



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho, 2022.

#### TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico

#### AUTORES

Quintanilla Bautista, Jorge Eduardo  
ORCID: 0000-0002-8276-042X

Cifuentes Gonzales, Enrique Josue  
ORCID: 0000-0002-0844-1973

#### ASESOR

Cuadrado Lerma, Luis Alberto  
ORCID: 0000-0001-9689-3461

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de los autores**

Quintanilla Bautista, Jorge Eduardo

DNI: 76561188

Cifuentes Gonzales, Enrique Josue

DNI: 76540347

### **Datos de asesor**

Cuadrado Lerma, Luis Alberto

DNI: 10448199

### **Datos del jurado**

JURADO 1

González Prado, Julio Cesar

DNI: 07702235

ORCID: 0000-0003-0384-7015

JURADO 2

Rodríguez Alcázar, José Luis

DNI: 08242196

ORCID: 0000-0003-2238-3017

JURADO 3

Chávez Irazábal, Wilbert

DNI: 08121733

ORCID: 0000-0002-7978-7031

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.02.01

Código del Programa: 712026

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico principalmente a mis padres y hermano, que me brindaron su apoyo y consejos a lo largo de mis 6 años de estudio.

Enrique Josue Cifuentes Gonzales

Esta tesis está en primer lugar a mis padres Jorge y Juana que nunca se rindieron conmigo y siempre me dieron sus palabras de aliento para seguir adelante y en segundo lugar a mis hermanos Fernando y Arianna que con su alegría y forma de ser me apoyaron en la parte emocional.

Jorge Eduardo Quintanilla Bautista

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento más sincero a nuestra universidad, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a la facultad de Ingeniería Electrónica por abrirnos sus puertas; y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

Enrique Cifuentes y Jorge

Quintanilla

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación y delimitación del problema.....	1
1.2.1. Problema general.....	1
1.2.2. Problemas específicos:.....	2
1.3. Importancia y Justificación del estudio.....	2
1.3.1. Importancia.....	2
1.3.2. Justificación del estudio.....	2
1.4. Delimitaciones del estudio.....	2
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. Objetivo General.....	3
1.5.2. Objetivos Específicos.....	3
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
2.1. Marco histórico.....	4
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema.....	5
2.2.1. Antecedentes Internacionales.....	5
2.2.2. Antecedentes nacionales.....	6
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	7
2.3.1. Red FTTH con tecnología GPON.....	7
a) Alta velocidad.....	11
b) Capacidad.....	11
2.3.2. Conectividad de internet.....	12
a) Latencia.....	12
2.4. Definición de términos básicos.....	13
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	<b>15</b>
3.1. Tipificación de la investigación.....	15
3.1.1. Tipo de investigación.....	15
3.1.2. Nivel de Investigación.....	15
3.2. Ubicación de lugar al estudio.....	16

3.3.	Diseño General.....	16
3.3.1.	Ubicación del Equipo terminal de línea (OLT).....	17
3.3.2.	Red principal.....	17
3.3.3.	Red secundaria.....	18
3.3.4.	Rutas de la red óptica.....	19
3.4.	Componentes de la Red GPON.....	22
3.4.1.	OLT (Línea terminal Óptica).....	24
3.4.2.	Divisores ópticos.....	24
3.4.3.	Equipo terminal de red (ONT).....	26
3.4.4.	Cable de fibra óptica.....	26
3.5.	Dimensionamiento de la Red.....	27
3.5.1.	Dimensionamiento de la red principal.....	28
3.5.2.	Dimensionamiento de la red secundaria.....	32
3.6.	Tasa de transmisión de datos.....	34
3.7.	Transmisión de la señal.....	35
3.8.	Proyección de instalación de postes.....	36
	<b>CAPÍTULO IV: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....</b>	<b>40</b>
4.1.	Presupuesto.....	40
4.1.1.	CAPEX.....	40
4.1.2.	OPEX.....	42
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>45</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>48</b>
	Anexo 1: OLT datasheet.....	48
	Anexo 2: Divisor primario datasheet.....	52
	Anexo 3: Divisor secundario datasheet.....	54
	Anexo 4: ONT datasheet.....	55
	Anexo 5: Cable de fibra óptica.....	57
	Anexo 6: Caja de terminación Óptica.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Topología de una Red GPON.....	8
Figura 2.	Datos de bajada en GPON.....	9
Figura 3.	Datos de subida en GPON.....	10
Figura 4.	Red FTTx.....	11
Figura 5.	Mapa del distrito de Ayacucho, provincia de Ayacucho.....	16
Figura 6.	Ubicación del OLT.....	17
Figura 7.	La Topología tipo anillo y todas las calles que engloba.....	18
Figura 8.	Ubicación de los divisores secundarios.....	19
Figura 9.	Todas las redes situadas en el mapa del distrito de Ayacucho.....	20
Figura 10.	Toda la red GPON.....	21
Figura 11.	Rack mounted GPON OLT fd16088s-b0.....	24
Figura 12.	Divisor Óptico 2xN Equilibrado.....	25
Figura 13.	Divisor de fibra óptica monomodo de SC/APC, 1x4.....	25
Figura 14.	GPON hgu ONT.....	26
Figura 15.	Cable de fibra óptica.....	26
Figura 16.	valores de potencia del OLT.....	27
Figura 17.	Atenuación del cable.....	28
Figura 18.	Longitud del anillo.....	28
Figura 19.	Distancia del OLT a d1.....	29
Figura 20.	Distancia del OLT a d2.....	31
Figura 21.	Equipamiento necesario.....	36
Figura 22.	Anclaje de la fibra óptica al poste.....	37
Figura 23.	Caja de empalme montado al poste.....	38
Figura 24.	Caja de empalme a cable fiador.....	38
Figura 25.	Postes utilizados en la red principal.....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tecnologías PON.....	5
Tabla 2.	Coordenadas del OLT.....	17
Tabla 3.	Divisores primarios y sus coordenadas.....	18
Tabla 4.	Coordenadas y nombres de los divisores secundarios.....	19
Tabla 5.	Todas las rutas por donde viajará la fibra óptica.....	20
Tabla 6.	Comparación entre 3 tipos de opciones.....	22
Tabla 7.	Características principales de cada dispositivo.....	23
Tabla 8.	Valores de atenuación.....	27
Tabla 9.	Atenuaciones respecto al divisor 1.....	29
Tabla 10.	Atenuaciones respecto al divisor 2.....	30
Tabla 11.	Atenuaciones respecto al divisor en la red de respaldo.....	32
Tabla 12.	Atenuaciones respecto al divisor 1 en la red de respaldo.....	33
Tabla 13.	CAPEX Principal.....	40
Tabla 14.	CAPEX de equipos de backup por si existen posibles fallos.....	41
Tabla 15.	Costos operacionales (OPEX).....	42
Tabla 16.	Acciones en cada equipo para el mantenimiento.....	42



## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1.	Atenuación.....	10
Fórmula 2.	Tiempo con respecto a la velocidad y la distancia.....	12
Fórmula 3.	Downlink.....	34
Fórmula 4.	Uplink.....	35

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho, la constante demanda de mayor velocidad de internet en la zona para fines como teletrabajo, educación y la misma demanda del usuario; fueron los propósitos principales para llegar al estudio una red Fiber To The Home (FTTH) con tecnología Gigabit-Capable Passive Optical Network (GPON). Por tanto, con esta tecnología logramos mejorar la robustez, calidad y velocidad del ancho de banda descrito en el problema presentado. Así mismo, el diseño de nuestra red cuenta con un Optical Line Termination (OLT) de 4 puertos GPON, dos divisores primarios y 4 divisores secundarios; además de una fibra de 12 hilos monomodo. Por otra parte, diseñada nuestra red con tecnología GPON se consiguió una notable mejora en el ancho de banda y una buena transmisión downlink (DL) de 2.5 Gbps y uplink (UL) de 1.25 Gbps, con esta conexión de mayor calidad se pudo cubrir la demanda de los usuarios del distrito de Ayacucho; tales como transferencia de voz, video llamadas y transferencia de datos. La atenuación es muy importante en una red de fibra óptica por lo que nosotros llegamos al resultado de 15.43 dB, un valor dentro del umbral máximo de 29.5 dB para nuestro, además de lograr un 312.5 Mbps para downlink y un 156.25 Mbps para uplink. Por otra parte, el sistema desarrollado incluye una posible mejora pensando en el futuro.

**Palabras Clave:** FTTH, GPON, OLT, ancho de banda, DL, UL.

## ABSTRACT

The present investigation was developed in the district of Ayacucho, province of Ayacucho, the constant demand for higher internet speed in the area for purposes such as teleworking, education and the same user demand; They were the main purposes to reach the study of a Fiber To The Home (FTTH) network with Gigabit-Capable Passive Optical Network (GPON) technology. Therefore, with this technology we were able to improve the robustness, quality and speed of the bandwidth described in the problem presented. Likewise, the design of our network has an optical line termination (OLT) with 4 GPON ports, two primary splitters and 4 secondary splitters; in addition to a 12-wire single-mode fiber. On the other hand, our network was designed with GPON technology, a notable improvement in bandwidth was achieved and a good transmission downlink (DL) of 2.5 Gbps and uplink (UL) of 1.25 Gbps, with this higher quality connection it was possible to cover the demand of the users of the district of Ayacucho; such as voice transfer, video calls and data transfer. The attenuation is very important in a fiber optic network, which is why we reached the result of 15.43 dB, a value within the maximum threshold of 29.5 dB for ours, in addition to achieving 312.5 Mbps for downlink and 156 .25Mbps for uplink. On the other hand, the developed system includes a possible improvement thinking about the future.

**Keywords:** FTTH, GPON, OLT, bandwidth, DL, UL.

## INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones hoy en día juegan un rol indispensable en el mundo actual, ya que las nuevas tecnologías forman parte de nuestra vida diaria, por lo mismo nuestras propias necesidades han hecho que las redes se vean saturadas; y esto también se debe a la actualización de nuestros equipos cada año.

