**ODN** Optical Distribution Network

**WDM** Wavelength Division Multiplex Module

**NE** Network Element

**SNI** Service Node Interface

**UNI** User Network Interface

Figura 2. 5 Modelo de referencia de red PON  
Fuente: (HUAWEI, CO, 2011)

Una red PON está formada básicamente por: OLT, ONT/ONU, ODN.

**OLT:** Equipo activo localizado en la central, en el cual inicia la transmisión hacia el punto final utilizando como medio físico la fibra óptica.

**ONT/ONU:** Equipo terminal localizado en el lado del cliente, capaz de proporcionar al usuario varios tipos de servicios de banda ancha.

**ODN:** Es la red de comunicación compuesta de elementos pasivos como fibra óptica y splitters, donde se hace posible la división de la señal óptica en varias señales que se trasladan por otros hilos de fibra óptica. La OLT y la ONU/ONT se conectan a través de la ODN.

## 2.4. Arquitectura de red PON

Dentro de la arquitectura de la red PON existen 5 tipos:

- Fiber To The Building, FTTB.
- Fiber To The Curb, FTTC.
- Fiber To The Home, FTTH.
- Fiber To The Mobil, FTTM.
- Fiber To The Office, FFTO

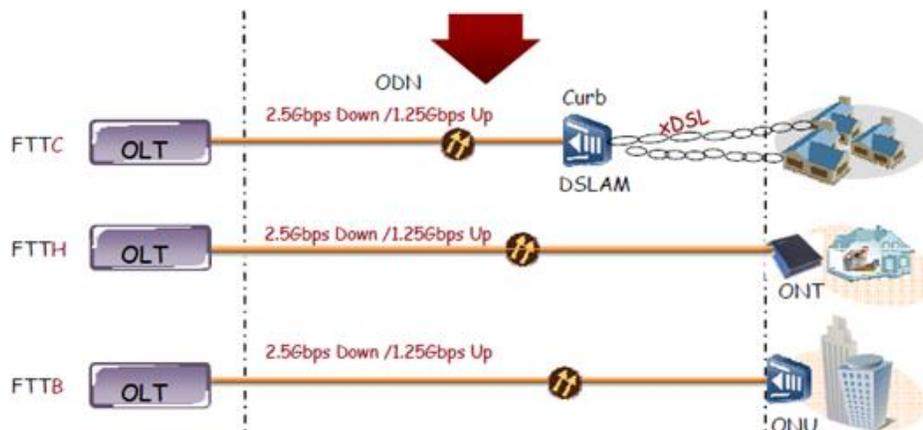


Figura 2. 6. Escenario FFTx\_A  
Fuente: (CNT EP, 2018)

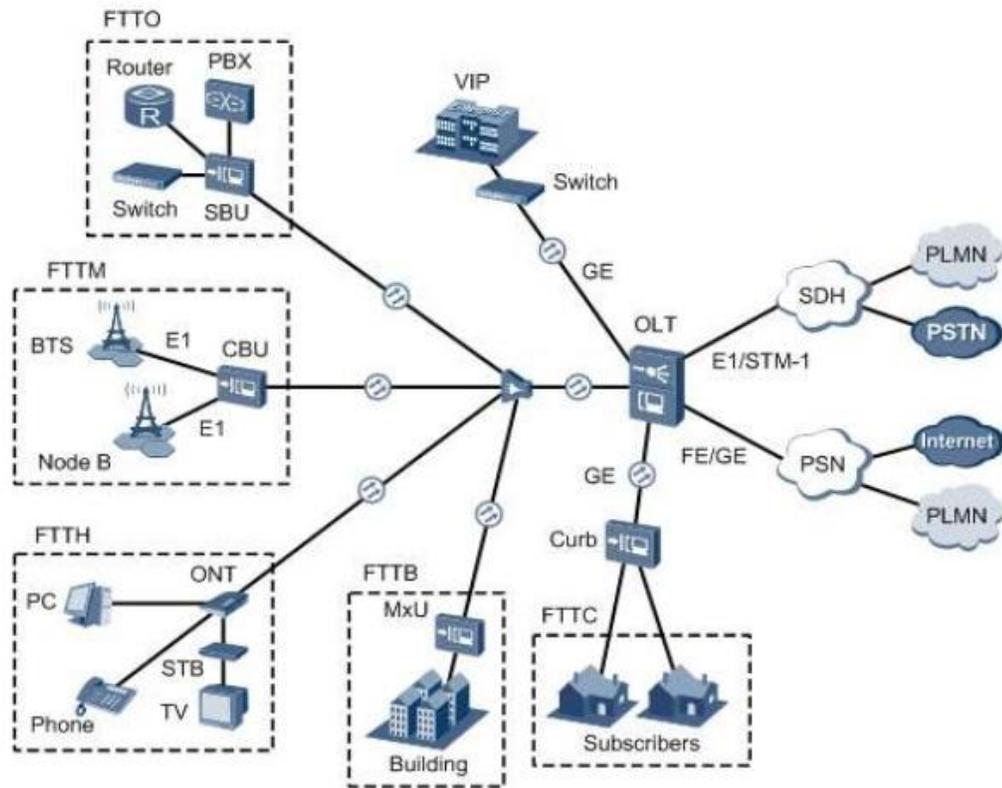


Figura 2. 7 Escenario FTTx\_B  
Fuente: (CNT EP, 2018)

## 2.5. Ventajas de las redes PON

Las arquitecturas PON están centrando la atención de la industria de las telecomunicaciones como una manera de atacar a la problemática de la última milla, puesto que presenta evidentes ventajas.

- Permiten conectar a usuarios localizados a distancias de hasta 20 Km desde la central o nodo óptico. Esta distancia supera con creces la máxima cobertura de las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line), máximo 5 Km desde la central.
- Ofrecen un mayor ancho de banda por usuario debido a la mayor capacidad de la fibra para transportar información que las alternativas de cobre (XDSL, x Digital Subscriber Line y CATV, Community Antenna Television).

- Aumentan la calidad de servicio y simplifican el mantenimiento de la red, al ser inmunes a ruidos electromagnéticos no propagan las descargas eléctricas procedentes de rayos, etc.

## 2.6. Tipos de redes PON

- **APON (ATM PON):** Red pasiva óptica de transmisión asincrónica.
- **BPON (BroadBand PON):** Red óptica pasiva de banda ancha
- **EPON (Ethernet PON):** Ethernet sobre red óptica pasiva (tramas ethernet)
- **GEPON (Gigabit Ethernet PON):** Gigabit Ethernet sobre redes ópticas pasivas (tramas ethernet hasta Gb)
- **GPON:** Red óptica pasiva con capacidad de Gigabit (tramas Gem, GPON Encapsulation Method, no ethernet)
- **10GPON:** Red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit
  - **XGPON1:** 10 Downstream/2.5 Upstream
  - **XGPON2:** 10 Downstream/10 Upstream

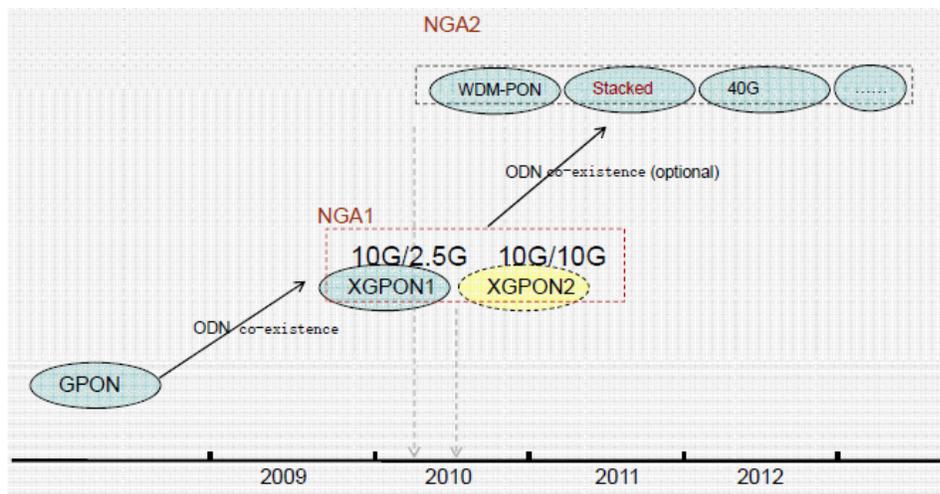


Figura 2. 8 Estándares NG-PON  
Fuente: (CNT EP, 2018)

10G GPON es la versión superior de GPON con las siguientes características:

- Incremento de ancho de banda y capacidad para soportar servicios.
- La capacidad de ancho de banda se incrementa 4 veces y la óptica hasta 33/35 dB.

- Funciona con la misma ODN que GPON.
- Los mismos equipos de gestión pueden ser actualizados para soportar la tecnología 10G GPON.

	Content	GPON	10G GPON
Infrastructure	Application scenario	FTTH, FTTB, FTTC, FTTCab, FTTO, FTTCell	FTTH, FTTB, FTTC, FTTCab, FTTO, FTTCell
PHY	Line rate	2.5G DS / 1.25G US	10G DS / 2.5G US
	Wavelength plan	1480-1550nm DS 1290-1330nm US	1575-1580nm DS 1260-1280nm US
	Split ratio	32/64	≥64
	Max. Distance	10/20 km (Logical: 60 km)	≥ 20km (Logical: ≥ 60 km)
	Power budget	ClassA: 5- 20dB Class B: 10-25dB ClassC: 15-30dB ClassC+: 17-32dB	Nominal 1: 29dB Nominal 2: 31dB Extended: 33/35dB
	Line coding	NRZ	NRZ
MAC	Frame	GEM	XGEM

Figura 2. 9. 10GPON vs GPON

Fuente: (CNT EP, 2018)

## 2.7. Componentes Pasivos

Los componentes ópticos pasivos son aquellos que no necesitan de alimentación externa para el despliegue de una red, por lo que no ocurre la conversión óptico-eléctrica cuando el componente está operando, es decir la conversión entre la luz y la electricidad no se produce cuando el componente está trabajando ya que su principio de funcionamiento está basado en la teoría de la óptica geométrica y ondas ópticas.

### 2.7.1. Arquitectura de una ODN

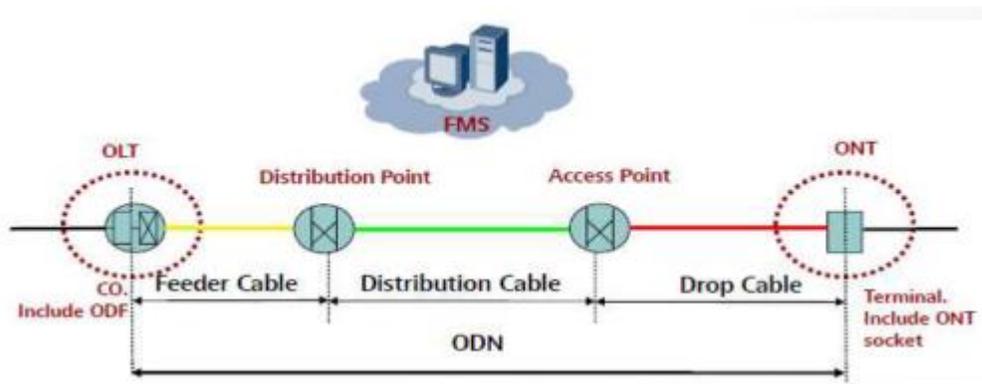


Figura 2. 10 Arquitectura de ODN

Fuente: (CNT EP, 2018)

ODN, segmento entre la OLT y la ONT, compuesta de las siguientes partes:

- Cable óptico Feeder
- Punto de distribución
- Cable óptico de distribución
- Punto de acceso (NAP, Network Access Point)
- Cable Drop

La ODN, es la red encargada de distribuir la señal desde el equipo de acceso siendo este de tipo indoor o outdoor hasta los domicilios de los clientes. De esta manera se comparten los costes de un mismo segmento de red óptico entre los terminales, se reduce el coste de despliegue, el número de fibras y su mantenimiento. (Verbel & Perez, 2013)

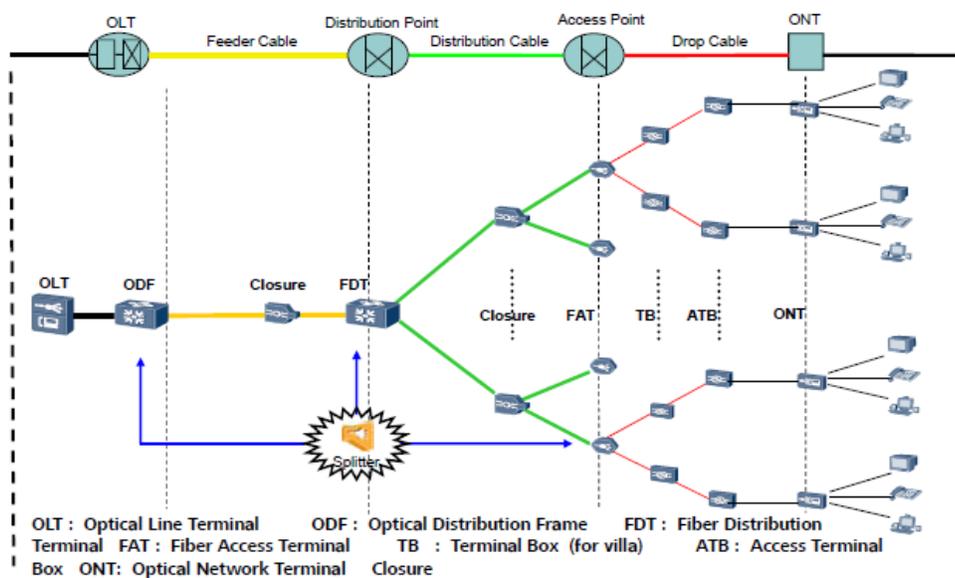


Figura 2. 11 Arquitectura de ODN

Fuente: (CNT EP, 2018)

De esta manera, se comparte el mismo medio o canal físico para varios suscriptores, a través de los divisores ópticos conocidos también como splitters, en donde el rayo de luz procedente se fragmenta en múltiples rayos en varias fibras.

El cable de FO a emplear desde la OLT hasta el punto de acceso está bajo el estándar G.652.D.

El cable de FO a emplear desde el punto de acceso hasta la ONT está bajo el estándar G.657.B.

### Características de las fibras ITU-T G.652.D

- Optimizada para operar en la longitud de onda de 1310nm.
- Opera también en la longitud de 1550nm donde presenta dispersión.
- Transmite información mediante la multiplexación de longitud de onda.

En la tabla 2.1 se describe los parámetros técnicos de funcionamiento de la fibra G.52.D.

Tabla 2. 1 Parámetros Técnicos de la Fibra Monomodo G.652.D.

<b>ATRIBUTO</b>	<b>DATO</b>	<b>G.652.D</b>
<b>Diámetro del Campo Modal</b>	Longitud de Onda	1310 nm
	Diámetro del Núcleo	8.6 – 9.2 $\mu\text{m}$
<b>Diámetro del Revestimiento</b>	Nominal	125.0 $\mu\text{m}$
<b>Long. de Onda de Corte</b>	Max.	1260 nm
<b>Perdida de Macroflexión</b>	Radio mm	30
	Num. de Vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0.1 dB
<b>Coefficiente de Atenuación</b>	Máximo a 1310 nm	0.4 dB/Km
	Máximo a 1550 nm	0-3 dB/Km

Fuente: (IEEE, 2016)

### Características de las fibras ITU-T G.657.A

- Su principal ventaja es la insensibilidad que presenta ante las curvaturas.
- Es mayormente usada en redes de Acceso FTTX – Interiores.
- Compatibles con las fibras G.652.

En la tabla 2.2 se observan los datos técnicos de la fibra G.657.A.

Tabla 2. 2 Parámetros Técnicos de la Fibra Monomodo G.657.A

ATRIBUTO	DATO	G.657.A				
		ITU-T G.657.A1		ITU-T G.657.A2		
<b>Diámetro del Campo Modal</b>	Longitud de Onda	1310 nm				
	Diámetro del Núcleo	8.6 – 9.2 $\mu\text{m}$				
<b>Diámetro del Revestimiento</b>	Nominal	125.0 $\mu\text{m}$				
<b>Long. de Onda de Corte</b>	Max.	1260 nm				
		ITU-T G.657.A1		ITU-T G.657.A2		
<b>Perdida de Macroflexión</b>	Radio mm	15	10	15	10	7.5
	Num. de Vueltas	10	1	10	1	1
	Máximo a 1550 nm	0.25	0.75	0.03	0.1	0.5
	Máximo a 1625 nm	1.0	1.5	0.1	0.2	1.0
<b>Coefficiente de Atenuación</b>	Máximo a 1310 nm	0.4 dB/Km				
	Máximo a 1550 nm	0-3 dB/Km				

Fuente: (IEEE, 2016)

En los datos técnicos de la fibra G.657.A, se puede observar que existen dos categorías la A1 y A2 en la cual su principal y única diferencia son los radios de curvatura.

### Características de las fibras ITU-T G.657.B

- Su principal ventaja es la insensibilidad que presenta ante las curvaturas.
- Es mayormente usada en redes de acceso FTTX – Exteriores.
- Compatibles con las fibras G.652.

En la tabla 2.3 se observa los datos técnicos de la fibra G.657.B

Tabla 2. 3 Parámetros Técnicos de la Fibra Monomodo G.657.B

ATRIBUTO	DATO	G.657.B					
		ITU-T G.657.B2			ITU-T G.657.B3		
<b>Diámetro del Campo Modal</b>	Longitud de Onda	1310 nm					
	Diámetro del Núcleo	8.6 – 9.2 $\mu\text{m}$					
<b>Diámetro del Revestimiento</b>	Nominal	125.0 $\mu\text{m}$					
<b>Long. de Onda de Corte</b>	Max.	1260 nm					
		ITU-T G.657.B2			ITU-T G.657.B3		
<b>Perdida de Macroflexión</b>	Radio mm	15	10	7.5	10	7.5	5
	Num. de Vueltas	10	1	1	1	1	1
	Máximo a 1550 nm	0.03	0.1	0.5	0.03	0.08	0.15
	Máximo a 1625 nm	1.0	0.2	1.0	0.1	0.25	0.45

<b>Coefficiente de Atenuación</b>	Máximo a 1310 nm	0.4 dB/Km
	Máximo a 1550 nm	0-3 dB/Km

Fuente: (IEEE, 2016)

### 2.7.2. Elementos de una ODN

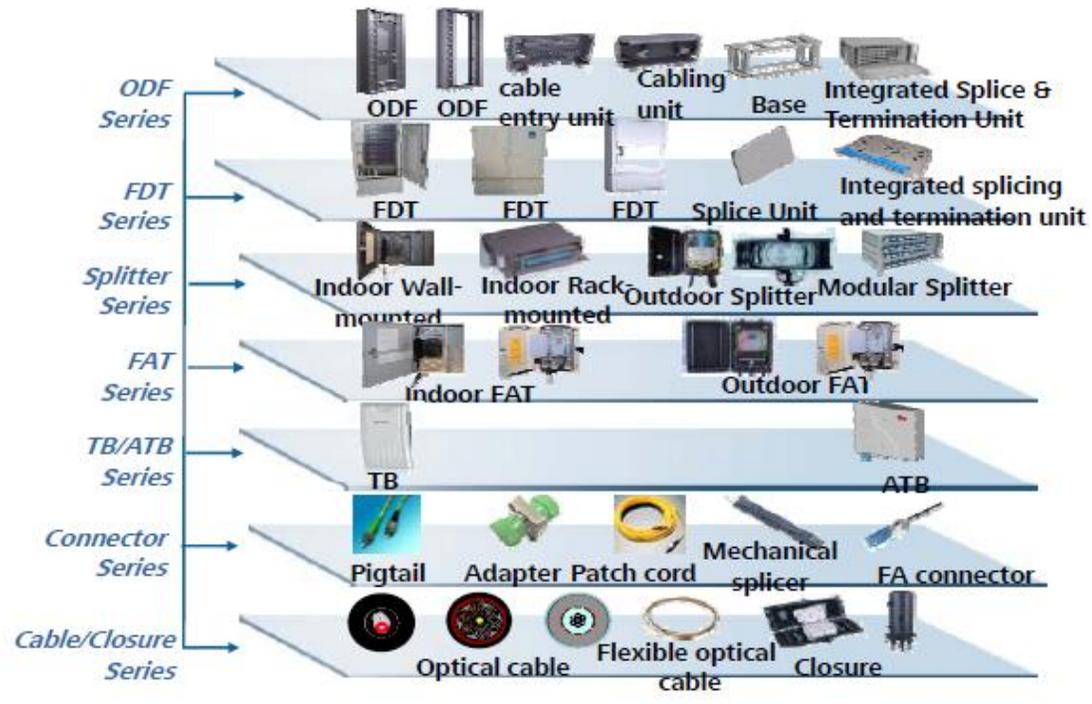


Figura 2. 12 Series de Elementos ODN  
Fuente: (CNT EP, 2018)

### ODF OPTICAL DISTRIBUTION FRAME

Es una caja metálica con varios puertos, tiene por objetivo conectar el cable de fibra que proviene de la planta interna con los equipos de la red.