En nuestra investigación se considera el siguiente antecedente: Reyes, P. con su tesis "Estudio y diseño de una red GPON para el sector banco de la vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Borrero Charasol". Las telecomunicaciones dependen de que tan bueno sea el servicio de Banda Ancha, ya que sin una buena calidad de esta no importa que tan bueno sea el equipo. Nuestra red FTTH con tecnología GPON está orientado a mejorar la estabilidad y velocidad de la transmisión de datos en el distrito de Ayacucho.

Para el estudio del problema, la presente investigación se ha estructurado por capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I: Se plantea el problema general y los problemas específicos, igualmente se plantea los objetivos ya sea general y específicos y sin olvidar la justificación y la importancia que posee esta investigación para solucionar la siguiente pregunta ¿Cuál será el diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho, 2022?

Capítulo II: Presentamos tesis realizadas anteriormente, nacionales e internacionales, los cuales nos ayudan con sus investigaciones a plantear las bases teóricas de nuestras variables. Nos ofrecen información detallada para un mejor análisis del diseño de una red FTTH con tecnología GPON. Por ejemplo, los elementos de la red, atenuaciones, ancho de banda entre otros, además de añaden un listado de definición de términos, los cuales consideramos necesarios para la investigación.

Capítulo III: Se manifiestan los niveles de investigación, por los que se entiende que este estudio es de nivel explicativo.

También se desarrolla toda la parte experimental y de diseño, se detallan los elementos de la red que se utilizarán, se muestran los mapas con las ubicaciones geográficas exactas que son parte de la red y los cálculos de potencia para cada nodo .

Capítulo IV: Aquí presentamos los aspectos administrativos como son el CAPEX y OPEX.

Finalmente se presentan las conclusiones, referencias bibliográficas, recomendaciones y se anexan documentos considerados importantes para el entendimiento de la investigación.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

## a.1. Descripción del problema

En la pandemia que atravesamos, el mundo entero experimentó grandes problemas como la salud, el trabajo y el aprendizaje. El gobierno para solucionar en primer lugar el problema de la educación optó por el aprendizaje en casa por medio de internet, por desgracia nuestro país no cuenta con cobertura estable. El distrito de Ayacucho es una ciudad con elevado nivel de turismo por lo que demanda un buen nivel de ancho de banda, lastimosamente las operadoras no cumplen con las exigencias de los usuarios. Esto se debe a la baja proliferación de la infraestructura adecuada y mal diseño de la red.

Estudios realizados al respecto, informan que la conectividad a Internet y telefonía móvil aún no ha logrado la cobertura al 100 % en las zonas rurales de Ayacucho. Según informó la Dirección Regional de Educación, en abril del 2020, el 47.8 % de escolares (70 mil) no tuvieron acceso al programa “Aprendo en casa”. Por otro lado, los datos de la OIT dan cuenta de un 23,8% de desocupación en los jóvenes entre 15 y 24 años durante el primer trimestre de 2021, el nivel más alto desde 2006, ya que no todos tienen la posibilidad de conexión a internet. (Defensoria del Pueblo, 2020)

Por lo tanto, optimizar la red actual por una red FTTH con tecnología GPON satisfará la exigencia del usuario, ya que su mejor ventaja es brindar un mayor ancho de banda por lo que podemos enviar una gran cantidad de información en una misma unidad de tiempo y a la vez transmitir datos a alta velocidad sin olvidar que es inmune a interferencias electromagnéticas.

## a.2. Formulación y delimitación del problema

### a.2.1. Problema general

¿Cómo será el diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en la provincia de Ayacucho distrito de Ayacucho?

#### a.2.2. Problemas específicos:

- a) ¿Cómo se determinará el diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho, teniendo en cuenta la alta velocidad?
- b) ¿Cómo se determinará el diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho, teniendo en cuenta la capacidad?
- c) ¿Cómo se determinará el diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho, teniendo en cuenta la latencia?

#### a.3. Importancia y Justificación del estudio

##### a.3.1. Importancia

Un adecuado diseño de una red FTTH con tecnología GPON solucionará los problemas de estabilidad de internet, resuelto esto no existirán problemas de ancho de banda, debido a la baja latencia y a la gran capacidad de transmisión de datos.

##### a.3.2. Justificación del estudio

Desde el punto de vista social, un adecuado transporte de datos con red FTTH ofrece a los usuarios acceso a servicios públicos de banda ancha como hospitales, colegios, universidades entre otras entidades.

Desde el punto de vista tecnológico, el diseño de una red FTTH con tecnología GPON, impulsa a seguir desarrollando más redes, no solo para el distrito de Ayacucho, si no para los distritos vecinos.

#### a.4. Delimitaciones del estudio

Espacial: El proyecto propuesto es una investigación orientada al diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en la región de Ayacucho.

Teórica: Acceso a bibliografía o investigación relacionadas al diseño de una red.

Temporal: Comprende el periodo mayo 2022 a noviembre 2022, según el programa de titulación por Tesis 2022.

a.5. Objetivos

a.5.1. Objetivo General

Diseñar una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en la región de Ayacucho.

a.5.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar la velocidad de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet a través de fibra óptica en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho.
- b) Determinar la capacidad de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet a través de fibra óptica en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho.
- c) Establecer la latencia de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet a través de fibra óptica en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### b.1. Marco histórico

Las redes GPON son la clave para dar respuesta a la creciente demanda de los servicios de banda ancha. Este crecimiento requiere de la migración de una tecnología de transmisión hacia otra (por ejemplo, de BPO hacia GPON) para responder con la velocidad adecuada a los usuarios finales. El uso de las GPON está direccionado a crear troncales de velocidad de acceso menor en donde converge el tráfico de redes locales. (Llangarí, 2015)

EPON (Ethernet PON) es definido en 2004 por el grupo EFM (Ethernet First Mile) del IEEE como la técnica PON de nueva generación que, influenciada por la tecnología Gigabit Ethernet existente, permite a los suministradores de equipos lanzar rápidamente al mercado equipos de mayores anchos de banda a precios más competitivos. No obstante, EPON carece de muchas funcionalidades necesarias para el transporte de otros servicios con calidad de operador que dan lugar a soluciones propietarias. Así mismo, la eficiencia de línea es baja debido a una codificación de línea con gran sobrecarga. Aun así, es una tecnología con un notable éxito en Corea del Sur, Japón y Taiwán. Unos meses antes que EPON, también en 2004, se termina de definir GPON (Gigabit Passive Optical Network) por parte del ITU-T. El estándar incluye varias velocidades de línea de hasta 2,488 Gbps simétricas y asimétricas. Con una menor sobrecarga de codificación y tiempos de guarda menores, el ancho de banda neto de GPON es mucho mayor que el de EPON. Además de transportar tráfico de datos nativo, GPON también es capaz de transportar eficientemente otros servicios. El único problema en el momento de su definición es la mayor complejidad de esta tecnología y de los componentes, que hacen imposible tener productos comerciales en tan poco tiempo como en EPON. Sin embargo, desde el año 2006 este problema está resuelto y ya hay muchos operadores que comienzan su despliegue. (Millan, 2007)

El uso de la tecnología GPON se está expandiendo en varios países y Perú no es la excepción, debido a que los usuarios demandan de mayor ancho de banda. Este tipo de tecnología es idóneo para conexiones FTTH modernas; de esta

manera está ganando más espacio en grandes ciudades como en regiones u provincias del Perú.

En la tabla 1 se puede observar la comparación de las principales tecnologías

Características	ITU-T BPON	ITU-T GPON	ITU-T EPON
Tasa de bits (Mbps)	down: 1.244, 622, 155	down: 2.488, 1.244	down: 1.250
	up: 622, 155	up: 2.488, 1.244, 622, 155	up: 1.250
Codificación de línea	NRZ (+ scrambling)	NRZ (+ scrambling)	8b/10b
Ratio de división máx.	01:32	1:128(1:64 en práctica)	01:32
Alcance Máximo	20 km	60 km (con 20 km	20 km
		de distancia entre ONTs)	
Estándares	Serie ITU-T G.983.x	Serie ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre	TDM sobre paquetes
		ATM, TDM sobre paquetes	
Soporte vídeo RF	No	Si	No
Eficiencia típica	83% downlink	93% downlink	61% uplink
	80% uplink	94% uplink	73% downlink
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM
Seguridad downlink	Churning o AES	AES	(+SNMPopcional)
			No definida

PON con respecto a sus características.

Tabla 1. Tecnologías PON

Fuente: Ramonmillan.

## b.2. Investigaciones relacionadas con el tema

### b.2.1. Antecedentes Internacionales

Zambrano, F. y Jibaja, E. (2021) En su tesis "Diseño de una red de acceso GPON en la Escuela Fiscal Mixta "Dr. Enrique Díaz Galarza" para proveer servicios de video voz y datos" para titularse como Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones; sostiene lo siguiente "Se analizó los requerimientos necesarios para el diseño de la red, esto abarcó todo los equipos y elementos que se logren ajustar al diseño teniendo en cuenta las características técnicas, y su valor económico, tratando de que al momento que se implante la red, se ajuste al estado económico de la escuela, sin que esto afecte la calidad del servicio que brindaría la red GPON".

Correa, L. (2021) En su tesis "Reestructuración de la red de fibra óptica hasta el hogar con tecnología GPON para la empresa VCONEXION S.A.S. en la ciudad de Pamplona - norte de Santander" para titularse como Ingeniera en Telecomunicaciones; sostiene que "El mapa topológico permite identificar y georreferenciar los elementos de la red dentro del municipio de Pamplona, allí se pueden observar con más detalle la ubicación y la información relevante de elementos como cajas Nap, muflas o el mismo tendido de la fibra a lo largo de todos los tramos que abarca la red de la empresa Vconexion. Además, en la plataforma utilizada permite organizar mejor la red, logrando distribuirla por zonas y tramos denominados troncales, lo que ayuda a delimitar sectores de la red para posteriores trabajos y también para nuevas extensiones de tramos a futuros".