La fibra entra por la parte posterior del ODF y se conecta con un adaptador, en la parte frontal del equipo se encuentran los puertos donde se conectan los patchcords con los puertos del equipo activo.

A continuación, en la figura 2.13 se observa un ODF.



Figura 2. 13 Series de ODF  
Fuente: (CNT EP, 2018)

## COMPONENTES DEL ODF

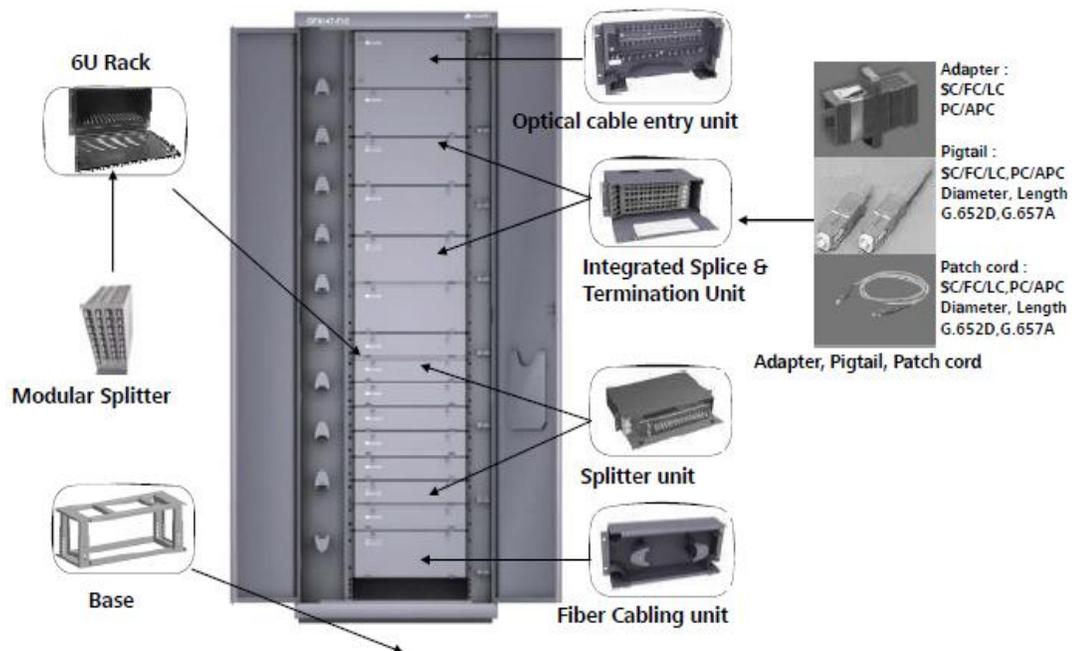


Figura 2. 14 Componentes del ODF  
Fuente: (CNT EP, 2018)

## DIAGRAMA DE CONEXION OLT – ODF

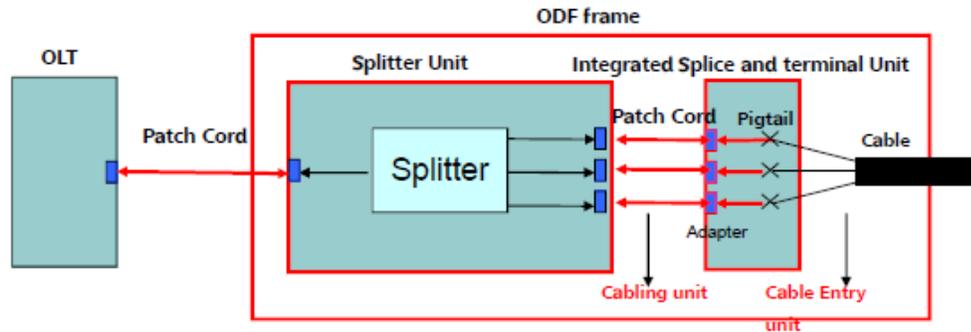


Figura 2. 15 Diagrama de Conexión OLT – ODF  
Fuente: (CNT EP, 2018)

## iODF INTELLIGENT OPTICAL DISTRIBUTION FRAME

Conecta, termina, distribuye, divide y programa cables ópticos principales de oficina en el sistema de comunicaciones de FO, permite el manejo inteligente de fibra óptica y la ingeniería de la iODN (Intelligent Optical Distribution Network).

Bajo este principio, este elemento pasivo se convierte en activo porque al ser inteligente es gestionable mediante etiquetas electrónicas, las cuales se colocan alrededor de los patchcords, al conectar en el puerto del iODF se energiza y el puerto se enciende (LED, Light Emitting Diode). Así también desde la plataforma de gestión y administración de componentes de red entre ellos el elemento en mención, se puede indicar al técnico en sitio el puerto donde engancharse encendiéndolo remotamente.

## CARACTERISTICAS

- **Fiabilidad:** su diseño tiene capacidad para un máximo de 1944 hilos de núcleo, tiene un esquema de cableado de arco y las fibras ópticas están protegidas durante todo el proceso.
- **Diseño modular:** es un bastidor de 19". Permite albergar varias unidades montadas lo que facilita la instalación y la expansión.
- **Operación y mantenimiento sencillos:** la serie GPX-147-ODF5101 se opera desde la parte frontal y es compatible con la combinación espalda con espalda y la de lado a lado. Esto facilita la instalación y el mantenimiento.

- Fácil actualización: se puede actualizar para administrar fibras ópticas de manera inteligente o puede servir como un ODF tradicional.
- Gestión Inteligente: puede identificar y gestionar patcheos (patching) y conexiones de fibra óptica
- Ingeniería Inteligente: el indicador de control iFAT (Intelligent Fiber Access Terminal) indica que debe proporcionar una guía de ingeniería para eliminar fallas y verificar los datos para garantizar la técnica correcta y registra los datos.



Figura 2. 16 iODF INTELLIGENT OPTICAL DISTRIBUTION FRAME  
Fuente: (HUAWEI,CO, 2013)

### FDT (FIBER DISTRIBUTION TERMINAL)



Figura 2. 17 Series FDT FIBER DISTRIBUTION TERMINAL  
Fuente: (HUAWEI, CO, 2011)

Es un armario dentro del cual se realiza un patcheo o cruzada entre el cable Feeder que viene del ODF, por lo general dentro van los splitters y desde aquí se distribuye hacia las NAP/FAT (Fiber Access Terminal) a través del cable de distribución que sale del FDT. Une la NAP/FAT con el puerto PON a través del armario.

Utiliza red flexible, se puede modificar el patcheo a través del splitter – NAP/FAT o puede ser una manga, red rígida porque están fusionados los hilos de FO, no puede ser modificada.

### COMPONENTES FDT

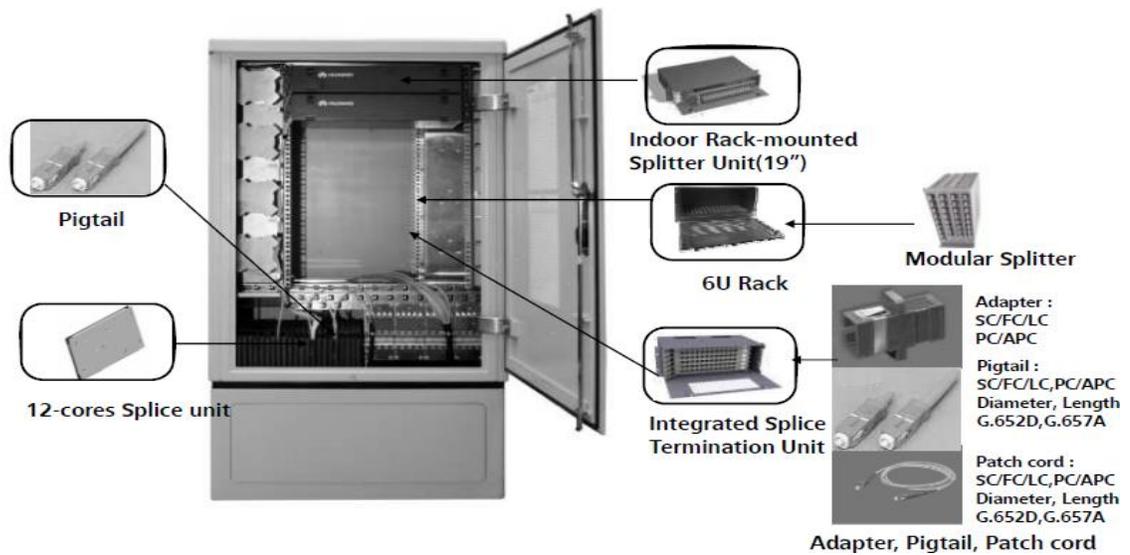


Figura 2. 18 Componentes FDT FIBER DISTRIBUTION TERMINAL  
Fuente: (CNT EP, 2018)

### DIAGRAMA DE CONEXION FDT

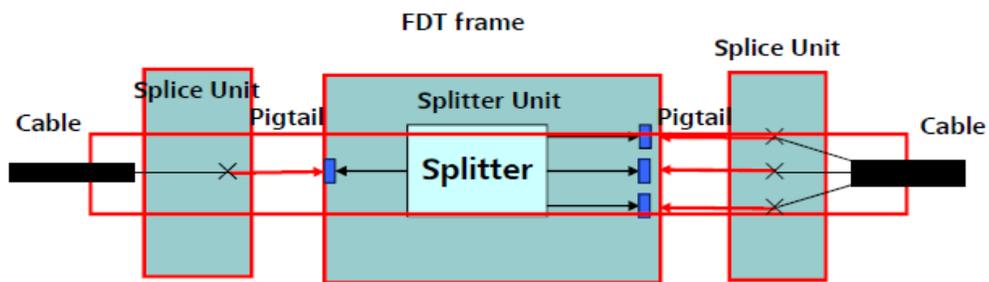


Figura 2. 19 Diagrama de Conexión FDT  
Fuente: (CNT EP, 2018)

## **iFDT INTELLIGENT FIBER DISTRIBUTION TERMINAL**

Al igual que el iODF, es gestionable con LEDs y etiquetas electrónicas. Existen dos modelos:

- GXF147 – iFDT3103D
- GXF147 – iFDT3103D-A

Se conecta al cable de distribución en el Uplink y al cable Drop en el Downlink. Hereda las funciones como el empalme, la división y la distribución de FO, de un FDT tradicional. Al comunicarse con U2000 ODN NMS, el sistema de gestión de elementos (EMS, Element Management System), sobre iField, gestiona inteligentemente fibras ópticas y proporciona instrucciones de funcionamiento.



Figura 2. 20 iFDT GXF147-IFDT3103D  
Fuente: (HUAWEI CO, 2016)



Figura 2. 21 iFDT GXF147-IFDT3103D-A  
Fuente: (HUAWEI CO, 2016)

## FAT (FIBER ACCESS TERMINAL)

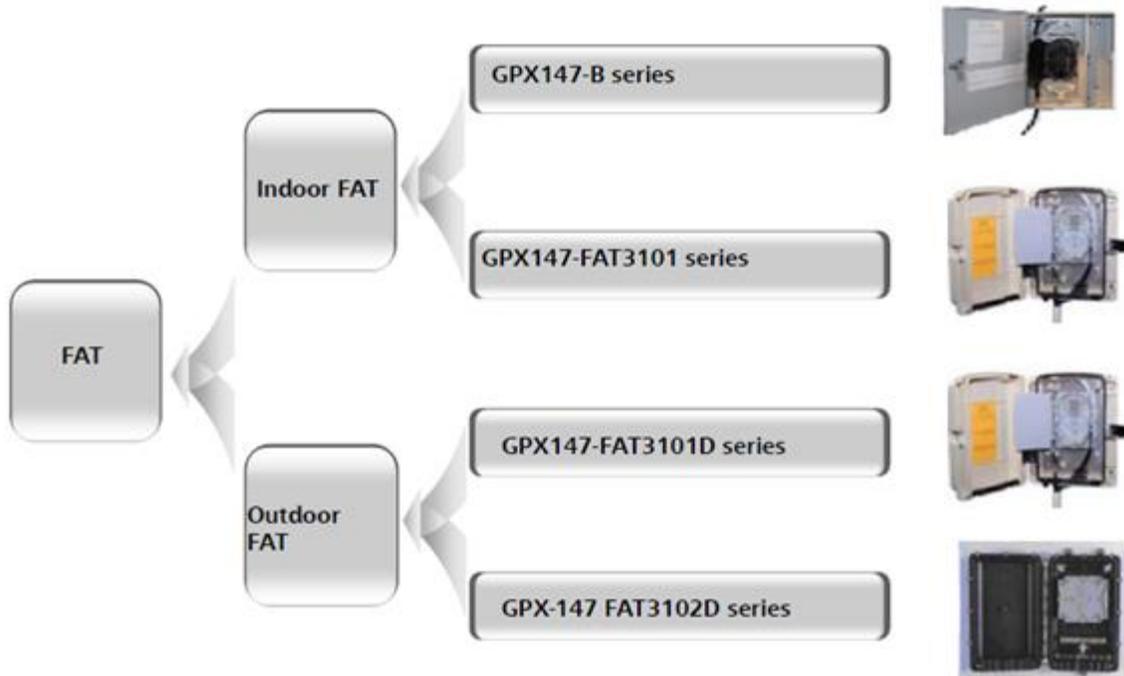


Figura 2. 22 FAT  
Fuente: (CNT EP, 2018)

Se conecta al FDT. Existen dos tipos:

- **INDOOR FAT:** se instalan para edificios
- **OUTDOOR FAT:** se instalan en postes o mangas (de aquí sale el cable drop hacia el cliente residencial)

## iFAT INTELLIGENT FIBER ACCESS TERMINAL

Se conecta al cable de distribución en el Uplink y al cable drop en el Downlink y funciona como el FAT tradicional para empalmar y terminar cables ópticos. En cooperación con la red de distribución óptica del sistema de gestión NMS, y el Intelligent Field (iField); el iFAT gestiona inteligentemente las fibras ópticas iODN y guía la ingeniería.

## ROSETA (TB/ATB)

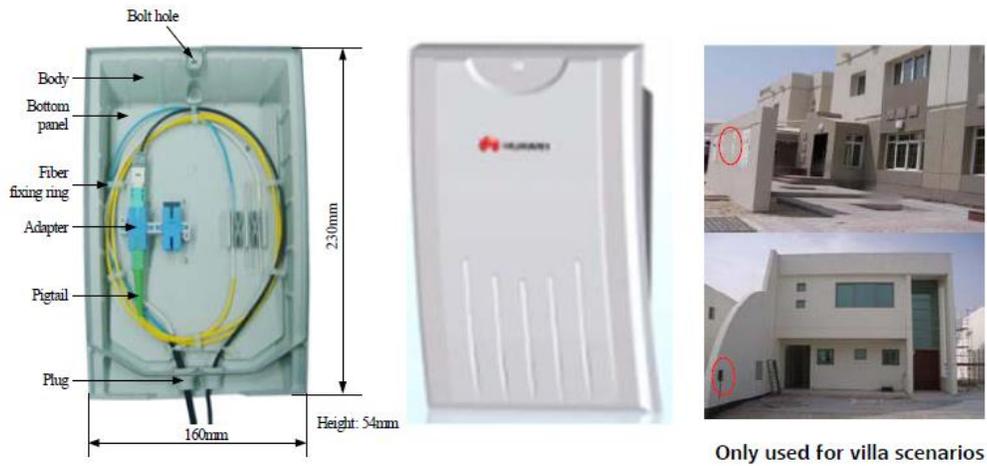


Figura 2. 23 Terminal Box – Access Terminal Box

Fuente: (CNT EP, 2018)

TB (Terminal Box) o ATB (Access Terminal Box) es un terminal indoor aplicado en FTTX para conectar el cable Drop y la ONU a través del puerto de fibra. Su capacidad es de 1, 2 y 4 núcleos, admite empalmes, conexiones mecánicas e instalaciones montadas en la pared.

## SERIES DE CONECTORES



Figura 2. 24 SERIES DE CONECTORES

Fuente: (CNT EP, 2018)

## **CONECTOR SC (SQUARE CONNECTOR)**

El conector estándar o cuadrado es un dispositivo terminal, cuya principal ventaja está en el sistema de conexión directa con los puertos ópticos, el cual es conocido como “push pull” (empujar y jalar), lo que permite una facilidad para su desconexión o conexión, el diseño del conector ayuda a ocupar menos espacio en las áreas de conexiones y su mayor parte está compuesto por plástico. Su forma rectangular está diseñada para evita rotaciones, permitiendo la alineación al conector de manera sencilla con los puertos ópticos; utilizado especialmente en redes LAN (Local Area Network), PON, AON (All Optical Network) y CATV. En la figura 2.25 se observa los conectores SC de una fibra monomodo (Alvarez, 2017).



Figura 2. 25 Conector SC  
Fuente: (Alvarez, 2017)

## **CONECTOR LC (Little Connector)**

Es el primer conector de tamaño pequeño, diseñado con un sistema push/pull para su conexión/desconexión, igual que el conector SC su férula mide 1.25 mm. Su uso es compatible para operar fibras monomodo y multimodo. Por su tamaño, es utilizado en paneles de racks, armarios, inclusive en los switches que tienen puertos para conectores de tipo LC dúplex ya integrados en módulos GBIC o SFP (Alvarez, 2017).



Figura 2. 26 Conector LC  
Fuente: (Alvarez, 2017)

## CONECTOR FC (FERULE CONNECTOR)

Es un conector, el cual su férula es realizada en cerámica de zirconio con alta precisión por lo que brinda una mejor alineación entre las fibras y posee una medida de 2.5mm. El mecanismo de anclaje a los equipos es en forma de rosca, el cuerpo del conector está hecho de material niquelado, es compatible con fibras monomodo y multimodo. El conector FC con el tiempo fue reemplazado por los conectores tipo LC y SC, en la figura 2.27 se muestra la forma del conector FC (Alvarez, 2017).



Figura 2. 27 CONECTOR FC  
Fuente: (Alvarez, 2017)

## TIPOS DE FERULA

La férula es la parte central y principal del conector donde está colocada la fibra, es la encargada de sujetar, proteger y alinear la fibra de vidrio, obteniendo un mejor acoplamiento facilitando la transmisión de las señales ópticas (Rodríguez, 2016).