Reyes, P. (2020) En su tesis "Estudio y diseño de una red GPON para el sector banco de la vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Borrero Charasol" para titularse como Ingeniero Sistemas; concluye que "Una red FTTH es totalmente escalable a diferencia de sistemas basados en medios de transmisión inalámbrico y cobre, cuyas limitaciones se ven reflejadas en el ancho de banda y distancias de cobertura respectivamente, el estándar GPON es la tecnología actual que mejor se

adaptó a los requerimientos del sector ya que nos permite brindar servicios convergentes de grandes capacidades de transmisión de datos logrando así satisfacer las necesidades de los usuarios''.

#### b.2.2. Antecedentes nacionales

Seminario, R. (2021). En su tesis "*Diseño de una red piloto FTTH utilizando estándar GPON, en modalidad de conmutación de datos por paquetes para el distrito de Miraflores - lima*", para titularse como Ing. Electrónico y Telecomunicaciones en la Universidad Nacional de Piura; concluye que "Se diseñó la red FTTH donde se tomó un cierre de empalme, que se encuentra ubicado para el despliegue de la red de distribución, también cuenta con un nodo donde se ubican los equipos de agregación, entre el nodo y la mufa se realiza la topología tipo anillo para tener un respaldo hacia la red principal".

Pachas, M. (2018). en su tesis titulada "*Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino*" para titularse como Ingeniero de las Telecomunicaciones en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú; sustenta lo siguiente "Se diseñó una red FTTH con una, empleando el estándar GPON. Posee un dimensionamiento de tasa de transmisión mínima de 77.75 Mbps por cada hogar, y se puede comercializar con un plan de 170 Mbps de descarga y 17 Mbps de subida, considerando un 40% de velocidad mínima garantizada".

Castro, R. (2019) en su tesis titulada "*Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres*" para titularse como Ingeniero de Redes y Comunicaciones en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú; sostiene que "El diseño de una red FTTH GPON es totalmente escalable, ya que esta arquitectura está diseñada para soportar un crecimiento de hasta 800 clientes aproximadamente en donde cada módulo de arquitectura B+ abarca a cubrir 20km con alrededor de 128 abonados".

### b.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

#### b.3.1. Red FTTH con tecnología GPON

GPON es la sigla de Gigabit Passive Optical Network o en español “Red Óptica Pasiva Gigabit”, posee una estructura desde 622 Mb/s hasta 2,5 Gb/s, así como la capacidad de soportar capacidades de bits asimétricas. La transmisión más utilizada por plataformas PON por su velocidad es de 2,48 Gb/s en el canal de distribución (downlink) y de 1,244 Gb/s en el canal de retorno (uplink). (López, Moschim, & Rudge, 2009)

Otro aspecto importante se refiere a la eficiencia del protocolo, es decir, la sincronización en la transmisión de datos. En el caso de las redes GPON, el índice de eficiencia puede alcanzar el 92%. Además, en el cableado que utiliza GPON, la proporción estándar de 1 para 64 se puede actualizar hasta 128 puntos de conexión por puerto. (Furukawa, 2021)

Además, esta red puede ser demultiplexada hasta para 64 usuarios, lo que la hace una red muy accesible para muchas implementaciones.

Cabe resaltar que el tipo de multiplexación que usa la tecnología GPON es WDM (Wavelength Division Multiplexing) o en español Multiplexación por División de Onda; es decir sobrepone varias longitudes de onda para ser emitidas por un mismo medio usando un haz de luz láser. WDM es bidireccional y los datos de subida (uplink) y los de bajada (downlink) comparten la misma fibra. (Lansystems, 2017)

En la figura 1 se observa el esquema de una red con tecnología GPON.

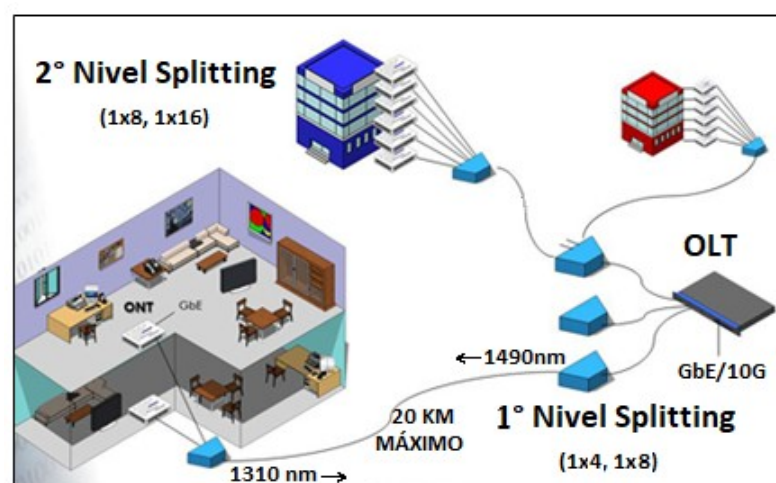


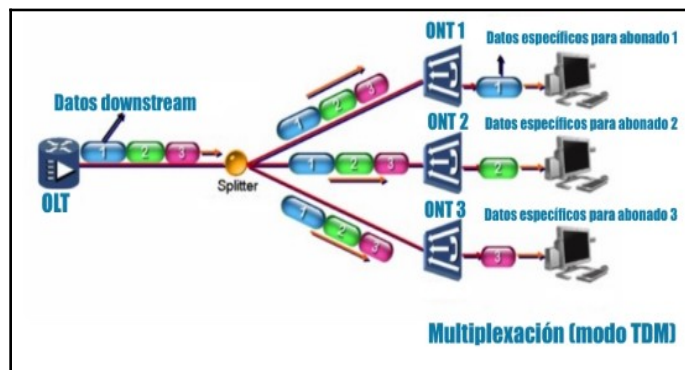
Figura 1. Topología de una Red GPON  
Fuente: Ccapitalia.

A continuación, se muestran las características del Downlink y Uplink.

#### Downlink en GPON

- Desde el OLT en modo broadcast TDM (Multiplexación por División de Tiempo) los paquetes son transmitidos.
- Independientemente de que haya datos disponibles o no, en TDM siempre se está emitiendo un periodo temporal fijo.
- Los splitters solo replican los datos, mientras que las ONTs los transmiten.
- El ONT se encarga de filtrar los datos y guarda sólo los que van dirigidos al usuario.
- Los datos van encriptados para que ninguna otra ONT pueda leer los datos de otro usuario. (Lansystems, 2017)

En la figura N°2 se muestran los datos enviados desde el OLT a cada uno de los ONTs

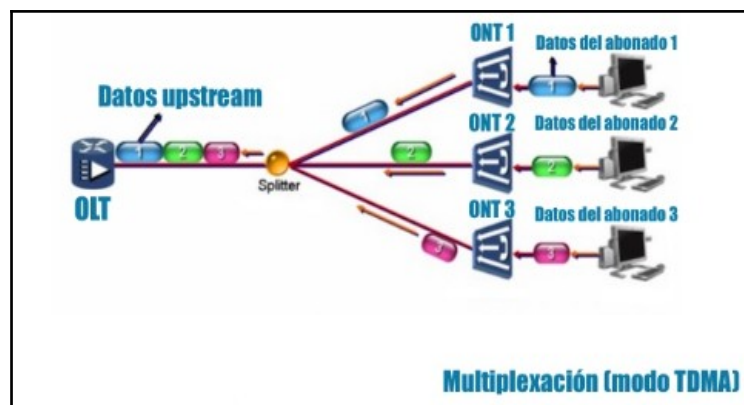


*Figura 2.* Datos de bajada en GPON  
Fuente: Naseros.

### Uplink en GPON

- El ONT remite los paquetes en modo TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo).
- En el ONT los datos de cada abonado van al OLT de la operadora, y al splitter llegan los datos de cada usuario.
- El ONT transmite sólo cuando es necesario en TDMA para que no se produzcan choques al enviar los datos al OLT.
- El OLT indica al ONT cuándo se deben enviar los paquetes para que no se produzcan choques o colisiones y saber la distancia de todas las ONTs para conocer el tiempo de llegada de cada una. (Lansystems, 2017)

En la figura 3 se observan los paquetes de datos enviados desde el ONT hasta el OLT.



*Figura 3.* Datos de subida

GPON

Fuente: Naseros.

en

Y la atenuación de una red FTTH con tecnología GPON se calcula de la fórmula:

Fórmula 1. Atenuación

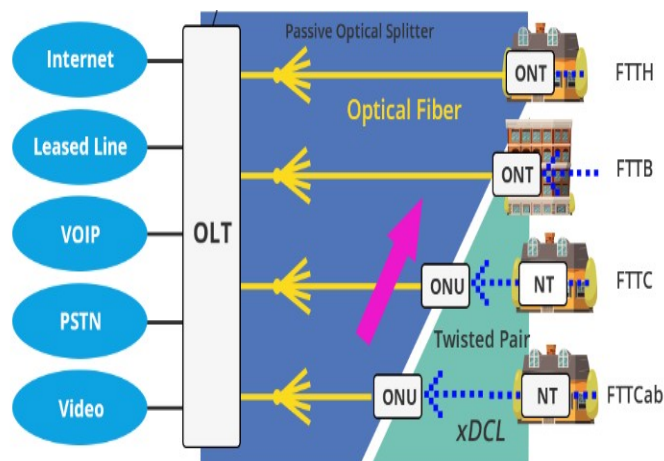
$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M \dots \dots \dots (1)$$

Donde

- n: número de conectores
- C: pérdida de un conector óptico (dB)
- c: número de empalmes en sección de cable básica
- J: pérdida de un empalme (dB)
- M: margen del sistema (los cables de conexión, la curva de cable, los eventos de pérdida óptica impredecibles en dB.)
- a: pérdida de cable óptico (dB/km)
- L: distancia total del cable óptico (km)

FTTH (Fiber To The Home) es la red que se presenta como la arquitectura idónea para el tendido de la fibra desde el OLT hacia el hogar del usuario con la ventaja de contar con una alta velocidad de transmisión de datos, voz y video de alta calidad. FTTH es una red pasiva, hay ausencia de componentes activos entre la ODN lo que minimiza el mantenimiento de la red (Leon, 2015).