Existen varios tipos de férulas elaboradas de materiales como acero inoxidable, plástico y cerámica de diferentes tamaños y pulidos; siendo esta la más usada en la mayoría de los conectores por su baja pérdida de retorno e inserción. El diámetro de una férula es de 1.25mm o 2.5mm. De acuerdo con los tipos de pulidos se clasifican en: APC (Angled Physical Contact) y UPC (Ultra Physical Contact) (Alvarez, 2017)

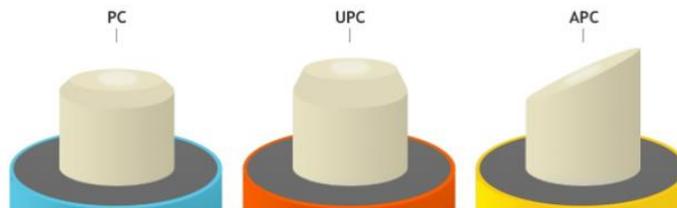


Figura 2. 28 Tipos de Férula  
Fuente: (Rodríguez, 2016)

## FERULA CON PULIDO PC (PHYSICAL CONTACT)

El pulido Physical Contact, es un tipo de pulido con una ligera curvatura que ayuda a eliminar el espacio de aire que existe entre las férulas, se la puede usar con fibras multimodo y monomodo. La pérdida de retorno que presenta varía entre -30 dB a -40 dB (Rodríguez, 2016). La forma de unión de dos conectores con férula PC se ilustra en la figura 2.29.

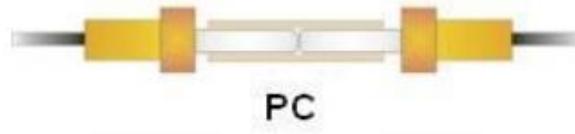


Figura 2. 29 Conectores con Férula de Pulido PC

Fuente: (Alvarez, 2017)

## FERULA CON PULIDO DE CONTACTO FISICO ANGULADO O APC (ANGULATED PHYSICAL CONTACT)

El pulido APC posee un ángulo de 8 grados de inclinación, lo que permite que las conexiones entre estas férulas sean mucho más unidas. Se la usa generalmente con las fibras monomodo (Alvarez, 2017). Véase la figura 2.30.

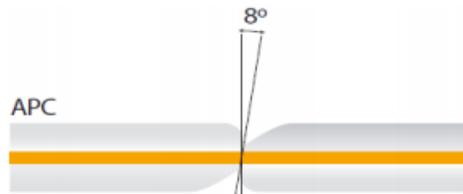


Figura 2. 30 Férula con Pulido APC

Fuente: (Alvarez, 2017)

Alcanza hasta un valor de pérdida de retorno de -60 dB por la forma de su pulido ya que la luz no puede retornar al núcleo, como se observa en la figura 2.31.

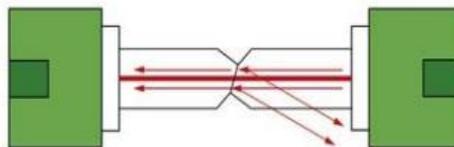


Figura 2. 31 Pérdida de Luz en las Férulas con Pulido APC

Fuente: (Alvarez, 2017)

## **FERULA CON PULIDO UPC (ULTRA PHYSICAL CONTACT)**

Las férulas con pulido UPC, también poseen una curvatura mucho más pronunciada que las de pulido PC, Su pérdida de retorno va desde  $-40\text{dB}$  a  $-55\text{dB}$ , trabajan con fibras monomodo y son ideales para la transmisión de señales CATV y data. (Rodríguez, 2016). Véase la figura 2.32.



Figura 2. 32 Férula con pulido UPC  
Fuente: (Alvarez, 2017)

## **ADAPTADOR**

Es un dispositivo mecánico cuya función es unir dos hilos de fibra óptica, por medio de sus conectores para proveer continuidad a los haces de luz, para lo cual utiliza resortes que aprietan las fibras, alinea las férulas de los conectores obteniendo un contacto directo entre sí, elimina la interferencia de aire y garantiza que no exista desconexiones. Pertenecen al grupo de dispositivos pasivos ya que se desempeñan sin ningún tipo de energía (Alvarez, 2017). Para los ODF a nivel de planta interna se utilizan los conectores FC – FC, en los ODF a nivel de planta externa o FDT se emplean los conectores SC- SC con sus respectivos adaptadores. En la figura 2.33 y 2.34 se aprecia un ejemplo de acoplador.



Figura 2. 33 Adaptador FC – FC  
Fuente: (CNT EP, 2018)



Figura 2. 34 Adaptador SC-SC  
Fuente: (Alvarez, 2017)

## ATENUADORES OPTICOS

Permiten tener una pérdida controlada y específica de nivel óptico, por lo que su uso es muy común debido a las limitaciones en el rango dinámico de los receptores. Se dispone de una variedad de atenuadores fijos y ajustables como complemento para las instalaciones de fibras ópticas. Su construcción garantiza estabilidad en diversas condiciones de operación. Por lo general, se implementan dentro de las estructuras de los conectores, agregando material de absorción entre las dos fibras hasta obtener la atenuación deseada al considerar la distancia entre los terminales de fibra (Moreno, 2008).

## SPLITTERS

Es el elemento divisor óptico pasivo, tiene una sola entrada y múltiples puertos de salidas, no requiere de ninguna fuente de energía externa, solo de la señal óptica de entrada, que es dividida en una cantidad de puertos de salida, por lo que múltiples usuarios comparten una sola fibra y en consecuencia una banda. No dependen de la longitud de onda e incorporan una atenuación al dividir la potencia de entrada. Esta pérdida conocida como radio de acoplamiento, se expresa en dB y depende del número de puertos de salida. (FIBRAOPTICA, 2013)



Figura 2. 35 DIVISOR ÓPTICO  
Fuente: (Alvarez, 2017)

## TIPOS DE SPLITEO

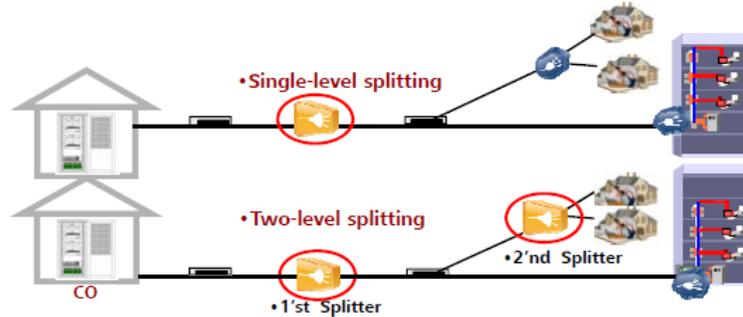


Figura 2. 36 TIPOS DE SPLITEO  
Fuente: (CNT EP, 2018)

## NIVEL SIMPLE DE SPLITEO

- Fácil para probar y mantenimiento
- Tiene menor atenuación
- Alto porcentaje de utilización
- Menor costo por usuario que la solución de dos niveles de spliteo.

## DOS NIVELES DE SPLITEO

- Puede guardar el cable de distribución y la red es más flexible.

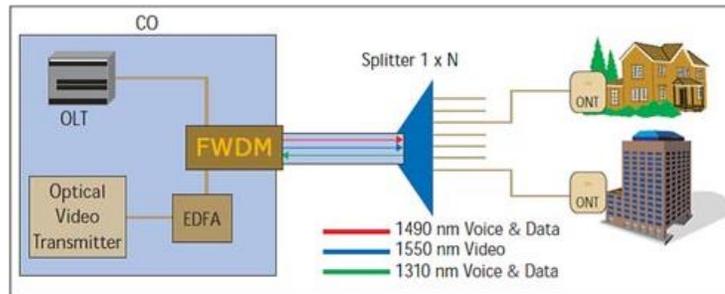


Figura 2. 37 Red PON incorporando FWDM y splitters  
Fuente: (COFITEL, 2012)

## EMPALMES O MANGAS

Los empalmes son aplicados cuando las longitudes de la fibra no cubren la distancia para enlazar los equipos e integrarlos a la red a nivel físico, o también en caso de eventos fortuitos en donde la fibra sufre algún daño o ruptura y necesita reemplazarse un tramo de esta puesto que dan continuidad a la fibra mediante uniones fijas como resultado de la fusión de dos fibras (Alvarez, 2017). Se ilustra la imagen de un empalme entre dos fibras, en la figura 2.38.

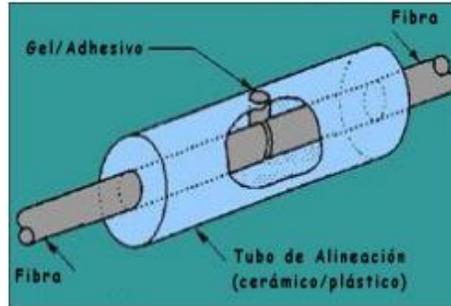


Figura 2. 38 Empalme entre dos Fibras Ópticas  
Fuente: (Alvarez, 2017)

## CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DROP

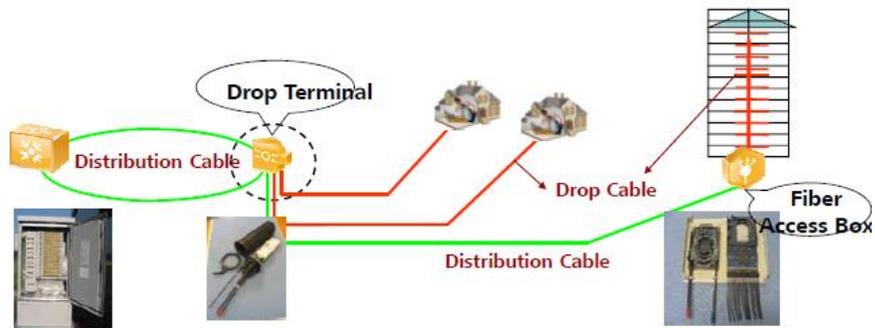


Figura 2. 39 Características del Cable DROP  
Fuente: (CNT EP, 2018)

- Diferentes soluciones para diferentes escenarios, incluyendo aéreo, enterrado y otros medios.
- Puede tener muchos tipos, incluida fibra blindada, cable de fibra blindada, fibra indoor/outdoor, etc.
- Diferentes núcleos (1, 2...8 núcleos) por cable Drop encuentra aplicación a diferentes requerimientos.

## CAPITULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

Se presenta los aspectos metodológicos, para el diseño e implementación de la red con tecnología GPON para los servicios de telefonía e internet apoyándose en métodos y técnicas.

### 3.1. Análisis y selección de los componentes de la red GPON

Para el diseño de la red GPON, se procede a seleccionar los componentes pasivos respectivamente, conforme sus especificaciones técnicas, acorde a los requerimientos de la red a implementar.

#### 3.1.1. Especificaciones técnicas de los elementos activos y pasivos

Entre los elementos activos se seleccionó como equipo de acceso la OLT MA5603T y como equipo terminal la ONT HG8245T, ambos de tecnología Huawei.

#### OLT MA5603T Outdoor

El equipo MA5603T se lo puede utilizar para implementar el esquema FTTC, el mismo que mediante un Uplink GPON se integra a la red a través de una OLT. Puede proporcionar servicio ADSL2+, VDSL2 y telefonía POTs. También se lo puede integrar a la red mediante Uplink GE conectándolo directamente a un switch.

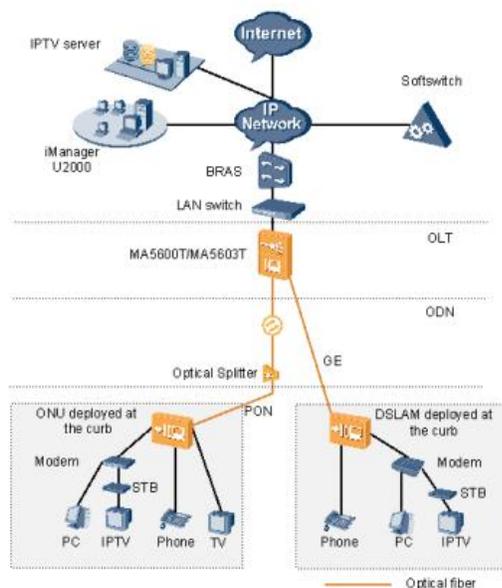


Figura 3. 1 Esquema FTTC  
Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

El equipo MA5603T es similar al MA5600T con la diferencia que tiene una capacidad de 6 tarjetas de servicio, 2 controladoras, 2 de Uplink, 2 de poder y 1 de interfaz especial GPIO. En las siguientes figuras 3.2 y 3.3 se puede verificar el diseño de hardware del equipo:



Figura 3. 2 Apariencia del equipo MA5603T  
Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

FAN	0	Service board		
	1	Service board		
	2	Service board		
	3	Service board		
	4	Service board		
	5	Service board		
	6	Control board		
	7	Control board		
	8	GIU	9	GIU
	10	Power	11	Power
			12	GPIO

Figura 3. 3 Layout tarjetas del equipo MA5603T  
Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

Equipo de Media Capacidad:

- Máximo número de puertos GPON: 96
- Máximo número de puertos XG-PON: 24
- Máximo número de puerto P2P: 288

## DESCRIPCION DEL HARDWARE

Para la implementación de los servicios en la comunidad Pile del cantón Montecristi provincia de Manabí, se empleará a nivel del equipamiento las siguientes tarjetas conforme se detallan en la siguiente tabla 3.1 y figura 3.4:

Tabla 3. 1 Tarjetas que conforman el Equipamiento

TIPO DE TARJETA	NOMBRE
Control (SCU)	SCUN
Uplink (GIU) - Puertos GE	GICK
Interfaz universal (GPIO)	CITD
Energía	PRTE
Servicio GPON	GPBH

Fuente: Elaborado por la Autora

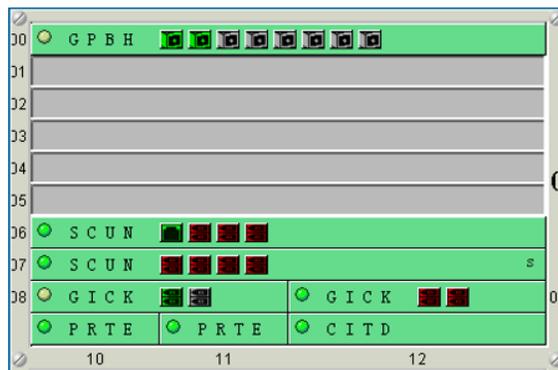


Figura 3. 4 Frame con el posicionamiento de tarjetas en los slots del MA5603T

Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

### TARJETA DE CONTROL SCUN

Es la tarjeta controladora del equipo MA5603T y MA5600T. Permite administrar los servicios de banda ancha, telefonía y GPON. En la figura 3.5 se muestran los puertos y la apariencia física de la tarjeta SCUN. Posee 4 posiciones para inserción de SFP óptico o eléctrico de 1GB para propósito de Uplink, sin embargo, se recomienda utilizar las tarjetas de Uplink GIU. Además, incluye puertos para configuración mediante

consola serial RS-232(CON), puerto de mantenimiento IP, para backup, upgrade, gestión (ETH) y puerto para envío de alarmas serial RS-485(ESC).

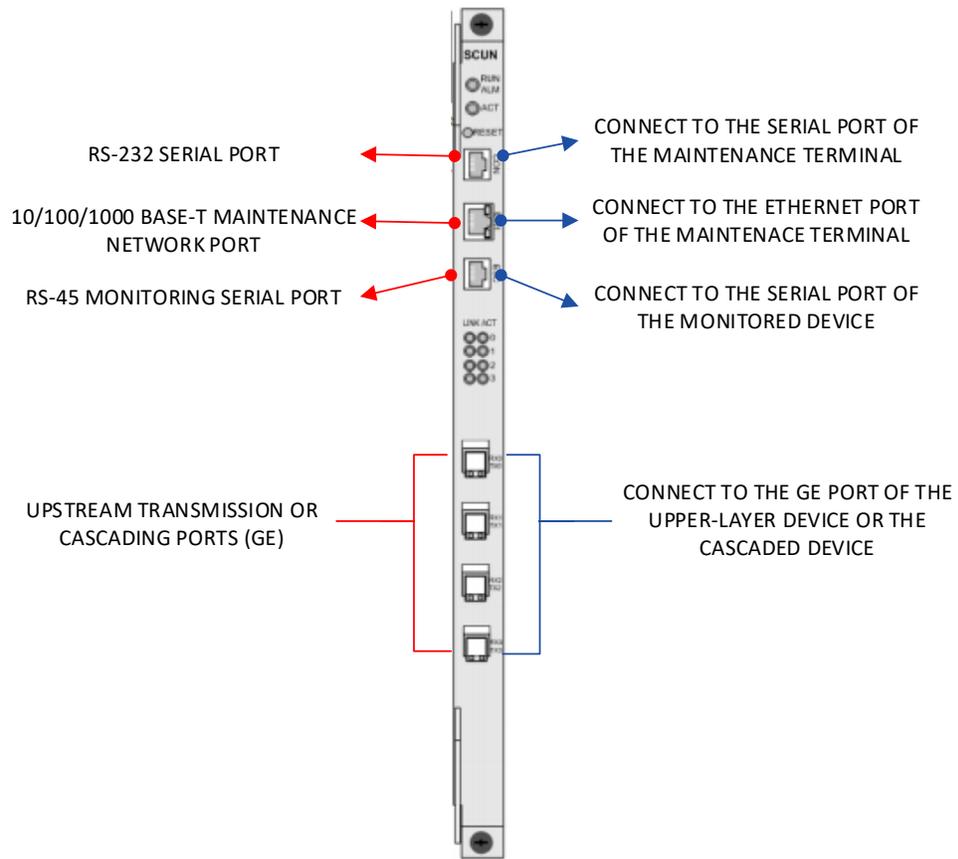


Figura 3. 5 Puertos y Apariencia Tarjeta SCUN  
Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

Tabla 3. 2 Atributos Tarjeta SCUN

TARJETA	REDUNDANCIA	TARJETA HIJA	PUERTO			
			CON	ETH	ESC	UPSTREAM
SCUN	Activa / Stand by Modo load-sharing	FLBA/ CKMC / M2XA	✓	✓	✓	4GE

Fuente: (Carrillo, 2018)

## TARJETA DE UPLINK GICK

Esta tarjeta tiene la función de proveer dos puertos GE para conexión de Uplink del equipo. Los zócalos permiten alojar únicamente SFP ópticos. Adicionalmente, esta tarjeta provee GE Ethernet Synchronouns (Ethernet Sincrónico) según la norma 1588V2. La figura 3.6 muestra la apariencia física y los puertos de los cuales dispone esta tarjeta.

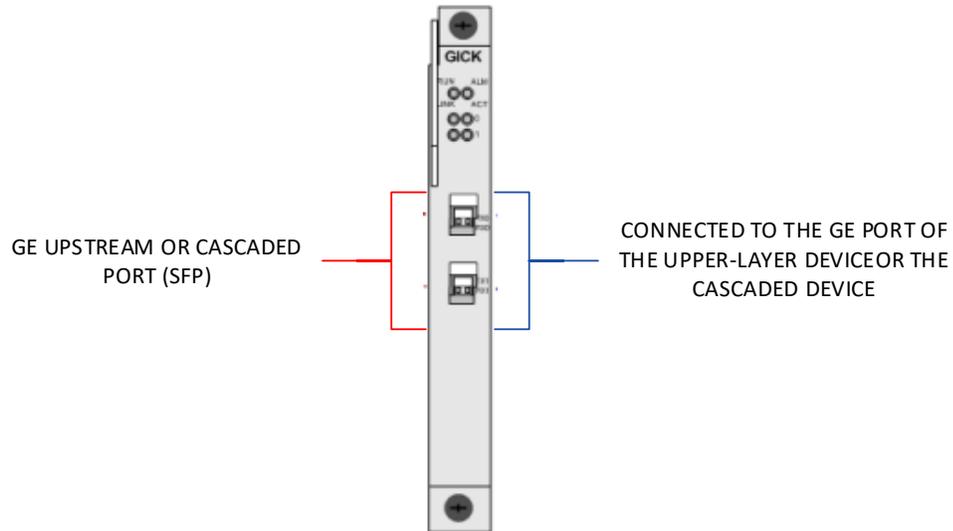


Figura 3. 6 Puertos y Apariencia tarjeta GICK  
Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

Tabla 3. 3 Atributos Tarjeta GICK

TARJETA	RELOJ	PUERTOS	MODULOS SFP		SCU
			OPT	ELECT	
GICK	GE synchronous Ethernet	2 GE	✓	X	SCUN SCUL SCUF SCUH

Fuente: (Carrillo, 2018)

## TARJETA DE SERVICIO GPON GPBH

La tarjeta GPBH provee servicio GPON, a través de 8 zócalos para inserción de SFP GPON, que pueden ser de la norma B+ (hasta 64 ONUs en cada puerto) o C+ (hasta 128 ONUs en cada puerto). La figura 3.7 muestra el diagrama de conexiones internas de las tarjetas y sus módulos, la figura 3.9 muestra la apariencia física y los puertos de los cuales dispone esta tarjeta.

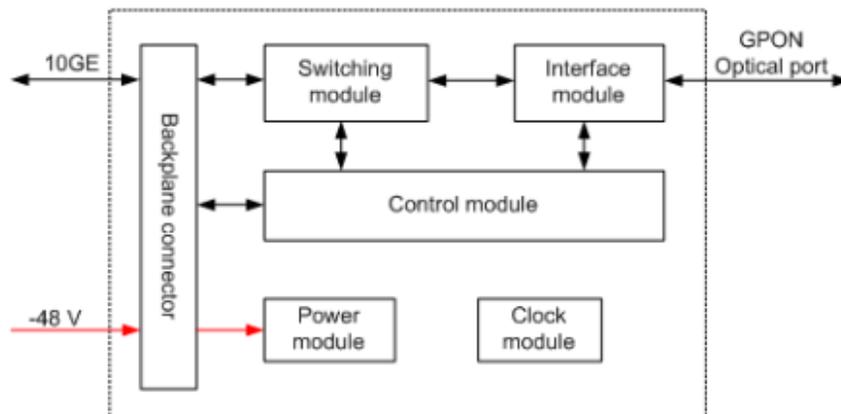


Figura 3. 7 Diagrama de interconexiones y módulos de la tarjeta GPBH  
Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

Junto a las ONTs, proveen el servicio de acceso GPON, véase la figura 3.8

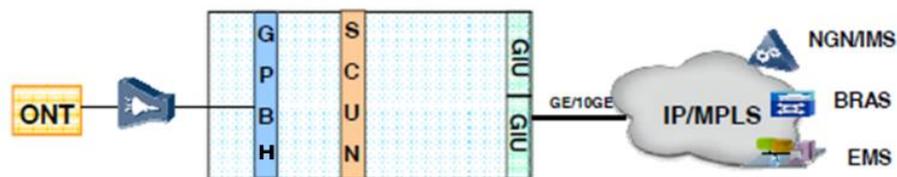


Figura 3. 8 Esquema de operación de la Tarjeta de Servicio  
Fuente: (Carrillo, 2018)

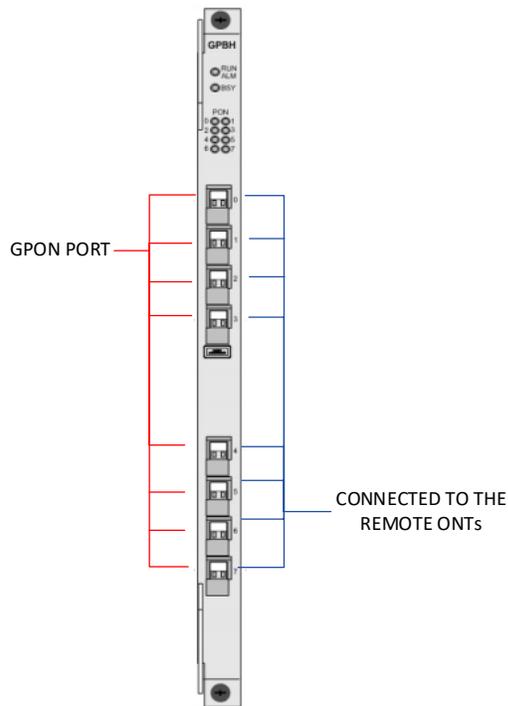


Figura 3. 9 Puertos y Apariencia Tarjeta GPBH  
Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

Tabla 3. 4 Atributos Tarjeta GPBH

TARJETA	PUERTOS	MODULO ÓPTICO	MÁXIMO SPLITTEO	SCU
GPBH	8	SFP (Clase B+, Clase C+)	1:128	SCUN

Fuente: (Carrillo, 2018)

Tabla 3. 5 Potencia Óptica de Standards Clase B+ y C+

Standards Compliance	Maximum Output Optical Power	Minimum Output Optical Power	Maximum Receive Sensitivity
Class B+	5 dBm	1.5 dBm	-28 dBm
Class C+	7 dBm	3 dBm	-30 dBm

Fuente: (Carrillo, 2018)

## TARJETA GPIO CITD

Esta tarjeta es del tipo de interfaz especial denominada GPIO en la nomenclatura Huawei. Su función es proveer puertos de entrada y salida de reloj de sincronismo y también entrada y salida de puertos para monitoreo de alarmas. Posee 7 entradas para alarmas con parámetros digitales y 1 salida para parámetros de controles digitales. 1 puerto Ethernet para monitoreo de alarmas de manera externa. La figura 3.10 muestra la apariencia física y los puertos de los cuales dispone esta tarjeta.

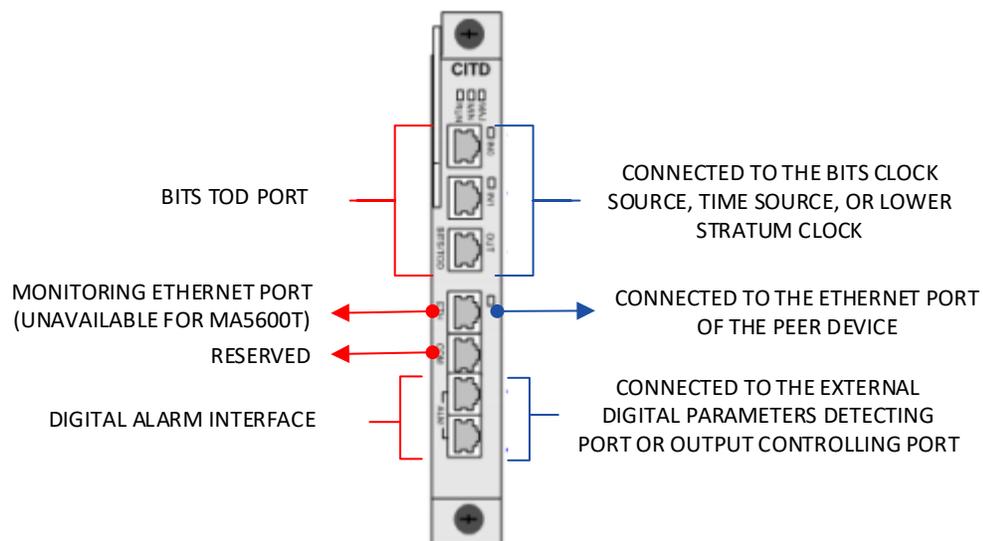


Figura 3. 10 Puertos y Apariencia CITD  
Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

Tabla 3. 6 Atributos Tarjeta CITD

TARJETA	BITS DEL RELOJ	ESC
CITD	Soporta 2 entradas de señal de reloj de BITS de 2 Mbit/s o 2MHz Soporta 1 salida de reloj de 2Mbit/s o 2MHz Soporta 2 entradas de señales de tiempo 1 PPS+TOD Provee puertos de reloj para EI	Provee 7 entradas y 1 salida de parámetros de alarma digital

Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

## TARJETA DE ENERGIA PRTE

Esta tarjeta es redundante (existen dos en el frame), y permite la energización del equipo mediante entrada de -48VDC. La figura 3.11 muestra la apariencia física y los puertos de los cuales dispone la tarjeta.

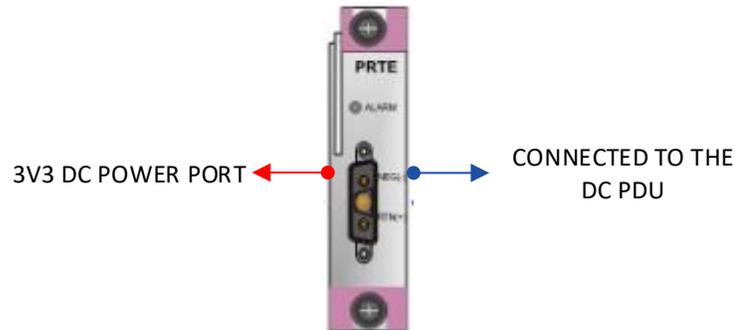


Figura 3. 11 Puertos y Apariencia Tarjeta PRTE  
Fuente: (HUAWEI CO, 2015)

Tabla 3. 7 Atributos Tarjeta PRTE

TARJETA	FUNCIONES
PRTE	Entrada de -48V Detecta caída de voltaje. Detecta disponibilidad y fallas de la entrada de energía LED de alarma

Fuente: (Carrillo, 2018)

## ONT HG8245 - HG8245H

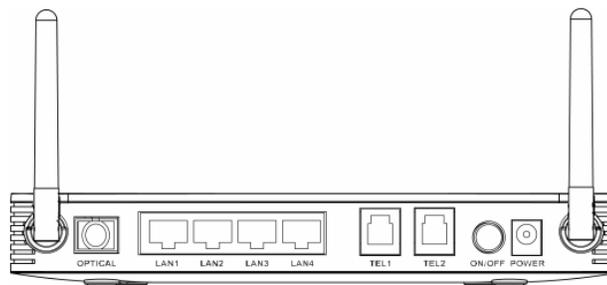


Figura 3. 12 Ports on the rear panel of the HG8245T  
Fuente: (HUAWEI CO, 2018)

Tabla 3. 8 Descriptions of the ports on the rear panel of the HG8245T

PORT AND BUTTON	FUNCTION
OPTICO	El puerto óptico está equipado con un enchufe de caucho y está conectado a una fibra óptica para transmisión upstream El tipo de conector óptico conectado al puerto OPTICO es SC/APC.
LAN 1 - LAN 4	Puertos Ethernet 10/100 / 1000M Base-T de detección automática (RJ-45), utilizado para conectarse a PC o IP STB.
TEL1-TEL2	Puertos telefónicos VoIP (RJ-11), utilizados para conectarse a los puertos en aparatos telefónicos del suscriptor
ON/OFF	Botón de encendido / apagado, usado para encender o apagar el dispositivo.
POWER	Puerto de alimentación, utilizado para conectarse al adaptador de alimentación o batería de respaldo

Fuente: (HUAWEI CO, 2018)

## APLICACIONES DE RED

En un escenario FTTH existen 3 tipos de configuraciones para la ONT:

### 1. Bridging ONT + HGW:

Los servicios se implementan en el HGW (Home Gateway). La ONT trabaja junto con la OLT para proveer canales de Layer 2.

### 2. Bridging + Voice ONT:

La ONT provee datos de Layer 2 y servicios de voz. Este escenario implica canales de transmisión transparentes y configuración de servicios simple:

- Los datos de user/password se configuran en la PC. Puede acceder a internet usando DHCP o una IP estática.
- La ONT tiene un módulo embebido que encapsula los paquetes de voz. La OLT los transmite a la NGN/IMS.

### 3. HGW ONT:

Facilita la interconexión de los dispositivos del hogar brindando servicios de Layer 3, como PPPoE/DHCP, dial-up, NAT, e IGMP snooping. Este escenario brinda mejor administración de los canales y control de servicio.

## ELEMENTOS PASIVOS

Tabla 3. 9 Especificaciones Técnicas de Elementos Pasivos

ELEMENTO	DESCRIPCION	FIGURA
Fibra Óptica	Hilo de vidrio, flexible y frágil, cada hilo está compuesto por un núcleo, un revestimiento y un recubrimiento	
Splitter	Elemento pasivo que permite multiplexar la señal óptica en varios canales	
Manga de Empalme	Elemento utilizado para sellar herméticamente los empalmes aéreos y canalizados	
Caja de Distribución Óptica	Es un punto de conexión entra la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado	
Roseta Óptica	Caja Terminal Óptica	

Fuente: (Quisnancela & Espinosa, 2016)

## MEDIOS FISICOS DEPENDIENTES

En la Tabla 3.10 se indican los valores de referencia de los elementos de una ODN

Tabla 3. 10 Valores de referencia de los medios físicos dependientes(ITU-T G.984.x)

<b>Medios físicos dependientes.</b>	
Máxima velocidad Downstream:	2,488 Gbit/s.
Máxima velocidad Upstream:	1,244 Gbit/s.
Máximo alcance físico	20 Km
Máximo alcance lógico	60 Km
Atenuación en puntos de fusión.	≤ 0,30 dB
Atenuación en conectores mecánicos.	≤ 0,50 dB
Atenuación en conectores.	≤ 0,75 dB
Atenuación en mangas.	≤ 0,15 dB
Margen de seguridad	+3 dB
Atenuación $\lambda = 1310$ nm	0,35 dB/Km
Atenuación $\lambda = 1550 / 1490$ nm	0,22 dB/Km
Divisor óptico (splitter)	
1:64	≤ 20,5 dB
1:32	≤ 17,5 dB
1:16	≤ 13,8 dB
1:8	≤ 10,6 dB
1:4	≤ 7,5 dB
1:2	≤ 3,8 dB

Fuente: (Quisnancela & Espinosa, 2016)

### 3.1.2. Selección de los Elementos Activos y Pasivos

Para determinar el objetivo referente al diseño, se debe analizar y definir las características técnicas de los dispositivos y elementos que se van a montar: tipos de cables, conectores, balance de potencia, dispositivos activos y pasivos conectados a la fibra óptica, atenuaciones, sensibilidad de los receptores.

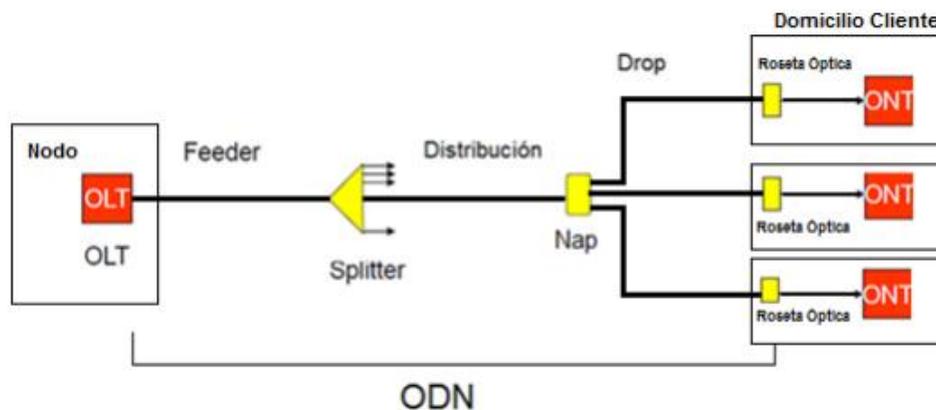


Figura 3. 13 Esquema global de una red PON

Fuente: (CNT EP, 2015).

Como se puede apreciar en la figura 3.13, la ODN está constituida de: Feeder, Distribución y Drop.

**Feeder:**

Está conformado por los conectores de FO del nodo y llegan al gabinete (FDT) o punto de distribución (NAP), aquí se multiplexa la fibra óptica hacia los clientes a través de los splitters de red. El cable de fibra óptica empleado para el segmento de Feeder es de alta capacidad (144 pares o 288 hilos) y tiene como estándar la aplicación de la norma G.652 D.

**Distribución:**

Este segmento va de los armarios a las cajas de distribución de poste o pozo, también conocidos como NAP (Network Access Point). Para el caso de edificios, el segmento de distribución interna va de la FDB a las cajas de piso o FDF (Fiber Distribution Frame). Este tipo de cable de fibra óptica tiene una capacidad de 6 a 96 hilos y cumple con la norma G. 652.D.

**Drop:**

El segmento de Drop es aquel que va de las NAP para el caso de masivos o de las FDF en el caso de edificios, hasta la roseta del cliente en su domicilio, de considerarse necesario, se puede utilizar una caja de transición para el cable Drop exterior e interior. Este tipo de cable posee de 1 a 2 fibras óptica y debe cumplir con la norma G. 657. B.

**3.2. Topologías y Tipos de Protecciones**

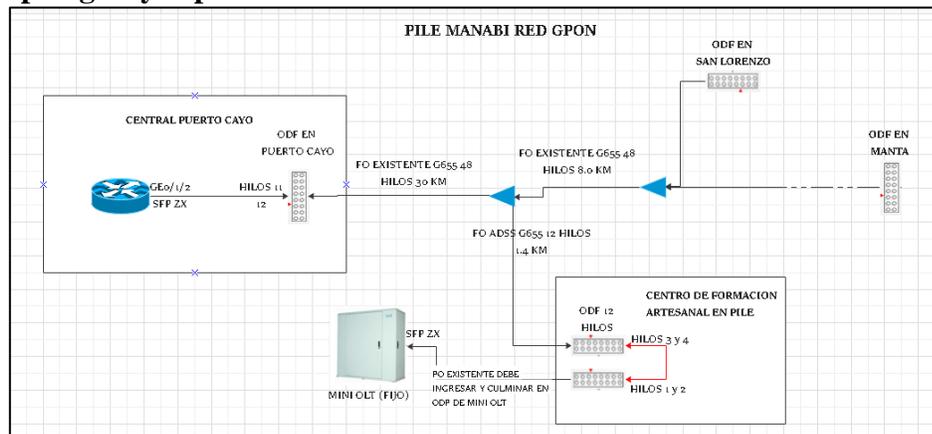


Figura 3. 14 Diseño de Integración de MINI OLT MA5603T a la Red

Fuente: Elaborado por la Autora

A nivel del medio de Tx Capa1, se cuenta con un enlace entre los ODFs Manta – Puerto Cayo, en medio del tramo hay dos niveles de multiplexación, en donde, del primer nivel de spliteo se enlaza el ODF en San Lorenzo, y sale un cable de FO de 48 hilos el cual cumple con la norma ITU-T G.655, con una longitud de 8 km en donde se realiza el segundo nivel de spliteo de donde mediante un cable de FO de 48 hilos, el cual cumple la norma ITU-T G.655, se interconecta el ODF en Puerto Cayo ubicado a 30 km de distancia.

De este segundo spliteo también sale un buffer de fibra óptica Auto-Soportada (ADSS) de 12 hilos, el cual cumple con la norma ITU-T G.655, con una longitud de 1.4 km, se enlaza al ODF de la Comunidad de Pile, ubicado en el Centro de Formación Artesanal, el cual es de 12 hilos, en donde se interconecta a los hilos de la posición 3 y 4 y desde los hilos 1 y 2 sale la fibra óptica que debe ingresar y culminar en el ODF de la Mini OLT. Del ODF de la Mini OLT, se conecta un patchcord SC/APC-LC/PC a través de un módulo SFP ZX al puerto de Uplink 0/8 0 de la tarjeta de enlace GICK de la OLT.