Una de las características principales de la arquitectura de red FTTH es que usa una topología punto-multipunto. Esto permite que una única fibra pueda atender a diversos usuarios, debido a los divisores ópticos pasivos que se utilizan para dividir el ancho de banda. En la imagen 4 se puede percibir las variantes de la red FTTx. (Sopto, 2020)





*Figura 4. Red FTTx*  
Fuente: [Sopto](#).

A continuación, se presentan las dos características de nuestra primera variable.

**c) Alta velocidad**

Las redes de alta velocidad son un conjunto de redes diseñadas para brindar servicios de alto rendimiento, con canales de anchos de banda que van desde los 2 Mbps, pasando por los 642Mbps, alcanzando los 10Gbps. El medio físico de conexión está conformado mayoritariamente por enlaces de fibra óptica, que es aquella fibra que se encuentra tendida para uso futuro, es decir se tiene la capacidad de ampliar los anchos de banda disponibles cuando se requiera sólo invirtiendo en dispositivos finales de interconexión. (Miller & López, 2010)

**d) Capacidad**

La capacidad es denotada por el ancho de banda y es un factor importante al determinar la calidad y la velocidad de una red.

Hay varias formas diferentes de medir el ancho de banda. Algunas se utilizan para calcular el flujo de datos en un momento dado, mientras que otras miden el flujo máximo, el flujo típico o lo que se considera un buen flujo.

La capacidad también es un concepto clave en muchas otras áreas tecnológicas.

Análogamente se puede comparar con el agua que fluye a través de una tubería, el ancho de banda sería el tamaño del tubo donde fluye el agua (los datos). (Paessler, 2022)

**d.1.1. Conectividad de internet**

Es una capacidad de establecer una comunicación o crear un vínculo entre diferentes dispositivos a usuarios, ya sea a través de dispositivos que se conectan a través de cables como también de manera inalámbrica. (Russo, 2021).

Esta variable también presenta una característica muy importante, que se define a continuación.

a) Latencia

La latencia es un término que describe el tiempo total que demora un grupo de datos (información) en transportarse de un punto a otro. Esta latencia se mide en milisegundos. Por lo tanto, cuanto menor sea el número (milisegundos), la latencia se comportará de una manera más eficiente, por lo cual, el usuario tendrá un mejor servicio (kionetworks, 2022).

La latencia se puede calcular con la fórmula.

Fórmula 2. Tiempo con respecto a la velocidad y la distancia.

$$v = d/t \dots\dots\dots(2)$$

donde:

v = velocidad (m/s)

d = distancia (m)

t = tiempo (s) (OSINERGIM, 2022)

Además, la velocidad de la luz es  $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

a.1. Definición de términos básicos

- OLT (Optical line Termination): Es el terminal de línea óptica y se coloca en el punto final de los proveedores de internet. (Khatiwoda & Dawadi, 2021)
- FTTH (Fiber To The Home): La Fibra se conecta directamente desde una central o central telefónica hasta el domicilio del abonado. (Khatiwoda & Dawadi, 2021)
- PON (Passive Optical Network): La arquitectura PON tiene una estructura de punto a multipunto y el ancho de banda es compartido por los diferentes abonados. No utiliza componentes activos como amplificadores, repetidores y circuitos de conformación. (Khatiwoda & Dawadi, 2021)
- ONT/ONU (Optical Network Terminal / Optical Network Unit): Dispositivo ubicado en el domicilio del abonado, capaz de recibir y filtrar la información recibida por el OLT. (Pérez & Frías, 2020)
- GPON: Es la sigla de Gigabit Passive Optical Network, que en español significa Red Óptica Pasiva Gigabit. Tiene una capacidad de tráfico de hasta

2,5 Gbps en downstream y 1,25 Gbps en sentido upstream. (Furukawa, 2021)

- BPON: Es la sigla de Broadband PON que en español significa Red Óptica Pasiva de Banda Ancha. Pertenece al mismo estándar que APON, el ITU-T G.983. Dentro de las mejoras de BPON, con respecto a su antecesor, están el soporte de mayor cantidad de servicios y la mejora en cuanto al mapeo de los mismos. (Glosariolt.com, 2022)
- EPON: (Ethernet Passive Optical Network - Red Óptica Pasiva de Ethernet). Utiliza el protocolo Ethernet como soporte para el transporte de datos y usa un esquema simétrico en cuanto a la velocidad de transmisión de datos de subida y de bajada a 1 Gbps (Glosariolt.com, 2022).
- TDM: Es la sigla de Multiplexación por División de Tiempo. Este proceso consta de transmitir señales digitales en intervalos de tiempo iguales y de longitud fija, a través de una canal común. (Techopedia, 2022).
- TDMA: (Time División Múltiple Access – Acceso Múltiple por División de Tiempo). Para transferir una mayor cantidad de datos, la información se multiplexa en ranuras distintas (Spiegato, 2022).
- ATM: Modo de Transferencia Asíncrona. Esta tecnología usa multiplexación por división de tiempo asíncrona y codifica datos en pequeños paquetes de longitud fija. (Millan, 2007)
- PLOAM: (Physical Layer OAM). Es un canal habilitado en la trama GTC para el intercambio de mensajes entre la OLT y la ONU. (García, 2012)

## **CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

### **2.**

#### **b.1. Tipificación de la investigación**

##### **b.1.1. Tipo de investigación**

En una investigación científica, existen dos tipos con diferentes propósitos; la aplicada y la básica. La investigación como busca resolver un problema puntual a un conjunto de personas, desde el punto de vista tecnológico, es de tipo aplicada , porque existe interacción con el entorno para el registro de los fenómenos de interés; y la investigación básica para producir conocimientos y teorías. (Fernandez, Hernandez, & Baptista, 2014)

Esta investigación es de tipo aplicada ya que buscaremos optimizar el internet que llega al distrito de Ayacucho en la provincia de Ayacucho.

##### **b.1.2. Nivel de Investigación**

Según Daniel Behar tenemos 5 niveles:

- Exploratorio o formulativo: El objeto del estudio es el planteamiento de un problema para el desarrollo de una hipótesis (Behar, 2008, p. 16).
  - Descriptivo: El fenómeno estudiado se detalla a través de una medición de una o varias de sus propiedades (Behar, 2008, p.17).
  - Explicativo: Se orienta al reconocimiento y análisis de sus variables independientes y sus resultados, los que se expresan en las variables dependientes (Behar, 2008, p. 18).
  - Correlacional: El objeto de este nivel es conocer la relación de una variable teniendo en cuenta el comportamiento de otra variable relacionada (Behar, 2008, p. 19).
  - Experimentales: En este nivel se corrobora los resultados de una intervención específica, para ello el desarrollador tiene un papel activo, porque es más participativo. (Behar, 2008, p. 20)
- Luego de explicados estos niveles, se puede concluir que la investigación realizada es de nivel explicativo.

## b.2. Ubicación de lugar al estudio

El distrito de Ayacucho está ubicado en la región Sur Central de los Andes, en las coordenadas: Latitud Sur 13° 09' 26" y Longitud Oeste 74° 13'22" del meridiano.

Ayacucho limita con el Distrito de Pacasmayo al norte, con el Distrito de Nazareno y Tambo Morán al este, con el Distrito de Ticsani al sur y con el Distrito de Ticsani y Socos al oeste (Eva Ayacucho, 2017). En la zona de Ayacucho.



Figura 5. Mapa del distrito de Ayacucho, provincia de Ayacucho.  
Fuente: Elaboración personal.

### b.3. Diseño General

El diseño de nuestro proyecto tuvo 4 partes: lugar donde se ubica el equipo terminal (OLT), lugar donde se colocan los divisores ópticos primarios, lugar donde se colocan los divisores ópticos secundarios y finalmente la ruta de la fibra. La red donde ubicamos los divisores ópticos primarios tuvo una arquitectura tipo anillo, ya que esta topología permite al operador mantener el servicio de red si uno de sus lados se corta. El puerto de inicio estuvo en modo activo y el otro puerto en modo pasivo. El puerto de modo pasivo se activó cuando existió una falla en la red de alimentación y así se evitó la desconexión del enlace. Y la segunda red fue de una topología tipo árbol, ya que permitió conectar más puntos gracias a la inclusión de los divisores ópticos secundarios.

#### b.3.1. Ubicación del Equipo terminal de línea (OLT)

La Central - OLT está ubicada en la Jr. Asamblea 299, en el mismo lugar donde se ubica la central de Telefónica, mientras que el Nodo se ubica , como se observa en la figura 6.

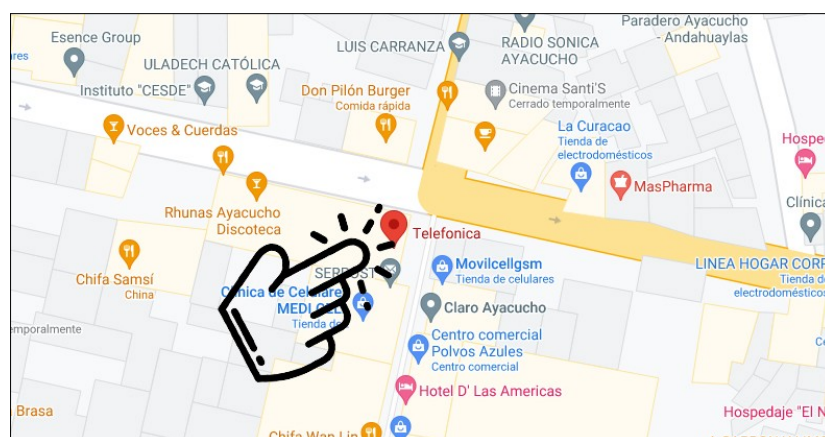


Figura 6. Ubicación del OLT  
 Fuente: Elaboración personal.