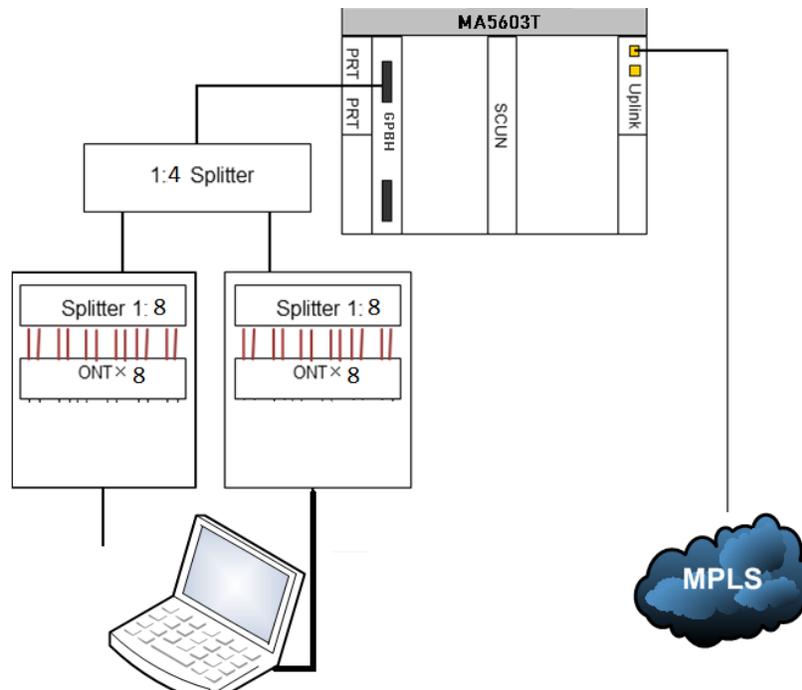


Figura 3. 15 Esquema de Spliteo desde la OLT hasta la ONT  
Fuente: Elaborado por la Autora

Desde la OLT, a través de la tarjeta de servicio GPBH, se provisionan los servicios al cliente final, para el diseño que se implementa, lo que es a nivel de voz e internet, desde ésta, por cada puerto PON, sale un Patchcord de FO SC/PC, y llega al ODF PI con un conector de FO FC/APC mediante un adaptador SC/FC.

Se realiza un patcheo entre el ODF PI y el ODF PE, para ello sale un patchcord de FO del ODF PI SC/APC y llega la ODF PE con un conector de FO SC/APC mediante un adaptador SC/SC.

El cable de fibra óptica que sale del ODF PE es también SC/APC. Conforme al esquema de spliteo a emplear en la ODN, es de dos niveles de 1:4 y de 1:8.

A partir de aquí, los demás elementos que conforman la ODN en sus diferentes segmentos de red como el de distribución y drop, utilizan patchcord con conectores SC/APC y adaptadores SC/SC hasta llegar a la ONT. En la siguiente tabla, se muestra el cuadro de conectores y adaptadores empleados en la red PON.

Tabla 3. 11 Conectores y Adaptadores en una red PON

<b>ELEMENTOS DE UNA RED PON</b>					
<b>CABLE</b>	<b>ELEMENTOS</b>		<b>CONECTOR</b>	<b>ADAPTADOR</b>	<b>PATCHCORD</b>
<b>FEEDER</b>	OLT		SC/PC	SC/FC	FO ITU-T G.652.D
	ODF	PI	FC/APC	SC/SC	
			SC/APC		
	PE		SC/APC		
			SC/APC		
	FDT		SC/APC	SC/SC	
<b>DISTRIBUCION</b>	FAT/NAP		SC/APC	SC/SC	
			SC/APC		
<b>DROP</b>	TB/ATB		SC/APC	SC/SC	FO ITU-T G.657.B
			SC/APC		
	ONT		SC/APC	-	

Fuente: Elaborado por la Autora

En la figura 3.16, se muestra de forma generalizada el diseño de la Red de Distribucion GPON para la Comunidad Pile.

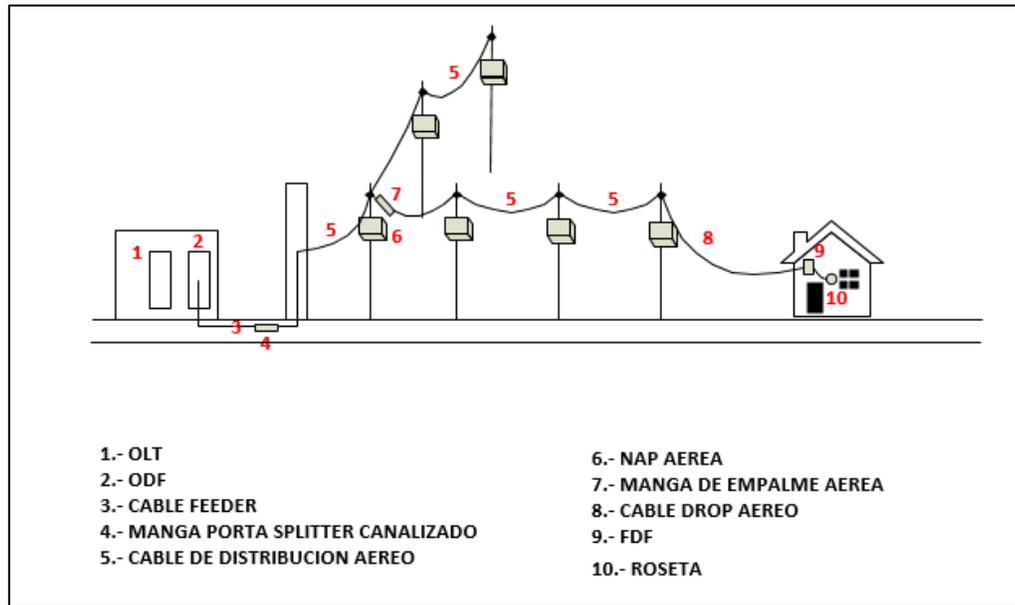


Figura 3. 16 Esquema de la red GPON de Pile  
 Fuente: (Cortes, 2016)

### 3.3. Requisitos de AB en dependencia del número de usuarios

Al referirse a la prestación y ancho de banda (AB), se considera la simultaneidad, en la transmisión y admisión de información en horas pico, así como el número de canales de Broadcast TV, para IPTV son 60, cada uno con velocidad promedio de 8 Mbps, por eso se emplea GPON en el diseño con el recurso de puertos bidireccionales (Cortes, 2016).

Es importante el AB porque corresponde a la QoS y la complacencia de los suscriptores, siendo necesario saber el AB total para el envío de cada prestación y la relación con los divisores de nivel 1 y 2 (Cortes, 2016). Por eso, se plantea el siguiente método:

$$HSI + IPTV + VoIP \times 2 = 30 + 24 + 0.2 \times 2 = 54.2 \text{ Mbps (3.1)}$$

Tabla 3. 12 Tipos de Servicios y Anchos de Banda

Servicio	Ancho de Banda (Subida)	Ancho de Banda (Bajada)
Acceso a Internet (HSI)	1 Mbps	30 Mbps
IPTV (Tres canales simultaneos (3 x 8 Mbps))	100 Kbps	24 Mbps
Servicios Telefonicos (2 en total)	200 Kbps	200 Kbps
<b>Total</b>		<b>54.2 Mbps</b>

Fuente: (Cortes, 2016)

La información para determinar el AB corresponden al de bajada, tabla 3.12 para brindar estas prestaciones. Los 54.2 Mbps, alcanzan al suscriptor de modo eficaz y perenne, la relación de divisores de los dos niveles es objetiva, considera la cantidad de señales en cada puerto de los divisores (figura 3.17) (Cortes, 2016).

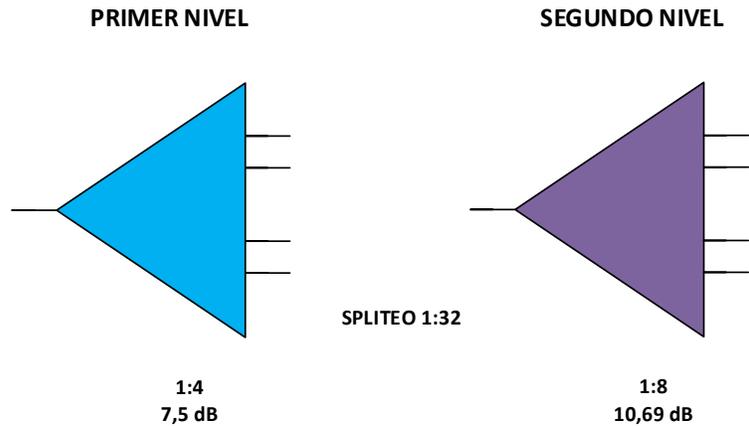


Figura 3. 17 Relación de divisores y AB.

Fuente: (Cortes, 2016)

La relación mostrada corresponde a una pérdida de inyección de 7.5 y 10.69 dB en cada divisor y un AB de 2.214,4 Mbps en la OLT en su puerto GPON. La velocidad se determina así (Cortes, 2016):

$$54,2 \times 32 + 60 \times 8 = 2.214,4 \text{ Mbps (3.2)}$$

El AB útil es menor al promedio de 2.500 Mbps, de un puerto PON, y admite ofrecer las prestaciones a los suscriptores (Cortes, 2016).

### **3.4. Descripción del Escenario de Diseño de la Arquitectura de la Red**

La elección de la fibra óptica refiere a optar por la clase monomodo o multimodo, en donde la primera es aplicada por sus bondades en tendidos de mayor distancia por su nula dispersión intermodal. La fibra multimodo posee un cono de aceptación más ancho por lo tanto su costo de manipulación es menor.

Se considera una red distribuida en dos fases, divisores de nivel 1 y 2 por zonas, por el incremento de tasa de crecimiento, pero con una correspondencia única relacionando los divisores de los dos niveles, en donde la instalación de fibra óptica será canalizada por razones de seguridad, considerando los centros de distribución correspondiente a los splitters de primer nivel en todo el recorrido (Cortes, 2016). La longitud de la fibra óptica en el proceso de canalización va desde el patchcord que sale del ODF PE, ubicado en el mismo FDT tipo outdoor hasta el primer nivel de spliteo realizado, a través de una manga porta splitter canalizado, corresponde a un máximo de 0.021 km; en otras palabras, esto es desde la OLT hasta el punto de distribución (poste por donde sube la fibra óptica e inicia el cableado aéreo), siendo así lo que respecta al segmento de cable Feeder, el cual debe cumplir con la norma ITU-T G.652.D.

Convirtiéndose la manga porta splitter canalizado, en la unión del Feeder y la distribución, a través del primer nivel de spliteo en este caso de 1:4; aquí se conectan los cables primarios y secundarios, funciona como reflejo del ODF del equipo de acceso.

La red de distribución es aquella que, en base a esta arquitectura, está conformada por cables de fibra óptica aérea, splitters, empalmes y las cajas de distribución o NAP,

donde se realiza el spliteo de segundo nivel. Este segmento de red comprende el cableado óptico entre el FDH y las NAP, el cual cumple con la norma ITU-T G.652.D.

En las NAP, se realiza la interconexión entre la red de distribución y la de dispersión, esto es la conexión individual de cada suscriptor. Por consiguiente, en las NAP, serán ubicados los splitters de segundo nivel para una distribución de los servicios hacia el usuario, de acuerdo al de 1:8. En donde los puertos de salida hacia la red de dispersión son de tipo SC/APC.

Se debe considerar que los cables de acometida no deben atravesar las calles, deben ser canalizados y como sucede en otras tecnologías el método de spliteo a aplicar debe ser determinado para los de primer y segundo nivel; siendo este caso en el que se aplica la técnica de empalme por fusión, uno en la entrada y salida del splitter, con dos conectores en el distribuidor óptico para enlazar la FO y la OLT, mediante el uso de una fusionadora en donde el proceso de armado incluye preparar las fibras ópticas sin su revestimiento y su corte a 90°, luego se alinean los núcleos entre si logrando su unión con la aplicación de un arco eléctrico producido entre dos electrodos (Cortes, 2016).

Dichos empalmes, cuya función es enlazar tramos, conectores y terminaciones de fibra óptica; están dentro de mangas que dan soporte mecánico a estos, su finalidad es encerrar herméticamente estas conexiones instaladas en determinados puntos de la red, brindando protección, seguridad y prevención ante efectos generados por las condiciones del entorno. El nivel de pérdida a considerar en cada empalme por fusión es de 0.1 dB y en cada conector de 0.5 dB.

Los cables que salen de la NAP, se fraccionan en dos ramales, uno al FDF y el otro al suscriptor, pero para este diseño de red va directamente desde las NAP a través de un cable Drop aéreo tipo exterior basado en la norma ITU-T G.657.B hasta la FDF y luego a la roseta, la cual se ubica en el interior del inmueble, cerca de una toma de energía eléctrica. El ingreso del cable Drop se realiza por el plug A; también posee para

conexión de dos pigtails, de los cuales el que esté ubicado en la posición uno de izquierda a derecha se fusiona con el hilo de color azul del cable Drop. Véase la figura 3.18

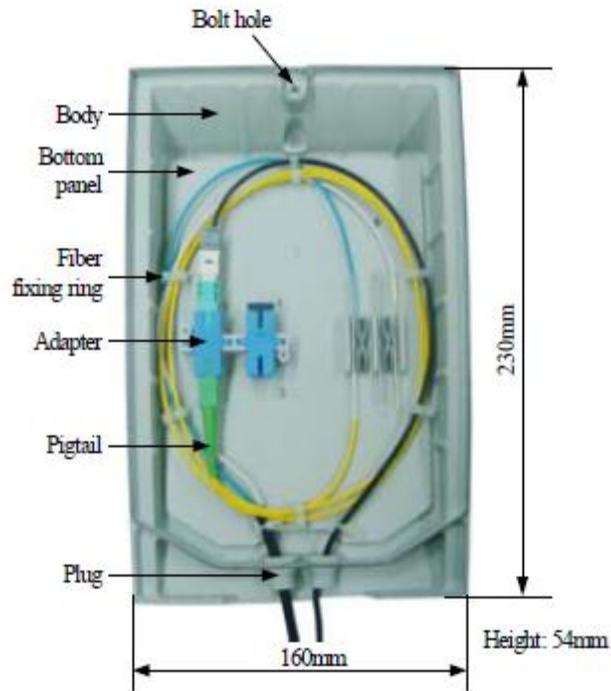


Figura 3. 18 Roseta Óptica y sus partes  
Fuente: (CNT EP, 2018)

Obteniendo que la atenuación de la fibra óptica es de 0.4 dB y entre la OLT y la ONT la pérdida de inserción es de 22.05 dB, hay que estimar una lista de atributos y propiedades técnicas de todos los elementos que intervienen y son insertados en el proceso de comunicación, no solo del medio de comunicación, así como también considerar la ubicación de los elementos de interfaz hacia el backbone y hacia el cliente. Para este diseño, se ubicó la OLT en el centro de la Comunidad a una distancia de 500 m del usuario más alejado, de una extensión total de 1 km.

### 3.5. Análisis y Balance de Potencia Óptica

El cálculo de la atenuación óptica es uno de los principales elementos en el diseño de una red óptica, ya que es el cálculo teórico de las pérdidas ópticas. En la Ecuación (3.3)

se indican los elementos que se deben considerar en el cálculo de la atenuación óptica en todo el trayecto de la ODN. En otras palabras, el presupuesto de pérdida óptica es una denotación de cómo se empleará la potencia óptica disponible.

$$x = (a + b) + (c * d) + (e * f) + (g * h) \text{ Ec. (3.3)}$$

Dónde:

x: Atenuación total teórica [dB]

a y b: Atenuación del splitter 1 y splitter 2 [dB]

c: Atenuación de la longitud de onda [dB/Km]

d: Distancia del enlace a diseñar [Km]

e: Atenuación del punto de empalme [dB]

f: Cantidad total de puntos de empalme en el enlace [u]

g: Atenuación de los conectores [dB]

h: Cantidad total de conectores en el enlace [u]

La Figura 3.19 presenta un diagrama unifilar de una ODN con los elementos constructivos de la red de acceso, a fin de determinar la atenuación teórica de extremo a extremo utilizando la ecuación.

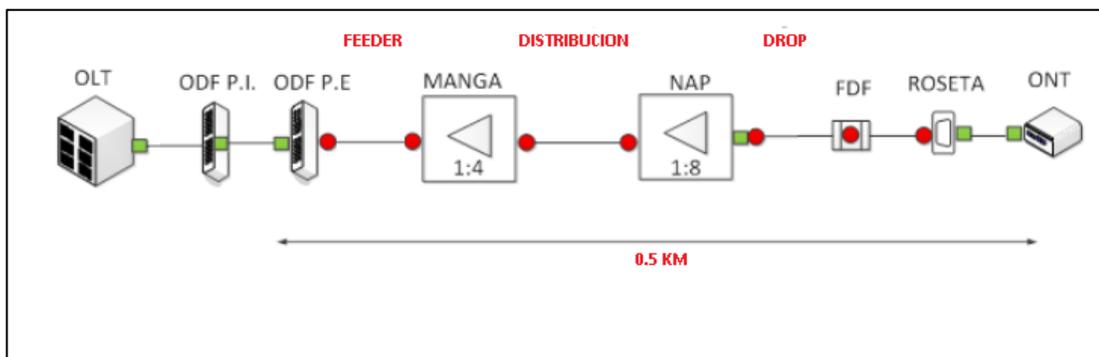


Figura 3. 19 Diagrama, presupuesto óptico  
Fuente: Elaborado por la Autora

En la tabla 3.13 se realiza el cálculo óptico del diagrama propuesto en la Figura 3.19 y se compara con las pruebas técnicas realizadas en campo mediante el uso de la herramienta OTDR, se comprueba que los valores de atenuación total obtenidos son menores a los presentados teóricamente, determinando que el diseño de la red y su implementación cumplen con la normativa ITU-T G.984.2

Tabla 3. 13 Comparación Valores Teóricos y medidos del Presupuesto Óptico.

<b>CALCULO DEL PRESUPUESTO OPTICO</b>						
<b>ELEMENTO</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR ATENUACION NORMA G.984.D [dB]</b>	<b>VALOR TEORICO TOTAL [dB]</b>	<b>MEDICION OTDR [dB]</b>	<b>VALOR TOTAL MEDICION OTDR [dB]</b>
Fusiones		7 u	0,1	0,7	0,1	0,7
Conectores		6 u	0,5	3	0,497	2,98
Splitters	1x4	1 u	7,5	7,5	7,5	7,5
	1x8	1 u	10,6	10,6	10,69	10,69
Longitudes de Onda	1310 nm	0.5 km	0,35	0,175	0,173	0,173
	1490 nm	-	0,22	0	0	0
	1550 nm	-	0,22	0	0	0
<b>Presupuesto optico teorico total (dB)</b>				<b>21,98</b>		<b>22,05</b>
<b>Calculo con Maxima distancia DROP. (Estos valores corresponden al usuario mas alejado de la red)</b>			Feeder			0,021 km
			Distribucion			0,449 km
			Dispersion			0,030 km
			<b>TOTAL DISTANCIA (Km)</b>			<b>0,500 km</b>

Fuente: Elaborado por la Autora

### 3.6. Configuración de Equipos

Luego de haber realizado el montaje del sistema de acceso se procede a configurar el equipo mediante CLI (Command Line Interface) para su habilitación e integración a la red con el fin de que se provean los servicios.

También se realiza la configuración vía browser del CPE (Customer Premises Equipment, Equipo Local del Cliente), el cual permite brindar los servicios de datos, internet, voz, video.

#### 3.6.1. Configuración de OLT y ONT

##### CONFIGURACION DE LA OLT MA5603T

Una vez energizado el equipo es necesario realizar una configuración inicial para que funcione correctamente. Básicamente consiste en la configuración SNMP para gestión mediante el servidor U2000 y también la configuración para dar el servicio de VoIP

más Internet. En el siguiente ejemplo se considera la VLAN 1000 como la de gestión y se le asigna una IP 10.50.1.10. Adicionalmente se utilizará la VLAN 250 para servicio de VoIP de señalización 10.150.1.101 e IP de media 10.150.1.102.

Agregar las tarjetas que conforman el equipamiento del MA5603T:

```
MA5603T(config)#board add 0/0 h807gpbh
MA5603T(config)#board confirm 0/0
```

La configuración SNMP es la siguiente:

```
MA5603T(config)#snmp-agent community read pubcrghpa1
MA5603T(config)#snmp-agent community write pricwghpa2
MA5603T(config)#snmp-agent sys-info version v2c
MA5603T(config)#snmp-agent trap enable standard
MA5603T(config)#snmp-agent target-host trap-hostname NMS address
10.10.1.10 udp-port 162 trap-paramsname U2000
MA5603T(config)#snmp-agent target-host trap-paramsname U2000 v2c
security name pricwghpa2
MA5603T(config)#snmp-agent trap source vlanif 1000
```

La configuración de VLANs e IP de gestión es la siguiente:

```
MA5603T(config)#board confirm 0
MA5603T(config)#vlan 1000 standard
MA5603T(config)#vlan 350 smart
MA5603T(config)#vlan 250 smart
MA5603T(config)#interface vlanif 1000
MA5603T(config-if-vlanif200)#ip address 10.50.1.10 24
MA5603T(config-if-vlanif200)#quit
```

Se requiere grabar la configuración y seleccionar el electro-switch correcto para que el servicio de telefonía funcione correctamente:

```
MA5603T(config)#save
{ <cr>|Configuration<K>|data<K> }:
  Command:
    Save
MA5603T#
  It will take several minutes to save configuration file, please
wait...
```

```

MA5603T#
  Configuration file had been saved successfully
MA5603T#
  1 [YYYY-MM-DD HH:MM:SS{+|-}hh:mm]:The data of x slot's control
board is saved
Completely

```

También es necesario seleccionar el electro-switch correcto para habilitar a las tarjetas de Uplink como las principales, en vez de los puertos que provee la controladora:

```

MA5603T(config)#electro-switch 0 location-1
Command:
      Electro-switch 0 location-1
Set electronic switch will automatically save data and reboot
system, are you
Sure to make the operation? (y/n) [n]:y

```

La configuración para el servicio GPON HSI es la siguiente:

Tabla 3. 14 Ejemplo Configuración Servicio GPON HSI

TYPE	ONU	C-VLAN	GEM	DBA	TCONT	Traffic Table	S-VLAN	OLT Port
HSI	ETH2	20	1	22	4	40: 10M/20M	350 QinQ	GPON: 0/1/0 Upink: 0/8/0

Fuente: Elaborado por la Autora

Se procede a crear la VLAN para el servicio HSI, se configura sus atributos y se asocia al puerto de uplink:

```

MA5603T(config)#vlan 350 smart
MA5603T(config)#vlan desc 350 description "350_HSI_GPON"
MA5603T(config)#vlan attrib 350 q-in-q
MA5603T(config)#port vlan 350 0/8 0

```

Se configura el DBA-Profile para HSI:

```

MA5603T(config)#dba-profile add profile-id 22 profile-name "HSI"
type3 assure 10240 max 20480

```

Se añade un LineProfile para la ONT, se asocia el t-cont con el dba-profile, el gem port al t-cont, se configura un modo de mapeo, se habilita el modo de mapeo entre el gem port y la user VLAN para HSI:

```
MA5603T(config)#ont-lineprofile gpon profile-id 5 profile-name
"RESIDENCIAL"
MA5603T(config-gpon-lineprofile-5)#tcont 4 dba-profile-id 22
MA5603T(config-gpon-lineprofile-5)#gem add 1 eth tcont 4
MA5603T(config-gpon-lineprofile-5)#mapping mode vlan
MA5603T(config-gpon-lineprofile-5)#gem mapping 1 0 vlan 20
MA5603T(config-gpon-lineprofile-5)#commit
```

Se crea un Service Profile para la ONT, se configura el número de puertos para la ONT y se pasa la VLAN nativa por los puertos de la ONT:

```
MA5603T(config)#ont-srvprofile gpon profile-id 15 profile-name
"HG8245"
MA5603T(config-gpon-srvprofile-15)#ont-port eth 4 pots 2
MA5603T(config-gpon-srvprofile-15)#port vlan eth 2 50
MA5603T(config-gpon-srvprofile-15)#commit
```

Se habilita la auto búsqueda de ONT en la OLT, se la confirma y se añade la ONT, se configura también la VLAN nativa:

```
MA5603T(config)#interface gpon 0/1
MA5603T(config-if-gpon-0/1)#port 0 ont-auto-find enable
MA5603T(config-if-gpon-0/1)#ont confirm 0 ontid 0 sn-auth
32303131D659FD40 omci ont-lineprofile-id 5 ont-srvprofile-id 15
MA5603T(config-if-gpon-0/1)#ont port native-vlan 0 0 eth 2 vlan 50
MA5603T(config-if-gpon-0/1)#quit
```

Se crea una tabla de tráfico para HSI:

```
MA5603T(config)#traffic table ip index 40 name "10M_X_20M" cir 10240
pir 20480 cbs 20480 pbs 40960 priority 0 priority-policy local-
setting
```

Se añade un service port para el aprovisionamiento de VLAN para HSI:

```
MA5603T(config)#service-port 2 vlan 350 gpon 0/1/0 ont 0 gemport 1
multi-service user-vlan 20 inbound traffic-table index 40 outbound
traffic-table index 40
```

La configuración para el servicio GPON VoIP es la siguiente:

Tabla 3. 15 Ejemplo Configuración Servicio GPON VoIP

TYPE	ONU	C-VLAN	GEM	DBA	TCONT	Traffic Table	S-VLAN	OLT Port
VoIP	Tel	10	3	12	6	42: 2M/4M	250	GPON: 0/1/0 Upink: 0/8/0

Fuente: Elaborado por la Autora

Se procede a crear la VLAN para el servicio VoIP, se configura sus atributos y se asocia al puerto de Uplink:

```
MA5603T(config)#vlan 250 smart
MA5603T(config)#vlan desc 250 description "250_VOIP_GPON"
MA5603T(config)#port vlan 250 0/8 0
```

Se configura el DBA-Profile para VoIP:

```
MA5603T(config)#dba-profile add profile-id 12 profile-name "VOIP"
type1 fix 2048
```

Se configura el LineProfile de la ONT creado, se asocia el t-cont con el dba-profile, el gem port al t-cont, se habilita el modo de mapeo entre el gem port y la user VLAN para VoIP:

```
MA5603T(config)#ont-lineprofile gpon profile-id 5 profile-name
"RESIDENCIAL"
MA5603T(config-gpon-lineprofile-5)#tcont 6 dba-profile-id 12
MA5603T(config-gpon-lineprofile-5)#gem add 3 eth tcont 6
MA5603T(config-gpon-lineprofile-5)#gem mapping 2 0 vlan 10
MA5603T(config-gpon-lineprofile-5)#commit
```

En el Service Profile para la ONT creado se pasa la VLAN por los puertos habilitados:

```
MA5603T(config)#ont-srvprofile gpon profile-id 15 profile-name
"HG8245"
MA5603T(config-gpon-srvprofile-15)#port vlan iphost 250
MA5603T(config-gpon-srvprofile-15)#commit
```

Se crea una tabla de tráfico para VoIP:

```
MA5603T(config)#traffic-table ip index 42 name "2M_X_4M" cir 2048
pir 4096 cbs 2048 pbs 4096 priority 0 priority-police local-setting
```

Se añade un service port para el aprovisionamiento de la VLAN para VoIP:

```
MA5603T(config)#service-port vlan 250 gpon 0/8 0 ont 0 gempport 1
multi-service user-vlan 10 rx-cttr 42 tx-cttr 42
```

Ahora bien, la ruta por defecto debe configurarse hacia el Gateway de telefonía VoIP, para que las funciones de voz se transmitan correctamente. Debido a esto es necesario crear otra ruta para la gestión del equipo en el servidor U2000 a través de la VLAN 1000.

```
MA5603T(config)#ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.150.1.1
MA5603T(config)#ip route-static 10.10.1.0 255.255.255.0 10.50.1.1
```

## INTEGRACION DEL EQUIPO

Para que el equipo quede integrado a la red a través de un equipo de conexión superior, existen dos formas de realizarlo:

- 1) Mediante uplink GE hacia un ruteador
- 2) Mediante uplink GPON hacia una OLT(cascada)

Para este caso, se lo ejecuta mediante la primera opción.

### Mediante Uplink GE hacia un ruteador

El paso de VLANs hacia el uplink depende de donde se encuentre la tarjeta correspondiente. Mediante un comando `display board 0`, es posible verificar las tarjetas de uplink:

```
MA5603T(config)#display board
-----
  Slot ID   Board Name   Status           SubType0   SubType1
Online/Offline
-----
  0         H807GPBH    Auto_find
  1
  2
  3
  4
  5
  6         H802SCUN    Active_normal    FLBA
  7         H802SCUN    Standby_normal   FLBA
```

8	H801GICK	Normal
9	H801GICK	Normal
10	H801PRTE	Normal
11	H801PRTE	Normal
12	H801CITD	Normal

---

Al ejecutar el comando `display board`, se observa que la tarjeta de Uplink GPON (H801GICK) está instalada en los slots 0/8 y 0/9 respectivamente, por lo tanto, los comandos referentes al paso de las VLANs deben estar acorde a esto, de acuerdo con lo siguiente:

```
MA5603T(config)#port vlan 1000 0/8 0
MA5603T(config)#port vlan 350 0/8 0
MA5603T(config)#port vlan 250 0/8 0
MA5603T(config)#port vlan 1000 0/9 0
MA5603T(config)#port vlan 350 0/9 0
MA5603T(config)#port vlan 250 0/9 0
```

Una vez integrado el equipo MA5603T a la red IP/MPLS y existiendo conectividad con el servidor U2000 es necesario realizar una actualización de software para que acepte las tarjetas H801GICK. Una vez realizada esta operación desde el servidor U2000, es posible confirmar la tarjeta.

### CONFIGURACION DE LA ONT



Figura 3. 20 Acceso Web Administración ONT HG8245  
Fuente: (CNT EP, 2018)

Mediante el navegador WEB, digitar la IP de gestión del equipo, a continuación, se ingresa el usuario: XXXXXX y el password: XXXXX correspondientes a la ONT que vienen por defecto en los equipos.

El usuario y password debe ser comunicado al personal autorizado para la configuración del equipo al cliente final. Luego de la habilitación de los puertos LAN para la implementación del servicio, se genera la WAN para habilitar la telefonía, internet, TR069 o el servicio contratado por el cliente.



Figura 3. 21 Configuración ONT HG8245  
Fuente: (CNT EP, 2018)

## SERVICIO VOIP

- Habilitar la opción Enable WAN Connection
- Mode: Escoger la opción Route
- Service List: Escoger VoIP
- Habilitar la opción Enable VLAN.
- VLAN ID: Para VoIP en la ONT utilizar la VLAN 10.
- IP Adquisition Mode: Escoger DHCP
- Click Apply

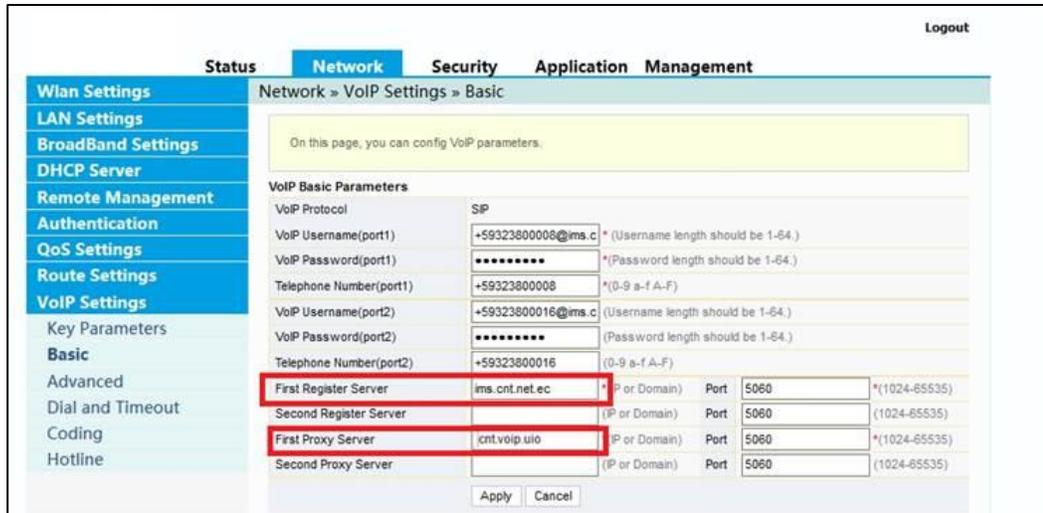


Figura 3. 22 Configuración Servicio VoIP  
Fuente: (CNT EP, 2018)

## SERVICIO INTERNET

- Habilitar la opción Enable WAN Connection
- Mode: Escoger la opción Route
- Service List: Escoger Internet
- Habilitar la opción Enable VLAN
- VLAN ID: Para Internet en la ONT se utiliza la VLAN ID 20
- IP Acquisition Mode: Escoger PPPoE
- Habilitar la opción NAT
- Username y Password: ingresar el Usuario PPPoE y el Password asignado al cliente para autenticarse con el BRAS.
- Binding Option: Asociar el servicio de Internet a uno o varios puertos LAN con un click en el casillero correspondiente. Como ejemplo en la figura3.23 se ha escogido el puerto 2 y la interfaz WLAN SSID1 para el servicio de internet.

Con los parámetros anteriormente configurados se hace click en Apply. Por defecto viene el equipo costumizado, para no modificar parámetros adicionales como el digitmap, puertos, vlan, con esto se dispondrá de todos los servicios.

WAN LAN WLAN Security Route Forward Rules Netwo

WAN > WAN Configuration

On this page, you can configure WAN parameters. The ONT home gateway connects to the upper-layer network equipment, and the parameters must be consistent with the upper-layer network equipment.

	Connection Name	VLAN/Priority
<input type="checkbox"/>	1_INTERNET_R_VID_20	20/0

Enable WAN Connection:

Mode:

Service List:

Enable VLAN:

VLAN ID:  \*(1-4094)

802.1p:

MultiCast VLAN ID:  (1-4094)

IP Acquisition Mode:  DHCP  Static  PPPoE

MRU:  (1-1540)

Enable NAT:

User Name:  (1-63)Character

Password:  (1-63)Character

Dial Method:

Binding options:

LAN1  LAN2  LAN3

SSID1  SSID2  SSID3

Apply Cancel

Figura 3. 23 Configuración Servicio HSI  
Fuente: (CNT EP, 2018)

### 3.6.2. Pruebas de Aceptación Técnica

A continuación, se detallan las pruebas correspondientes a la aceptación técnica del sistema:

#### PRUEBAS DE ACEPTACION DE INSTALACION EQUIPO OLT GPON

Las pruebas de aceptación de instalación del equipo OLT GPON MA5603T, se realizan a nivel de racks, frame servers, cables de datos, cables de energía y tierra, entre otros.

## 1. RACKS, FRAME SERVERS.

No	Items	Procedimiento de Prueba	Resultado
01-01	Posición de racks, frames, servers según el diseño y/o conformidad con el cliente	Inspección visual, chequeo de documentos de diseño y confirmación del cliente.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
01-02	Los pernos de expansión para cada una de las bases del rack se encuentran instalados. La secuencia de instalación de los aislantes, piezas de fijación, arandelas planas, arandelas de presión y tuercas es correcta.	Verificar que las bases del rack y los tornillos de fijación estén correctamente ajustadas. Utilizar como referencia el Manual de Instalación	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
01-03	Racks instalados firmemente, puertas de los racks se pueden abrir y cerrar fácilmente.	Verificar la estabilidad del rack y probar abriendo y cerrando las puertas. Utilizar como referencia el Manual de Instalación.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
01-04	Frames y Servers instalados firmemente dentro del rack. Tarjetas pueden ser retiradas e insertadas fácilmente.	Verificar tornillos de fijación de los frames. Insertar y Retirar tarjetas.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
01-05	Todos los accesos para cables que no han sido utilizados se encuentran sellados.	Inspeccion Visual	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
01-06	No existen abolladuras y/o golpes en la superficie exterior del rack	Inspeccion Visual	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
01-07	Superficie de racks y frames limpias y libre de desperdicios	Inspeccion Visual	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

**2. CABLES DE DATOS (E1s, UTP, PATCHCORDS DE FIBRA OPTICA, ALARMAS).**

No	Maintenance Task	Checklist	Exception Recorded
02-01	Cables de datos tendidos según el diseño y/o en conformidad con el cliente.	Confirmación de instrucciones recibidas del cliente. Revisión de documentos de diseño, conexiones e inspección visual.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
02-02	Cables de datos tendidos sin curvaturas agudas, daños o rupturas.	Radio de curvaturas de cables debe ser mayor a 4cm. Inspección visual.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
02-03	Conectores y conexiones de cables de datos estan en orden sin daños e insertados correctamente.	Inspeccion visual de cables y conectores	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
02-04	Diferentes tipos de cables estan sujetos independientemente. Cables de datos y cables de energia dentro de la misma canaleta estan separados y amarrados independientemente.	Inspeccion visual de arreglo y sujeccion de cable.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
02-05	Cables de datos tendidos en orden, sin cruces y estéticamente amarrados con una presión apropiada.	Inspección visual de los cables.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
02-06	Patch cords de fibra que salen del rack protegidos con tubo corrugado.	Inspeccion visual	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

02-07	Patch cords de fibra tendidos sin curvaturas agudas y sujetos con una presión apropiada.	Inspeccion visual	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
02-08	Etiquetas con información correcta, colocadas en orden y estéticamente.	Inspección visual de etiquetas. Utilizar como referencia el Manual de Instalación.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

### 3. CABLES DE ENERGIA Y TIERRA.

No	Maintenance Task	Checklist	Exception Recorded
03-01	Cables de energía y tierra según el diseño y/o conformidad con el cliente	Confirmación de instrucciones recibidas del cliente. Revisión de documentos de diseño, conexiones e inspección visual.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
03-02	Cables de energía y tierra sin uniones, cortes o daños superficiales.	Inspeccion visual.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
03-03	Cables de energía y tierra conectados correctamente y firmemente. Los conectores están fuertemente presionados al cable y protegidos con termo retráctil.	Inspección visual y manual de cables y conectores	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
03-04	Diámetros de cables de energía y tierra apropiado para demanda de energía del equipo.	Utilizar como referencia el Manual de Instalación	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
03-05	Cables de energía tendidos con curvaturas suaves y uniformes	Inspección visual de los cables.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

03-06	Cables de energía y tierra tendidos uniformemente y sujetos firmemente	Inspeccion visual	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
03-07	Voltaje de Energía AC/DC dentro del rango de operación de los equipos	Chequear con multímetro. Rango de voltaje AC de cada fase: 200 – 240 VAC. El rango de voltaje DC de salida soportado es -40 a -57 VDC.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
03-08	Etiquetas con información correcta, colocadas en orden y estéticamente.	Inspección visual de etiquetas. Utilizar como referencia el Manual de Instalación.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

#### 4. OTROS.

No	Maintenance Task	Checklist	Exception Recorded
04-01	Brazaletes antiestático instalado en el rack	Inspeccion visual	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
04-02	Cajas de alarmas instaladas según indicación del cliente	Inspeccion visual.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
04-03	Varios	Inspección visual y manual	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

CATEGORIA	PRUEBA	SUB PRUEBA	RESULTADO
T01 Maintenance and Management	T01-01 Maintenance Mode	T01-0101 Serial Port Mode	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
		T01-0102 Outband NMS Mode	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

T01-02 Backup Test	T01-0201 Backup Function	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
	T01-0202 Delete Data OLT	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
	T01-0203 Recarga de Datos	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
T01-03 Active/Standby Switchover Test	T01-0301 Active /Standby Switchover by Command	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
	T01-0302 Active/Standby Switchover by Plugging in and Pulling out Main Control Card	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
	T01-0401 Adding/Deleting a Board	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
T01-04 Pruebas con TDM	T01-0401 muestreo de un lazo local físico en el DDF para comprobar el cableado de E1s, verificar el lazo en la gestión.	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
T01-05 Equipment Management Test	T01-0402 Enabling/Disabling a Board	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
	T01-0403 Resetting a Card	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

CATEGORIA	PRUEBA	SUB PRUEBA	RESULTADO
T02 Environment Monitoring	T02-01 Box Alarm	T02-0101 Temperature	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
		T02-0104 Smoke	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
		T02-0105 Fan control	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
	T02-02 Power Supply Test	T02-0201 Voltaje de Entrada	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
CATEGORIA	PRUEBA	SUB PRUEBA	RESULTADO
T03 OSU	T03-01 Narrowband Line Test	T03-0101 Circuit Auto- diagnosis Fibra hacia ONT	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
		T03-0102 Atenuación	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
		T03-0103 Potencia	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
		T03-0104 Distancia	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
T04 Access Gateway Service	T04-01 VAG (Virtual Access Gateway)	T04-0101 Linea SIP Registration	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

	T04-02 AG FoIP Test	T04-0201 AG FoIP Test Transmission Multi-page comprobar con PSTN	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
		T04-0202 AG FoIP Test Reception Multi-page comprobar con PSTN	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
	T04-03 AG MoIP	T04-0301 Dial-up Access Through Modem of AG Subscriber	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente
	T04-04 AG Basic Call	T04-0401 First Party intra Exchange Call	<input type="checkbox"/> Pasada <input type="checkbox"/> Fallida <input type="checkbox"/> No probada <input type="checkbox"/> Pendiente

## CONCLUSIONES

Las redes GPON permiten brindar servicios de voz y datos de manera organizada, lo cual la ha convertido en una tecnología muy prometedora, con un alto nivel de alcance a diferentes sectores por sus múltiples atributos en el diseño e implementación, entre ellos la velocidad que alcanza en la transmisión y recepción de datos de 2.4/1.4 GB para Downstream y Upstream respectivamente. En base al esquema FTTH, se cumple la provisión del servicio llegando hasta el domicilio del cliente con fibra óptica, conocido este último segmento como última milla, adquiriendo el propósito más relevante dentro de las telecomunicaciones.