Seguidamente se observa la tabla 2, en la cual se presenta la latitud y longitud del OLT.

Tabla 2. Coordenadas del OLT

Latitud	Longitud
-13.15799°	-74.22511°

Fuente: Elaboración personal.

b.3.2. Red principal

La red principal que es de topología tipo anillo estuvo conformada por dos divisores ópticos primarios de 2x2, que identificamos como d1 y d2. El divisor 1 se encuentra ubicado en RQW8+6VR, Jr Manco Cápac, Ayacucho 05003, mientras que el divisor 2 está ubicado RQRP+R3X, Vía Evitamiento, Ayacucho 05001 como se muestra en la figura N°7. Y en la tabla 3 mostramos las coordenadas.

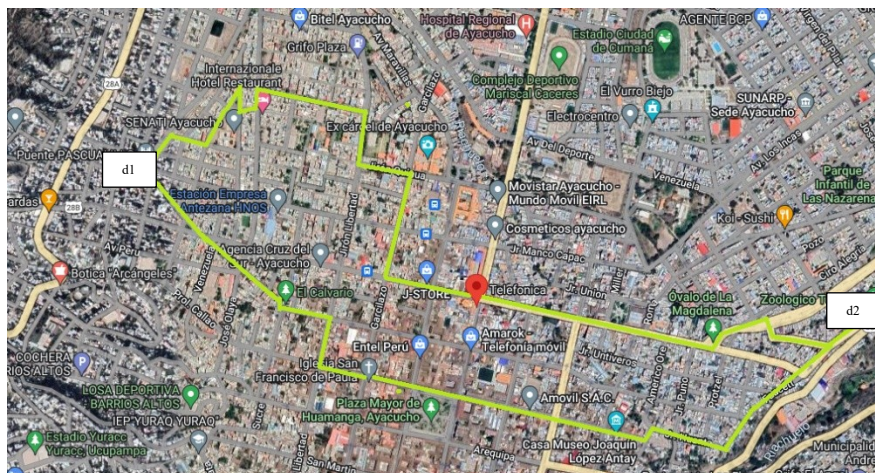


Figura 7. La Topología tipo anillo y todas las calles que engloba.  
 Fuente: Elaboración personal.

Tabla 3. Divisores primarios y sus coordenadas.

Div. Primarios	Latitud	Longitud
d1	-13.1566663°	-74.2331796°
d2	-13.1581546°	-74.2159162°



Fuente: Elaboración personal.

### b.3.3. Red secundaria

La red de distribución está conformada por cuatro divisores ópticos secundarios de 1x4. Estos se encuentran ubicados en los postes que están al frente de cada centro, los enumeramos del 1 al 4. Y en la figura 8 se muestra el divisor óptico de 1x4. En la tabla 4, mostramos las ubicaciones y sus coordenadas.

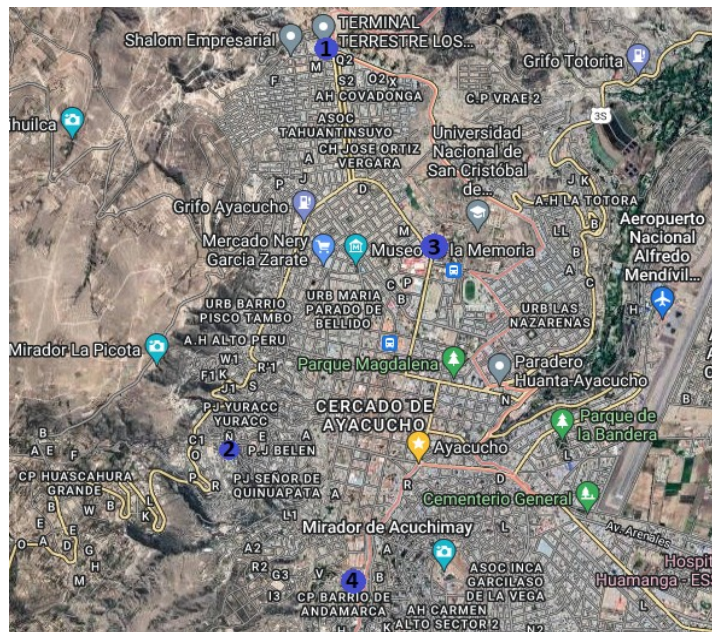


Figura 8. Ubicación de los divisores secundarios  
Fuente: Elaboración personal.



LEYENDA

- Divisores secundarios

Tabla 4. Coordenadas y nombres de los divisores secundarios.

Div. Secundario	Nombre del lugar	Latitud	Longitud
secundario 1	Terminal terrestre Wari	-13.1342364°	-74.2325823°
secundario 2	Colegio Melitón Carvajal	-13.1643567°	-74.2354169°
secundario 3	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga	-13.1503107°	-74.2232554°
secundario 4	Colegio Ramón Castilla	-13.16759°	-74.23155°

Fuente: Elaboración personal.

b.3.4. Rutas de la red óptica

Las rutas de la fibra óptica que tomamos en cuenta aprovecharon la redundancia que tendrá dicha red, ya que la red principal es de topología tipo anillo. A la red principal se conectó la OLT con los divisores ópticos primarios y secundarios.

A continuación, la figura 9 se muestra la unión de todas las redes. Y en la tabla 5 mostramos toda la trayectoria de la fibra óptica,

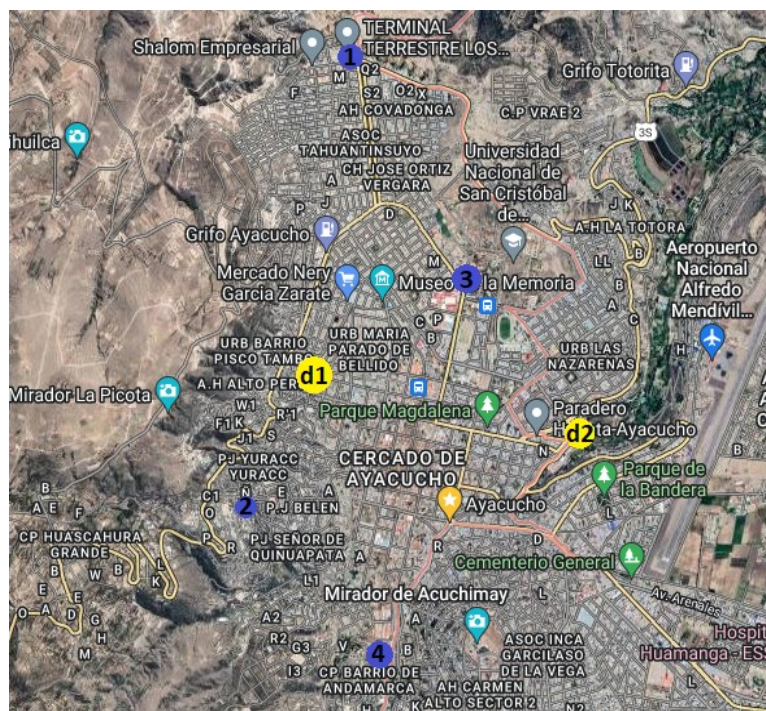


Figura 9. Todas las redes situadas en el mapa del distrito de Ayacucho  
 Fuente: Elaboración propia.

LEYENDA

- Divisores primarios
- Divisores secundarios

Tabla 5. Todas las rutas por donde viajará la fibra óptica

Trayectoria	Distancia (Km)
OLT - d1	1.6
OLT - d2	1.14
OLT - Sec. 1	3.01
OLT - Sec. 2	1.88
OLT - Sec. 3	0.988
OLT - Sec. 4	2.55
d1 - d2	2.44
total	11.058

Fuente: Elaboración personal.

A continuación, en la figura 10 se muestra todos los divisores con las rutas en conjunto.

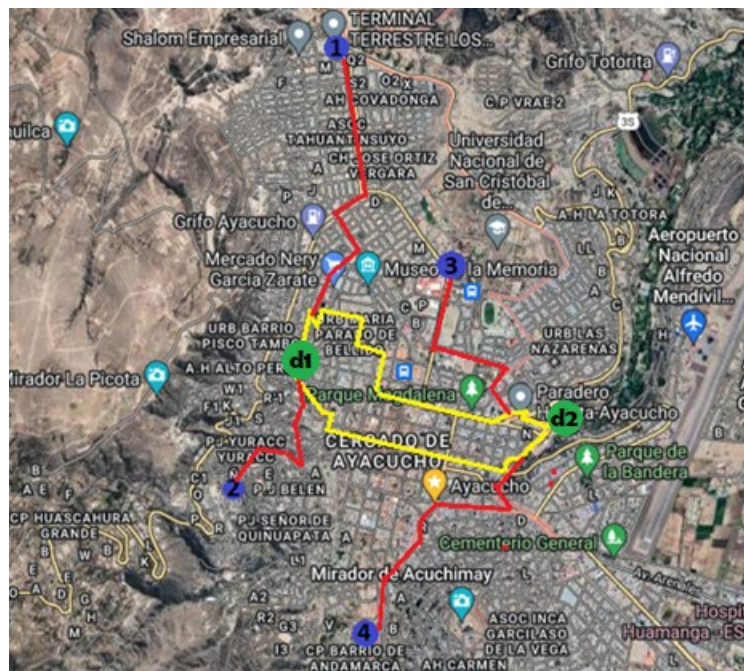


Figura 10. Toda la red GPON  
Fuente: Elaboración personal.

LEYENDA

- Red principal
- Red secundaria
- Splitters primarios
- Splitters secundarios

b.4. Componentes de la Red GPON

En la siguiente tabla 6 mencionamos 3 equipos que comparamos y en la tabla 7 mostramos sus características, para poder escoger el correcto.