Los avances tecnológicos, dan la posibilidad de crear entornos de comunicación más allá de las limitaciones geográficas, y en comunidades que por distintas condiciones hasta la fecha se mantenían rezagadas, como en el caso de la Comunidad de Pile, luego de esta implementación pasará a ser parte de la gran red de redes, puesto que en la actualidad internet y la telefonía son medios de comunicación que permiten el desarrollo intelectual, la integración al mundo real, con una visión mucho más amplia hacia el futuro.

Un diseño adecuado implica la distribución equitativa de los componentes que forman parte de la ODN, como los splitters de primer nivel, el cual se realiza en el FDH y de segundo nivel, el cual se realiza en las también conocidas como NAP, con relación al sector para este proyecto logrando para los clientes una correcta distribución de los servicios que se aprovisionan.

La red GPON diseñada para cubrir el sector rural, de difícil acceso por su irregularidad geográfica, va de acuerdo con los cálculos realizados en función del total de viviendas, por lo que su arquitectura comprende un solo distrito para satisfacción de la demanda, optimando el uso de herramientas, materiales y equipamiento en el proceso de implementación. Para ello, dentro de los elementos activos de una red PON se define que la OLT MA5603T es el equipo de acceso apropiado para el enlace por sus características, entre ellas la capacidad de aprovisionamiento de los servicios y la ONT HG8245 o HG8245T como equipo terminal el cual va instalado donde el cliente para concluir el circuito. Para las pruebas técnicas en campo de medición de la atenuación

en la fibra óptica de la ODN, se aprovechó las bondades del OTDR, cuyos resultados se ajustan a la norma técnica ITU-T G.984.2, certificando el correcto funcionamiento del mismo.

Al analizar el área donde se implementa el diseño de la red GPON para brindar los servicios de comunicación, se posicionó la OLT en el centro de la población, ubicado a 500 metros del suscriptor más lejano, y desde allí se extiende el tendido de cable de fibra óptica aérea, dando paso a la estructuración de la red de distribución más óptima.

## **RECOMENDACIONES**

Se sugiere la habilitación de un enlace redundante hacia el equipo de acceso, ya que en caso de fallas de comunicación por la ruta principal se pueda conmutar los servicios por la ruta secundaria o backup, certificando la provisión de los servicios de manera ininterrumpida.

Se recomienda la ejecución de rutinas de mantenimiento preventivos al equipo de acceso MA5603T con el fin de garantizar su máximo rendimiento.

Se aconseja la realización de un balanceo de carga, en base a un análisis periódico previo del consumo de ancho de banda en el equipo, con el fin de evitar posibles saturaciones.

Se propone efectuar rutinas de mantenimiento preventivos a los elementos pasivos que conforman la ODN, tales como splitters, mangas, etc., con el fin de certificar que se mantengan los niveles de atenuación en la Transmisión física implementada evitando pérdidas del circuito.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Alvarez, G. (2017). *Selección del Tipo de fibra Óptica más adecuada para la implementación en una red Punto a Punto, en el edificio Matriz de la Universidad Tecnológica Israel*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnológica Israel:  
<http://157.100.241.244/bitstream/47000/1298/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2017-006.pdf>
- Carrillo, C. (2018). *GPON FTTX Hardware Overview*. Obtenido de CNT EP.
- CNT EP. (2015). Instructivo de Instalaciones para clientes finales en redes FTTH. Ecuador.
- CNT EP. (2018). Comisionamiento FTTH. Ecuador.
- CNT EP. (2018). Fundamentos GPON. *Fundamentos GPON*.
- CNT EP. (2018). ODN Overview Training.
- COFITEL. (2012). *Componentes pasivos para instalaciones de fibra óptica*. Obtenido de Grupo COFITEL:  
<https://www.c3comunicaciones.es/componentes-pasivos-para-instalaciones-de-fibra-optica/>
- Cortes, A. (2016). *Planificación y Diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios*. Obtenido de Universidad de Panama Revista Prisma Tecnológico:  
[https://pdfs.semanticscholar.org/3e21/51199429a5e0f36f7e00d80d77a395beab6a.pdf?\\_ga=2.189289195.1155685420.1595434689-120287743.1594743552](https://pdfs.semanticscholar.org/3e21/51199429a5e0f36f7e00d80d77a395beab6a.pdf?_ga=2.189289195.1155685420.1595434689-120287743.1594743552)
- FIBRAOPTICA. (2013). *Los componentes pasivos ópticos de las redes PON*. Obtenido de Fibra Óptica. Ciencia & Tecnología:  
<http://lafibraoptica-peru.com/los-componetes-pasivos-opticos-de-las-redes-pon/>
- HUAWEI CO. (2015). S300 MA5603T outdoor.
- HUAWEI CO. (2016). iFDT.
- HUAWEI CO. (2018). Manual HG8245T.
- HUAWEI, CO. (2011). GPON-Fundamentals.

- HUAWEI,CO. (2013). *iODF*. Obtenido de <https://actfor.net.com/products/network/access-network/giga-fiber-giga-coax/iodn/iodf>
- IEEE. (2016). *T-REC-G.652-201611*. Obtenido de IEEE Electrical, Electronics Engineering, Information: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/en>
- IEEE. (2016). *T-REC-G.657-201611*. Obtenido de IEEE Electrical, Electronics Engineering, Information: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-201611-I/en>
- Moreno, M. (2008). *Estudio Técnico Económico de Factibilidad para el Diseño de Redes PON y GPON*. Obtenido de Repositorio Escuela Superior del Ejército: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/729/1/T-ESPE-018376.pdf>
- Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016). Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. *Enfoque UTE. Vol. 7 No. 4*, 16 - 30. Obtenido de Universidad Tecnológico Equinoccial Revista Enfoque UTE: <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/111>
- Rodriguez, A. (2016). *Tipos de conectores de fibra óptica*. Obtenido de fibropticalahoy: <https://www.fibropticalahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/>
- Verbel, A., & Perez, R. (2013). *Análisis y diseño de una red de fibra al hogar FTTH (Fiber To The Home), a la Urbanización Barcelona de Indias*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnológica de Bolívar - Cartagena de Indias: <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/2996/0064390.pdf?sequence=1>

## **GLOSARIO**

ONU	Optical Network Unit
AB	Ancho de Banda
ADSL2+	Asymmetric Digital Subscriber Line 2 Plus
ADSS	All Dielectric Self Supported
AON	All Optical Network
APC	Angulated Physical Connector
APON	ATM PON
ATB	Access Terminal Box
BPON	Broadband PON
BRAS	Broadband Remote Access Server
CATV	Community Antenna Television
CITD	Combo Interface Transfer Card
CLI	Command Line Interfaces
dB	Decibelio
DBA-Profile	Dynamic Bandwidth Allocation – Profile
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DSL	Digital Subscriber Line
EPON	Ethernet PON
FAT	Fiber Access Terminal
FC	Ferule Connector
FDB	Fiber Distribution Building
FDF	Fiber Distribution Frame
FDH	Fiber Distribution Home

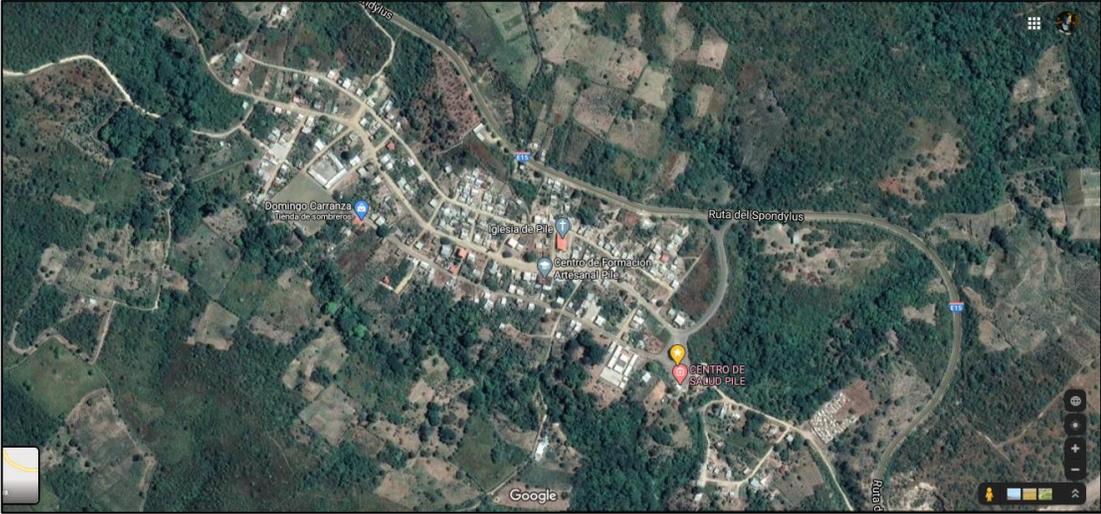
FDT	Fiber Distribution Terminal
FFTM	Fiber To The Mobil
FFTO	Fiber To The Office
FTTB	Fiber To The Building
FTTC	Fiber To The Curb
FTTH	Fiber To The Home
GE	Gigabit – Ethernet
GEM – Port	GPON Encapsulation Method
GEPON	Gigabit Ethernet PON
GICK	2-port GE Optical/Electrical Interface Card
GPBH	8-port GPON OLT Interface Board
GPIO	General Purpose Input Ouput
GPON	Gigabit-Capable Passive Optical Network
HGW	Home Gateway
HSI	High Speed Internet
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
iFAT	Intelligent Fiber Access Terminal
iFDT	Intelligent Fiber Distribution Terminal
IGMP	Internet Group Management Protocol
iODF	Intelligent Optical Distribution Frame
iODN	Intelligent Optical Distribution Network
IPTV	Internet Protocol Television
Kbps	Kilobits per seconds
LAN	Local Area Network

LC	Little Connector
LED	Light Emitting Diode
Mbps	Megabits per seconds
MPLS	Multiprotocol Label Switching
NAP	Network Access Point
NAT	Network Address Translation
nm	nanómetro
ODF	Optical Distribution Frame
ODF – PE	Optical Distribution Frame– Planta Externa
ODF – PI	Optical Distribution Frame – Planta Interna
ODN	Optical Distribution Network
OLT	Optical Line Terminal
ONT	Optical Network Terminal
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
P2P	Peer to Peer
PC	Physical Connector
PON	Passive Optical Network
POTS	Plain Old Telephone Service
PPPoE	Point-to-Point over Ethernet
PRTE	Power Board
SC	Square Connector
SCUN	Super Control Unit Board
SFP	Small Form-Factor Pluggable Transceptor
SNI	Service Node Interface

SNMP	Simple Network Management Protocol
T – Cont	Transmission Container
TB	Terminal Box
TDMA	Time Division Multiple Access
UNI	User Network Interface
UPC	Ultra Physical Connector
VDSL2	Very high-bit-rate Digital Subscriber Line 2
VLAN	Virtual LAN
VOIP	Voice over IP
WAN	Wide Area Network
WDM	Wavelength Division Multiplexing
WLAN SSID	Wireless LAN Service Set Identifier
XDSL	xDigital Subscriber Line

**ANEXOS**

**MAPA DE LA COMUNIDAD DE PILE DESDE GOOGLE MAPS**



**FOTO DEL PUEBLO DE LA COMUNIDAD PILE**

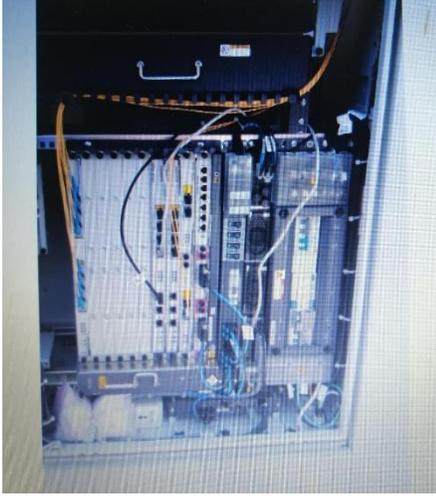


**LUGAR DONDE SE INSTALA LA OLT MA5603T**



**OLT MA5603T OUTDOOR**

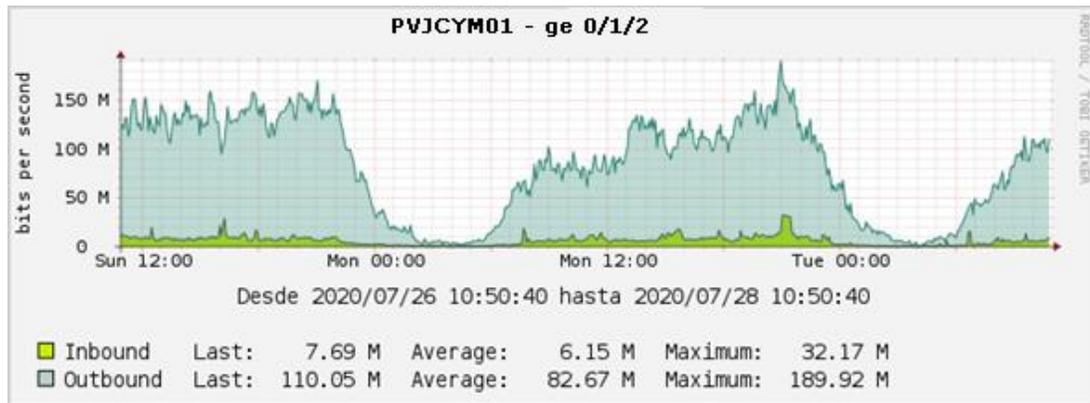


EQUIPAMIENTO DE LA OLT	ODF MINI OLT – PUERTO UPLINK (GICK) OLT
	

ODF PI – ODF PE

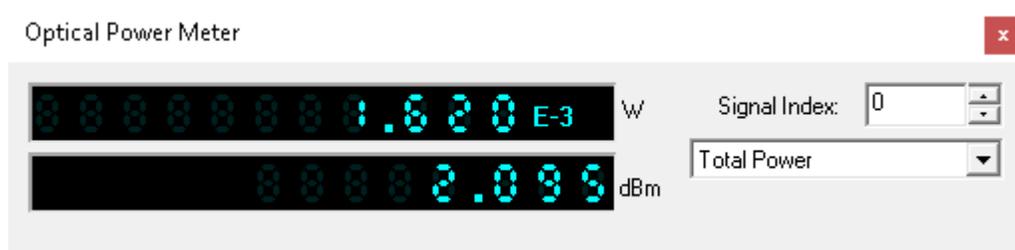

## ANALISIS DE TRÁFICO

Se toma como muestra dos días el tráfico que cursa por el enlace PUERTO CAYO – PILE, PVJCYM01- GE0/1/2, en donde se verifica que se tiene un consumo promedio de tráfico entrante de 6.15 Mbps en horas picos de hasta 32.17 Mbps, de tráfico saliente se observa un consumo promedio de 82.67 Mbps y en horas picos alcanza los 189.92 Mbps; por lo que se concluye que el enlace no presenta saturación ya que la capacidad del AB que se asignó es de 1Gb.