Tabla 6. Comparación entre 3 tipos de opciones.

Equipos y materiales	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
OLT	Rack Mounted GPON OLT FD16088S-B0	ZTE ZXA10 C320 2	Huawei SmartAX EA5800-X2 32 puertos GPON
Divisor óptico primario	Divisor Óptico 2xN Equilibrado	Splitter O Divisor de Fibra Optica 1x8 Plc	Splitter Óptico 1:16 Dixon Ft-ps-1-16a
Divisor óptico secundario	(Splitter) tipo riel DIN, divisor de fibra óptica monomodo de SC/APC, 1x4	LGX TYPE PLC SPLITTERS	Splitter Óptico Plc 1*16 Con Conector Sc/apc

ONT	4GE 2POTS 1USB Voice GPON HGU ONT – FD600- 604GWD	2Dbi 5Dbi CATV HG8247H5 EG8143A5 GPON EPON XPON ONU ONT Optical Network Terminal FTTH for Huawei	Xn020-g3v Router GPON Voip Gigabit Inalámbrico N A 300mbps
Bandeja de distribución (ODF)	ODF Metal 12 Puertos Sc/apc Y Sc/upc Conectorizados Incl Iva	ODF Fibra Óptica 24 Puertos	ODF Caja Estanca Para Buzones Con Capacidad De 60 Hilos
Caja terminal	Caja óptica subterránea/aérea FK-CTOS-16P	Xz000-g3 Terminal GPON Gigabit de 1 Puerto Puente Fibra-Rj45	Caja de distribución 1*8 de gran resistencia,
Cable óptico monomodo G.652D de 12 hilos	BendBright Single-Mode Optical Fiber	LC/UPC Fiber Optic Patch Cord	OM5 PATCH CORDS
Conector	SC Monomodo	Conectores Sc-apc X 10 Und. Fibra Óptica Fth	Euroconnex Conector Fibra Óptica SC/UPC 3 mm

Fuente: Elaboración personal.

Equipos y materiales	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
OLT	Puerto de enlace ascendente, Puerto COMBO 4 puertos Ethernet de negociación automática 10/100/1000M, 4 interfaces SFP 10 Gigabit, 2 interfaces SFP+ Puerto PON Cantidad 8, Ranura SFP de interfaz física Tipo de interfaz GPON: ITU- TG.984.2 Clase B+/Clase C+ Relación máxima de división GPON: 1:128	ZTE ZX10 C320 2 (GPON / P2P / XGPON1), 2 plazas para tarjeta de control, 1 ranura de tarjeta de alimentación, 1 ranura (10GE / GE / FE / E1 / T1)	Ranuras para tablero de control: 3, 4 Ranuras para placa de servicio o placa de interfaz ascendente: 1 a 2 No es compatible con la placa de interfaz universal Ranura para tarjeta de alimentación: 0
Divisor óptico primario	Pérdida de Inserción Máxima 4 dB, Temperatura de trabajo- 40~+85°C, Pérdida de Retorno =55 dB	Pérdida de Inserción Máxima 4 dB, Temperatura de Operación -40~+85°C, Pérdida de Retorno >55 dB	Insertion Loss ≤7.4dB, Temperatura de Operación -40~+80°C
Divisor óptico secundario	Divisor de fibra óptica (Divisor), Divisor de fibra óptica monomodo SC/APC,	Unidormidad máxima 0.8dB, PDL máximo 0.3dB, pérdida de retorno	Unidormidad máxima 0.8dB, PDL 0.2dB, pérdida de retorno 50-55

	1x4 PLC SC/APC para FTTH, FTTB y FTTx. Fácil de instalar en diferentes lugares. Longitud del cable 5 metros	>55 dB, directividad >55 dB, Temperatura de Operación -40~+85°C	dB, directividad 55 dB, Temperatura de Operación -40~+85°C
ONT	Totamente compatible con ITU-T G.984, Admite cuatro puertos Ethernet de adaptación automática GE, Admite acceso Wi-Fi 11a/b/g/n/ac, mientras admite 2,4 GHz y 5 GHz, admite una interfaz USB Compatible con OMCI y TR069 para gestión remota Admite negociación automática y MDI/MDIX	Temperatura de funcionamiento 0°C a 40°C, entrada del adaptador de corriente 100–240 V CA, 50/60 Hz Consumo de energía estática 3.1W NNI GPON Conector óptico 1 * interfaz GPON SC/UPC puertos 1 x GE, 3 x FE, 1 x POTS, 1 x Wi-Fi (2.4G)	Módem GPON con AP inalámbrico y conmutador de 2 puertos. XN020-G3, cumple con los estándares ITU-T G.984 / G.988 GPON, acepta velocidades de datos máximas de hasta 2.488 Gbps de bajada y 1.244 Gbps de subida.
Cable fibra óptica monomodo G.652D	Compresión Mínima: 100 N/cm $\leq 0,4 \text{ dB} \leq 0,6 \text{ dB}$ Torsión 10 ciclos $\leq 0,4 \text{ dB} \leq 0,6 \text{ dB}$ Doblamiento 25 ciclos x 2 kgf $\leq 0,4 \text{ dB} \leq 0,6 \text{ dB}$ , 12 hilos	Pérdida de retorno 50dB, Carga tensora norte 5, temperatura de operacion -40-80 °C, Temperatura de almacenamiento -40-80 °C, 6 hilos	Dimensión del cable 2,0 mm, 3,0 mm; alambre de Longitudes de onda de prueba 850±30/1300±30nm, Pérdida de inserción (dB) $\leq 0,3 \text{ dB}$ . Pérdida de retorno $\geq 35 \text{ dB}$ . Temperatura de funcionamiento -10~ +70 (°C). Temperatura de almacenamiento (°C) -40 ~ +85, 4 hilos

Tabla 7. Características principales de cada dispositivo

Fuente: Elaboración personal.

Después de leer las características de cada dispositivo, escogimos el OLT Rack Mounted GPON OLT FD16088S-B0 ya que posee mayores características a un menor precio, el divisor 2xN Equilibrado tiene una pérdida de 4dB además de tener una pérdida de retorno de 55dB, que es menor a los demás splitters. El divisor secundario, el ONT y fibra óptica, ocurre lo mismo, en las especificaciones podemos leer que la primera columna posee mejores características; por eso detallamos cada uno en la siguiente parte.

#### b.4.1. OLT (Línea terminal Óptica)

Escogimos un elemento de carácter activo, encargado de enviar la señal

1 en la figura



*Figura 11.* Rack mounted GPON OLT fd16088s-b0  
Fuente: Cdatec.

#### b.4.2. Divisores ópticos

Un Splitter nos permitió distribuir la señal de entrada en todas las ramas de salida que necesitamos, tal como se muestra en la figura N°12. y para el divisor secundario escogimos uno con una sola entrada y cuatro salidas, como se ve en la figura 13:



*Figura 12.* Divisor Óptico 2xN Equilibrado  
Fuente: Furukawatam.



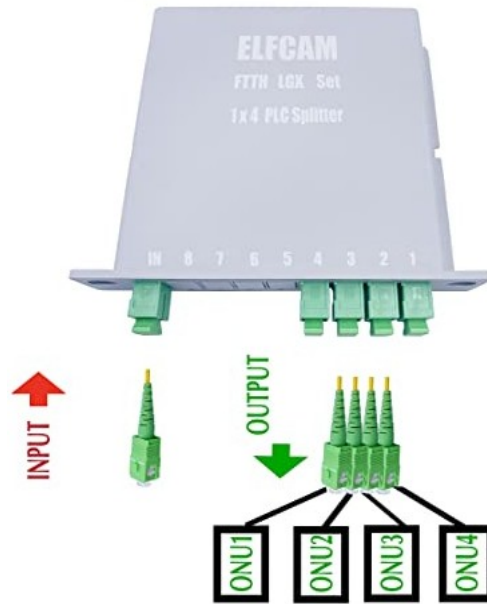


Figura 13. Divisor de fibra óptica monomodo de SC/APC, 1x4.  
Fuente: Amazon.

#### b.4.3. Equipo terminal de red (ONT)

Escogimos un equipo que posea tasas altas de uplink y downlink, para la interconexión con la fibra óptica. En la figura 14 mostramos la ONT que se usó.



Figura 14. GPON hgu ONT  
Fuente: Cdatec.

#### b.4.4. Cable de fibra óptica

Por las características puestas en la tabla 7 Escogimos el cable óptico BendBright Single-Mode Optical Fiber, que recorrió todos los kilómetros de nuestra red. En la figura 15 se muestra el cable de fibra óptica para este diseño.



*Figura 15.* Cable de fibra óptica  
Fuente: Furukawatam.

#### b.5. Dimensionamiento de la Red

En este punto tuvimos en cuenta los factores de atenuación los cuales son: atenuación máxima de toda la red, pérdida de la fibra óptica, pérdida de los divisores ópticos secundarios y primarios, pérdida de los conectores y pérdida de los empalmes.

La pérdida máxima del sistema equivale a la diferencia del OLT y el ONT, tomando en cuenta la potencia mínima.

La mínima potencia del OLT es + 1.5 dBm y la mínima potencia de recepción es -28dBm; por lo tanto, la pérdida máxima de la red es de 29.5 dB. En la imagen 16, se observa la potencia mínima del OLT obtenida del datasheet.

Light transmission power	Class B+ +1.5~+5dBm	Class C+ +3~+7dBm
Receiving sensitivity	Class B+ : -28dBm	Class C+ : -30dBm
Saturation power	Class B+ -8dBm	Class C+ -12dBm

*Figura 16.* valores de potencia del OLT  
Fuente: Gpon-olt Datasheet



En la siguiente tabla N°8 se muestra los datos de la pérdida de nuestros equipos, obtenidos de la ficha técnica.