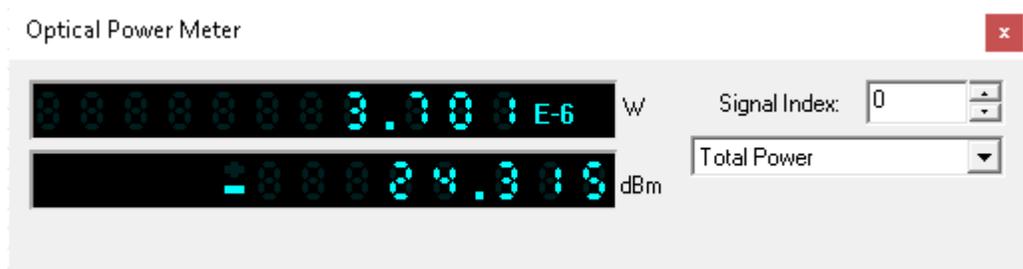


## TOPOLOGIA DEL DISEÑO DE LA RED GPON BAJO LA PLATAFORMA OPTISYSTEM

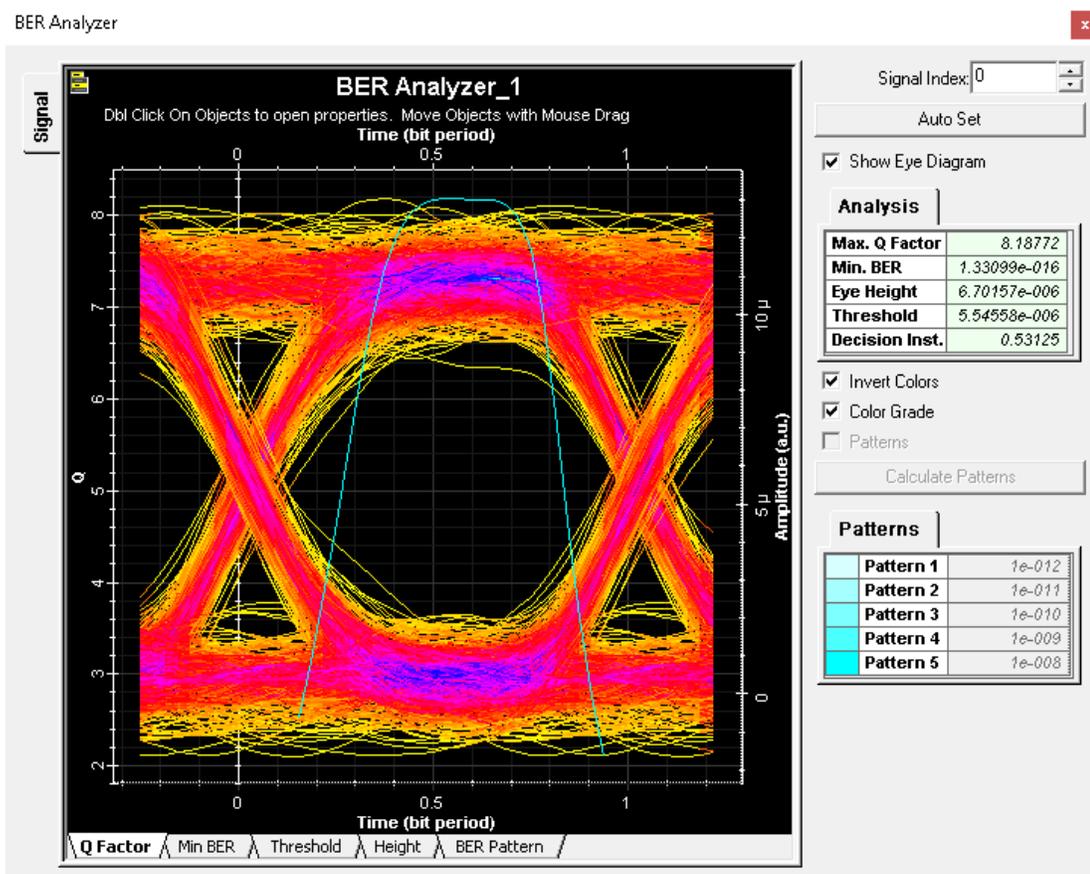
Previo a la implementación se levanta un diseño simulado bajo la plataforma OptiSystem para corroborar si es viable la ejecución del proyecto, se obtiene que la atenuación total del proyecto está determinada por la ecuación  $A_t = A_{S-WDM} - A_{ONU} = 2.095 - (-24.315) = 26.41dB$ , por lo cual dichos valores se encuentran dentro del estándar establecido conforme la Norma ITU-T G.984.2



MEDICION POTENCIA WDM ADD

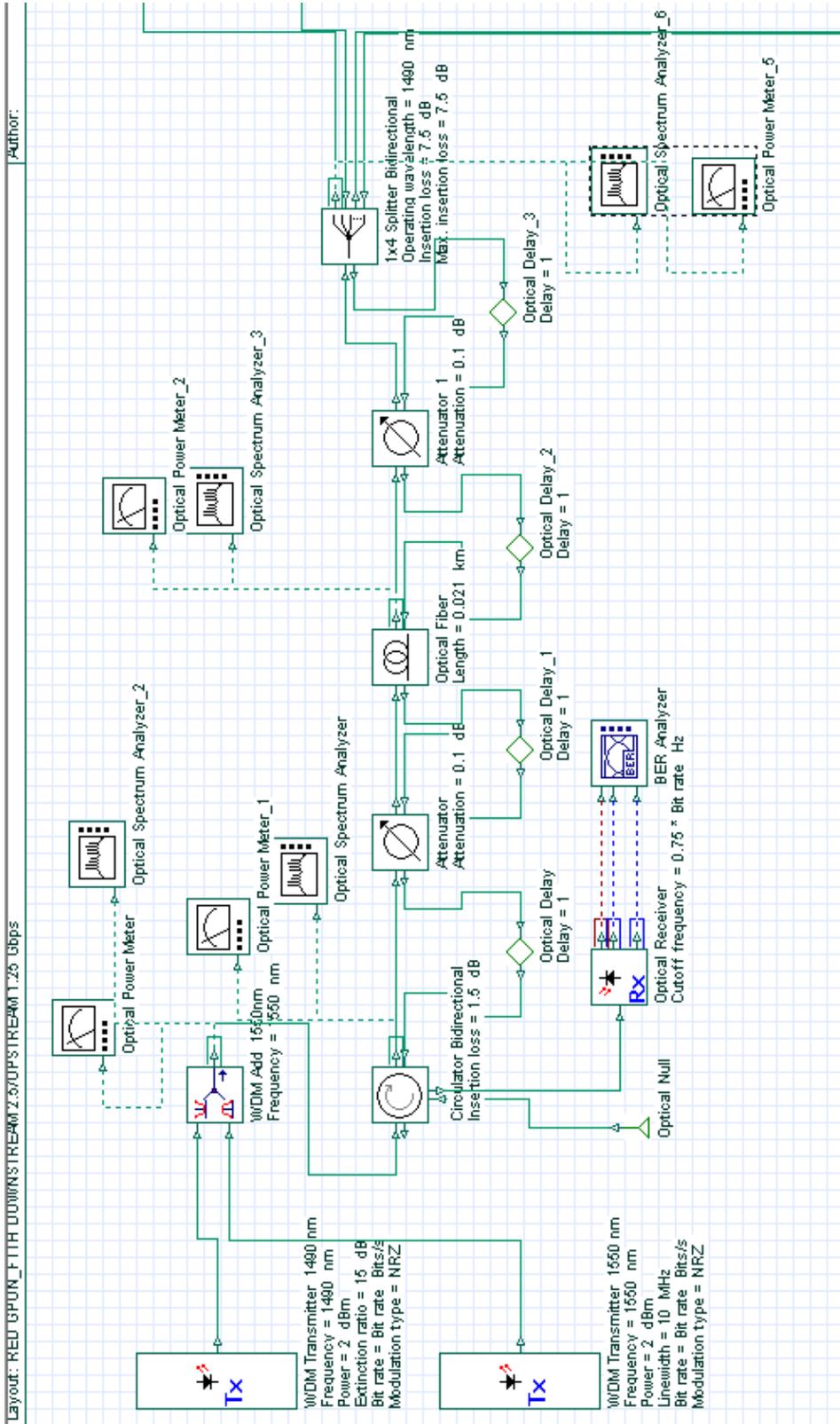


### MEDICION DE POTENCIA ANTES DE LA ONU

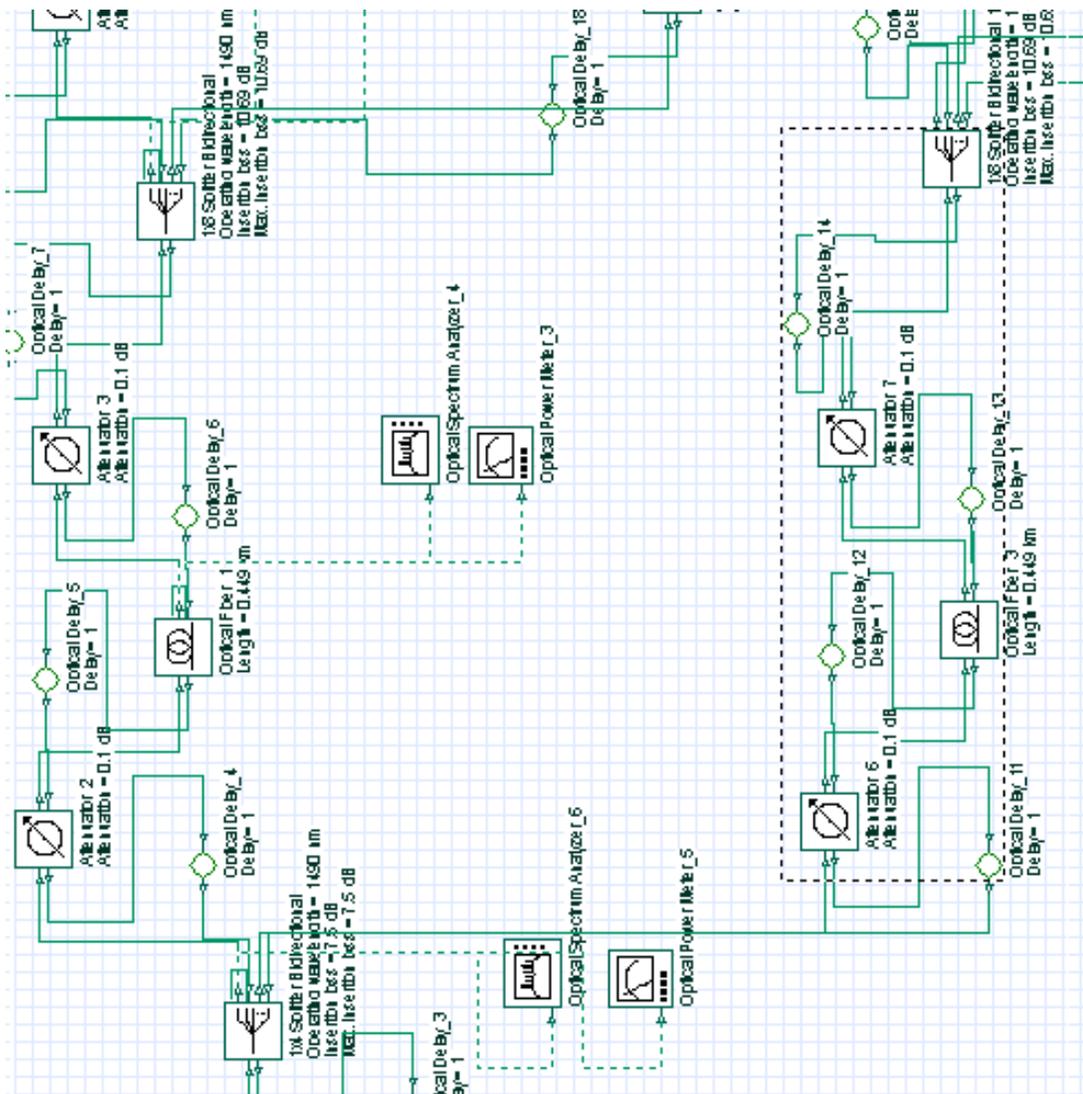


### ANALIZADOR DE TASA DE ERROR DE BITS EN LA ONU

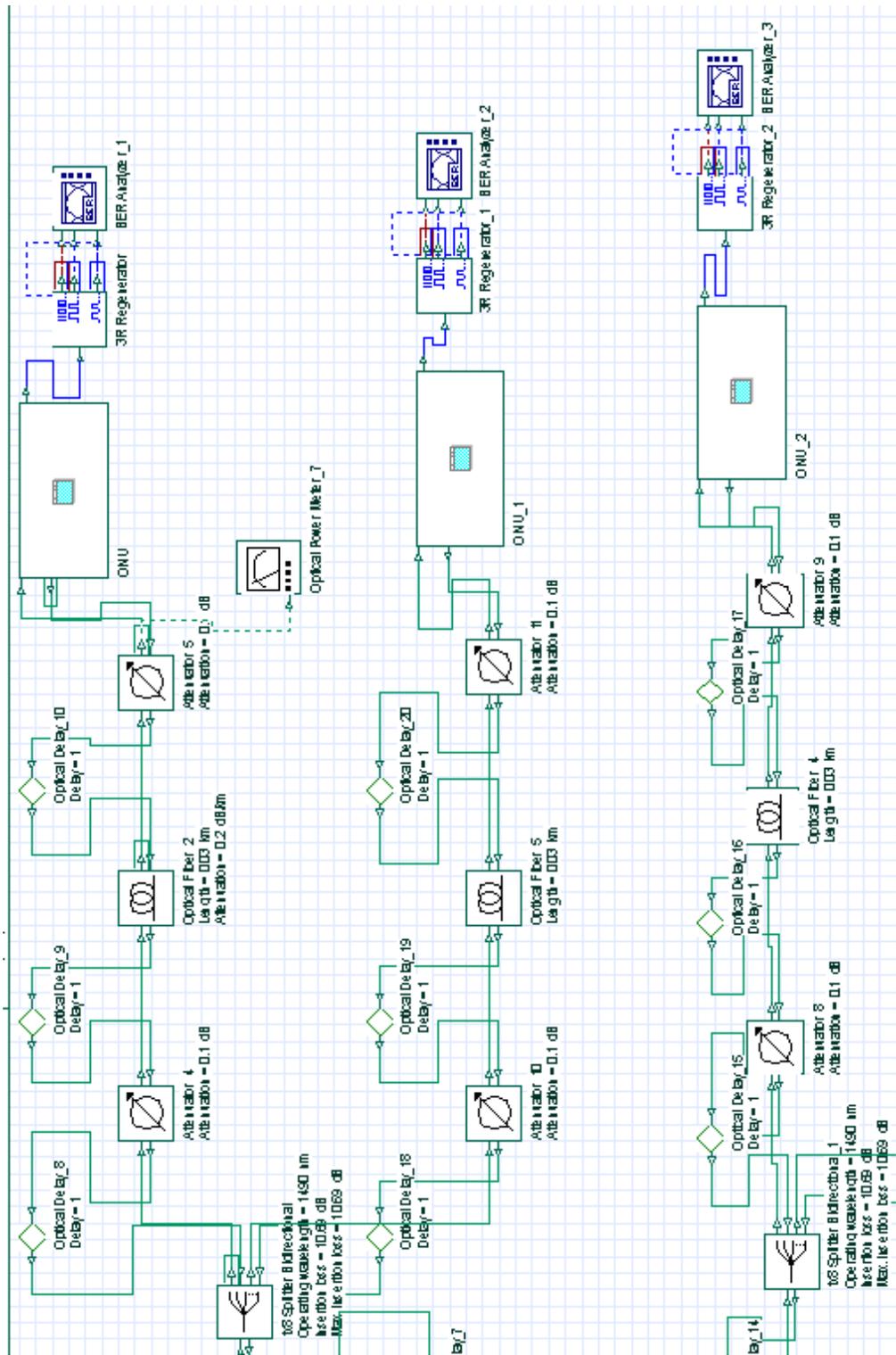
Se observa que en la tabla de Análisis el valor mínimo de la tasa de BER es de  $1.33 \times 10^{-16}$  en la ONU; por lo que se obtiene un valor inferior al permitido que es de  $1 \times 10^{-10}$ .



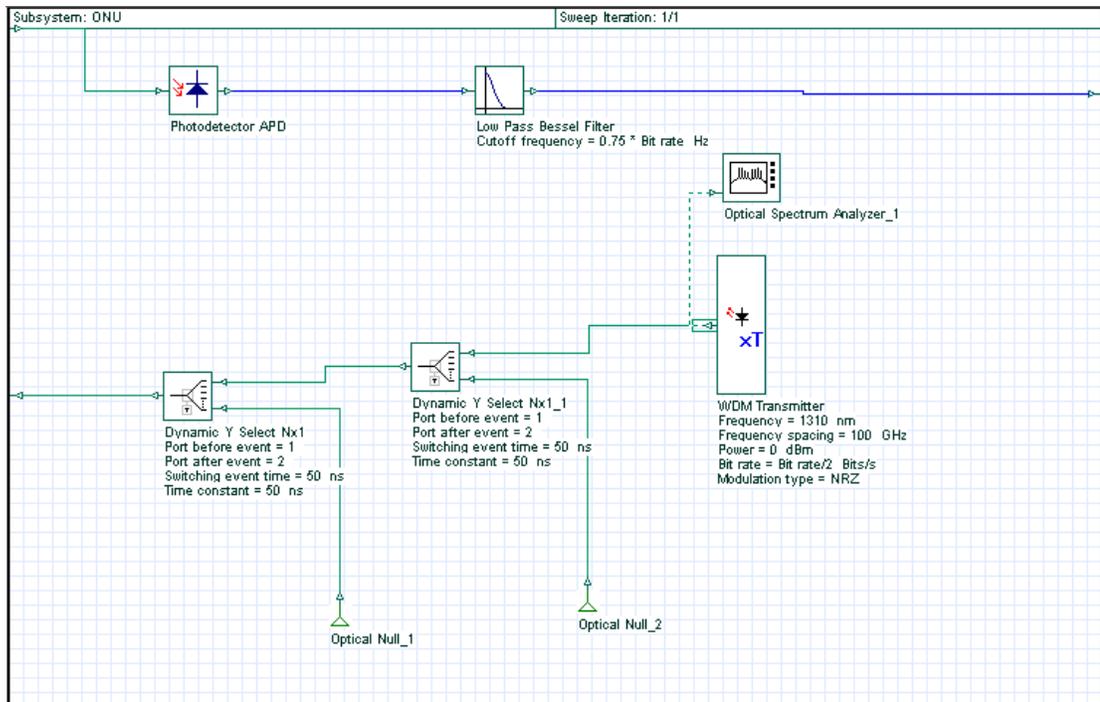
## DISEÑO RED FEEDER



DISEÑO RED DISTRIBUCION



DISEÑO RED DISPERSION



ONU SUBSISTEMA



**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, por **Jennyfer Lissette Pilligua Carranza**, con C.C: # **0924611064** autor/a del trabajo de titulación: **Diseño de una red GPON para la implementación de telefonía e internet en la Comunidad Pile del cantón Montecristi Provincia de Manabí**, previo a la obtención del título de **Magíster 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, 10 de septiembre de 2020

Nombre: **Jennyfer Lissette Pilligua Carranza**  
C.C: **0924611064**



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>		
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño de una red GPON para la implementación de telefonía e internet en la Comunidad Pile del cantón Montecristi Provincia de Manabí	
<b>AUTOR(ES)</b>	Jennyfer Lissette Pilligua Carranza	
<b>REVISOR(ES)/TUTOR</b>	MSc. Edgar Quezada Calle; MSc. Luis Córdova Rivadeneira / MSc. Manuel Romero Paz	
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado	
<b>PROGRAMA:</b>	Maestría en Telecomunicaciones	
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Magister en Telecomunicaciones	
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	<b>Guayaquil, 10 de septiembre de 2020</b>	<b>No. DE PÁGINAS: 102</b>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Redes ópticas, red de Telecomunicaciones, internet, telefonía, Arquitectura de red PON, Análisis y Balance de Potencia Óptica	
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Terminal, PON, GPON, splitter, ODN, OLT	
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>Percibiendo la necesidad en sectores rurales como la falta de comunicación debido a la irregularidad de la superficie geográfica, se tiene como propósito el diseño de una red de comunicación para la implementación de un servicio comunitario de telefonía e Internet con un proveedor ISP basado en GPON para la Comunidad de Pile del Cantón Montecristi en la Provincia de Manabí, con el fin de atender las limitaciones a nivel de la red pública, como la conexión al mundo global de la red de telecomunicaciones contemplando la cobertura total. La simulación propuesta se realiza bajo la plataforma OptiSystem, la cual permite plantear, probar y simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las redes ópticas, estimando así los resultados esperados. La metodología a emplear para el desarrollo del proyecto tiene un punto de vista cualitativo – cuantitativo, en razón de que está orientado a la determinación de las causas del problema y al mismo tiempo se establece la solución. Considerando que el problema principal es la falta de comunicación en la localidad de Pile, para lo cual se diseña un sistema de servicios comunitarios de telefonía e internet con un proveedor ISP basado en GPON para la solución del problema.</p>	
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-996805733	<b>E-mail:</b> jennyfer.pilligua@gmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN</b>	<b>Nombre:</b> Romero Paz Manuel de Jesús	
	<b>Teléfono:</b> +593-994606932	

<b>(COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>E-mail:</b> manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec
<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>	