Tabla 8. Valores de atenuación

Fuente: Elaboración personal.

Con la siguiente fórmula calculamos la atenuación del sistema, que fue definida en el punto 2.3.1.

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$$

$$n = 5$$

$$C = 0.3 \text{ dB}$$

$$c = 4$$

$$J = 0.03 \text{ dB}$$

$$M = 11 \text{ dB (Divisor óptico 2x2 + Divisor óptico 1x4)}$$

$$A = 0.4 \text{ dB/km}$$

$$L = 5.32 \text{ km}$$

En la siguiente  
el valor de la

Atenuación	dB
Divisor Óptico 2x2	4
Divisor Óptico 1x4	7
Conectores	0.2

imagen N°17 se muestra  
atenuación/kilometro

Ambientales	Ciclo térmico	Empalme	-20° C a +65° C	0.03	≤ 0,4 dB/km	≤ 0,6 dB/km
	Penetración de humedad	Cable	Columna de agua 1m x 24h	0.4		No debe vaciar

obtenida del data sheet.

Figura 17. Atenuación del cable  
Fuente: Furukawatam.

En la figura N°18 se muestra la longitud total del anillo con los divisores d1 y d2.



Figura 18. Longitud del anillo  
Fuente: Elaboración personal.

LEYENDA

- Recorrido en metros de la distancia que forma el anillo

b.5.1. Dimensionamiento de la red principal

La tabla 9 presenta el cálculo de las pérdidas empezando por el OLT al divisor 1 y posteriormente al divisor secundario 1 y 2.

Tabla 9. Atenuaciones respecto al divisor 1

Fuente: Elaboración personal.

En la siguiente imagen 19 se observa la distancia del OLT al divisor 1.

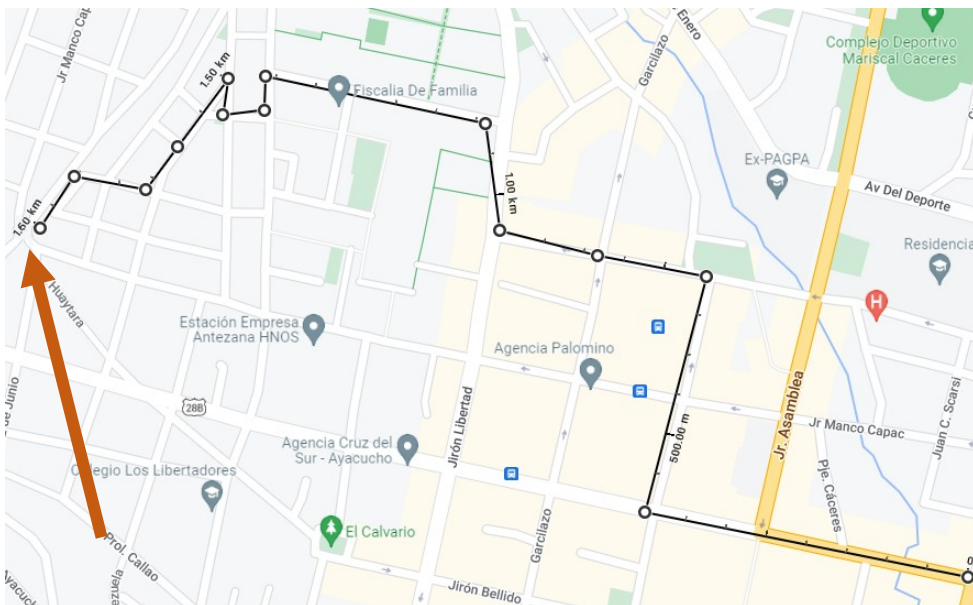


Figura 19. Distancia del OLT a d1  
Fuente: Elaboración personal.

LEYENDA

- Distancia en metros desde el OLT a d1

Los cálculos se muestran a continuación:

Para OLT - Sec. 1

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$$

$$n = 5$$

$$C = 0.3\text{dB}$$

$$c = 4$$

$$J = 0.03\text{dB}$$

$$M = 11\text{dB}$$

$$L = 4.23\text{Km}$$

$$a = 0.4 \text{ dB/Km}$$

$$\text{Resultado de TA} = 14.31\text{dB}$$

Para OLT - Sec. 2

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$$

$$n = 5$$

$$C = 0.3\text{dB}$$

$$c = 4$$

$$J = 0.03\text{dB}$$

$$M = 11\text{dB}$$

$$L = 3.40\text{Km}$$

$$a = 0.4 \text{ dB/Km}$$

$$\text{Resultado de TA} = 13.98\text{dB}$$

En la siguiente tabla N°10 se muestra el cálculo de las atenuaciones de la distancia del OLT al divisor 2 y al divisor secundario 3 y 4.

Tabla 10. Atenuaciones respecto al divisor 2

Trayectoria	Distancia (Km)	Pérdida total del tramo (dB)
OLT - d2	1.14	
OLT - Sec. 3	3.01	13.82
OLT - Sec. 4	3.81	14.14

Fuente: Elaboración personal.

Seguidamente se muestra la figura 20, en la cual se observa la distancia desde el OLT al divisor 2.

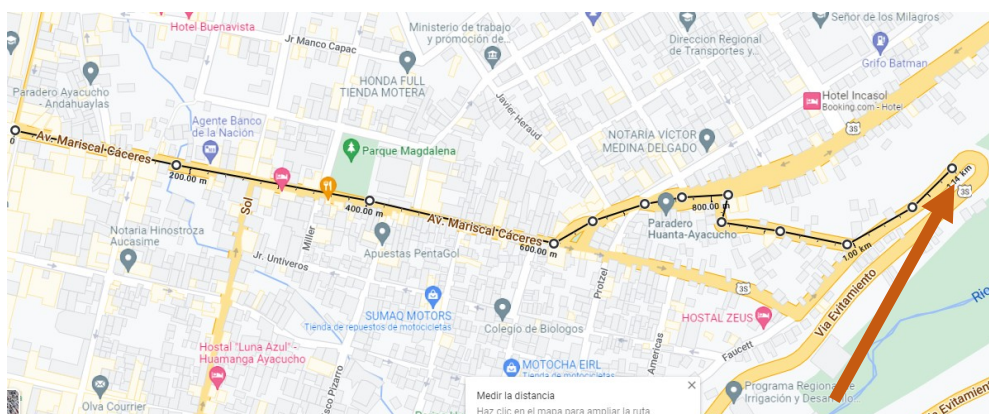


Figura 20. Distancia del OLT a d2

Fuente: Elaboración personal.

LEYENDA

- Recorrido en metros de la distancia del OLT hacia d2.

Los cálculos se muestran a continuación:

Para OLT - Sec. 3

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$$

$n = 5$   
 $C = 0.3\text{dB}$   
 $c = 4$   
 $J = 0.03\text{dB}$   
 $M = 11\text{dB}$   
 $L = 3.01\text{Km}$   
 $a = 0.4 \text{ dB/Km}$   
 Resultado de TA = 13.82dB

Para OLT - Sec. 4  
 $TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$   
 $n = 5$   
 $C = 0.3\text{dB}$   
 $c = 4$   
 $J = 0.03\text{dB}$   
 $M = 11\text{dB}$   
 $L = 3.81\text{Km}$   
 $a = 0.4 \text{ dB/Km}$   
 Resultado de TA = 14.142dB

El valor máximo en ambas tablas es 15.43 dB, el cual es menor al del sistema 29.50 dB.

#### b.5.2. Dimensionamiento de la red secundaria

En la siguiente tabla N°11 se muestra el cálculo de las atenuaciones de la distancia del OLT al divisor 2 y al divisor secundario 3 y 4 de la red de respaldo.

Tabla 11. Atenuaciones respecto al divisor en la red de respaldo.

Trayectoria	Distancia (Km)	Pérdida total del tramo (dB)
OLT - d2	1.14	
OLT - Sec. 3	5.74	14.92
OLT - Sec. 4	7.03	15.43

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se realizan los cálculos:

Para OLT - Sec. 3

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$$

$$n = 5$$

$$C = 0.3\text{dB}$$

$$c = 4$$

$$J = 0.03\text{dB}$$

$$M = 11\text{dB}$$

$$L = 5.74\text{Km}$$

$$a = 0.4 \text{ dB/Km}$$

$$\text{Resultado de TA} = 14.92\text{dB}$$

Para OLT - Sec. 3

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$$

$$n = 5$$

$$C = 0.3\text{dB}$$

$$c = 4$$

$$J = 0.03\text{dB}$$

$$M = 11\text{dB}$$

$$L = 7.03\text{Km}$$

$$a = 0.4 \text{ dB/Km}$$

$$\text{Resultado de TA} = 15.43\text{dB}$$

En la siguiente tabla 12 se presentan los cálculos de las atenuaciones con respecto a la distancia del OLT al divisor 1 y al divisor secundario 1 y 2 en la red de respaldo

Tabla 12. Atenuaciones respecto al divisor 1 en la red de respaldo.

Trayectoria	Distancia (Km)	Pérdida total del tramo (dB)
OLT - d1	1.60	
OLT - Sec. 1	6.00	15.02
OLT - Sec. 2	3.99	14.22

Fuente: Elaboración personal.

Posteriormente se realizan los cálculos:

Para OLT - Sec. 1

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$$

$$n = 5$$

$$C = 0.3\text{dB}$$

$$c = 4$$

$$J = 0.03\text{dB}$$

$$M = 11\text{dB}$$

$$L = 6.00\text{Km}$$

$$a = 0.4 \text{ dB/Km}$$

$$\text{Resultado de TA} = 15.02\text{dB}$$

Para OLT - Sec. 2

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$$

$$n = 5$$

$$C = 0.3\text{dB}$$

$$c = 4$$

$$J = 0.03\text{dB}$$

$$M = 11\text{dB}$$

$$L = 3.99\text{Km}$$

$$a = 0.4 \text{ dB/Km}$$

$$\text{Resultado de TA} = 14.22\text{dB}$$

El valor máximo en ambas tablas es 15.02 dB, el cual es menor al del sistema 29.50 dB.

b.6. Tasa de transmisión de datos

Esta parte se calculó la tasa de transmisión de información, que comprende VOIP, IPTV y acceso a Internet.

En consecuencia, se diseccionó el ritmo de piezas de cada asistencia.

En primer lugar, analizamos la administración de VOIP, para lo que utilizaremos el códec G.729, que tiene una velocidad de transferencia y descarga de 31,2 Kbps.

En segundo lugar, se examinó la administración de IPTV. Para ello, se utilizó la configuración MPEG4, que tiene una velocidad de descarga de 8 Mbps y de transferencia de 1,5 Mbps.

Por último, consideramos que cada puerto GPON de la OLT tiene un límite de 2,5 Gbps de descarga y 1,25 Gbps de transferencia, además, cada puerto suministra un límite de 64 clientes.

En esta investigación utilizamos 8 terminales (ONTs), determinamos las velocidades de transferencia y descarga de Internet para cada terminal de las siguientes operaciones. Donde DL es Downlink y UL es Uplink.

Fórmula 3. Downlink

$$DL = \frac{\text{Capacidad de descarga OLT}}{\text{Cantidad de terminales ONT}} \dots\dots\dots$$

(3)

$$DL = \frac{2500 \text{ Mbps}}{8 \text{ terminales}}$$

$$DL = 312.5 \text{ Mbps}$$

Fórmula 4. Uplink

$$UL = \frac{\text{Capacidad de carga OLT}}{\text{Capacidad de terminales ONT}} \dots\dots\dots$$

(4)

$$UL = \frac{1250 \text{ Mbps}}{8 \text{ terminales}}$$



$$UL = 156.25 \text{ Mbps}$$

#### b.7. Transmisión de la señal

Se refiere al tiempo de viaje de una señal desde un punto a otro punto, se debe tomar en cuenta que la velocidad real de una señal a través de una fibra óptica está relacionada con dos parámetros fundamentales como son el índice de refracción del material en que viaja la señal y la velocidad de la luz; por lo tanto, utilizando la fórmula 1 nos queda la siguiente expresión:

$$N = 1.6 \text{ y } C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Velocidad real} &= C / 1.6 \\ &= 187.5 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Calculamos los puntos de ubicación del divisor 1 y el divisor 4, los cuales presentan la posición de los nodos, la longitud entre los puntos a través de una red de fibra óptica. La longitud de fibra óptica en la red es de 2.77 Km.

Esta longitud presenta un tiempo de propagación de:

$$\begin{aligned} t &= 2.77 \text{ km} / 187,5 \text{ E8 m/s} \\ &= 0.1477 \mu\text{s} \end{aligned}$$

El tiempo de ida y retorno es dos veces ese tiempo, por lo que el tiempo de propagación ida y vuelta Divisor 1 - Divisor 4 = 0.2954  $\mu\text{s}$ .

#### b.8. Proyección de instalación de postes

Se ha previsto que la instalación es de tipo aéreo, ya que los cables dieléctricos no contienen ningún componente metálico, que tienda a minimizar los relámpagos y evitar el cruce del campo eléctrico desde las líneas de alimentación. Los cables blindados ofrecen protección mecánica adicional contra los ataques de los roedores, pero deben conectarse a tierra. (CommScope, 2017).

Para la instalación de tipo aéreo se tomaron las siguientes recomendaciones.

Estar siempre atento y tener cautela en la seguridad (desconexión eléctrica, etc). Instalar el fiador (conectado a tierra); luego preparar equipamiento (revisar figura 21)

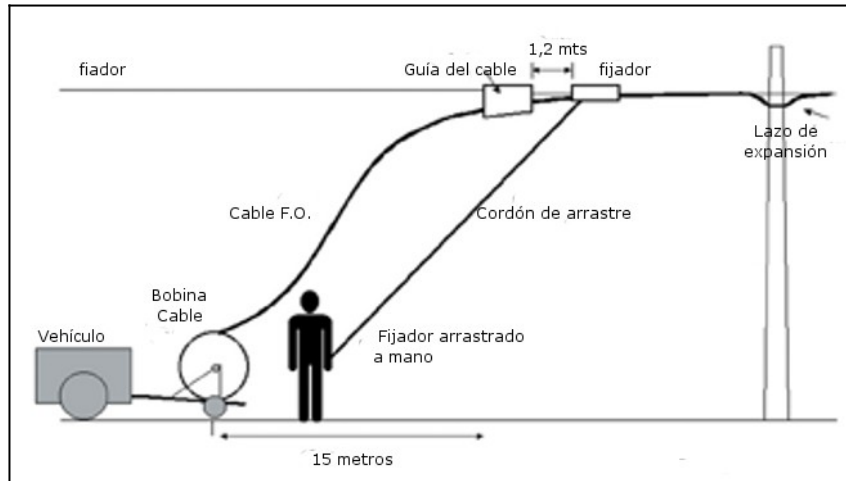


Figura 21. Equipamiento necesario.  
Fuente: Conectrónica.

Establecer el cable de ayuda y fijador con fiador. Respetar los radios de curvatura necesarios; mover el cable de fibra óptica junto al cable de ayuda y fijador. Mantener en todo momento la distancia de seguridad del carrete (15 mts) con respecto al fijador. A continuación, introduzca el fijador y consolidar el seguro del fiador (abrazadera de fijación).

Luego atar el cable al fiador en la abrazadera temporalmente, no olvidar ajustar el fijador para una correcta ejecución.

Seguidamente fijar un cabo de tiro al fijador y empezar la ejecución de desplegar a mano con mucho cuidado y no variar la velocidad del desplegado con respecto a la distancia de seguridad del carrete. (ver figura 22).

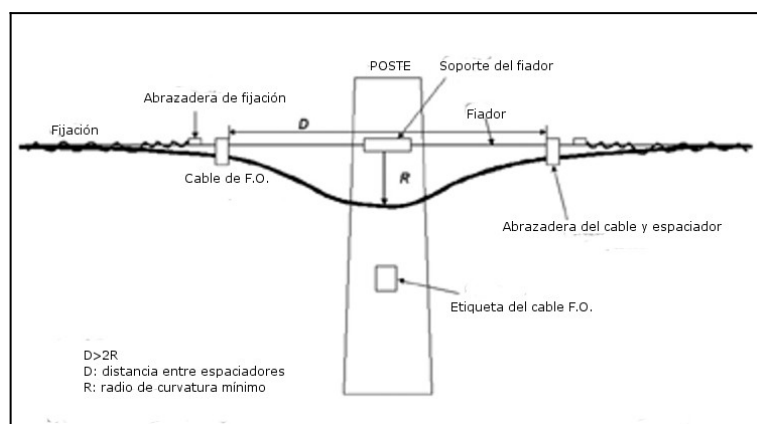


Figura 22. Anclaje de la fibra óptica al poste.  
Fuente: Conectrónica.

Finalmente se prosigue con el despliegue de la fibra señalando en cada poste con etiquetas de aviso de cable óptico. No olvidar que, las cajas para hacer las uniones se pueden colocar en los postes (ver figura 23) o en el cable fiador (ver figura 24) (Técnicas de Instalación - Fibra Optica, 2015).

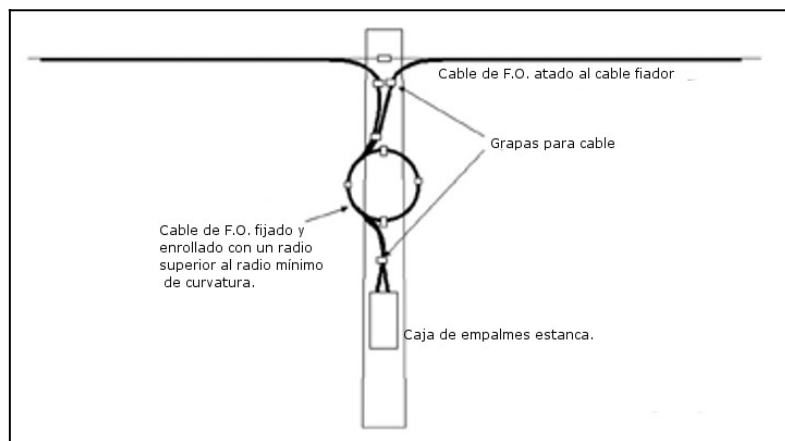
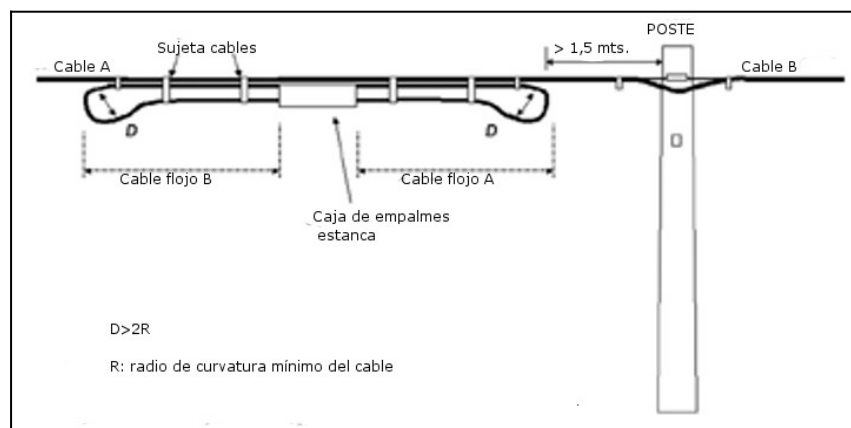


Figura 23. Caja de empalme montado al poste.  
Fuente: Conectrónica.



*Figura 24.* Caja de empalme a cable fiador  
Fuente: Conectrónica.

En la figura 25 se presentan las ubicaciones de cada uno de los postes utilizados en la red principal.

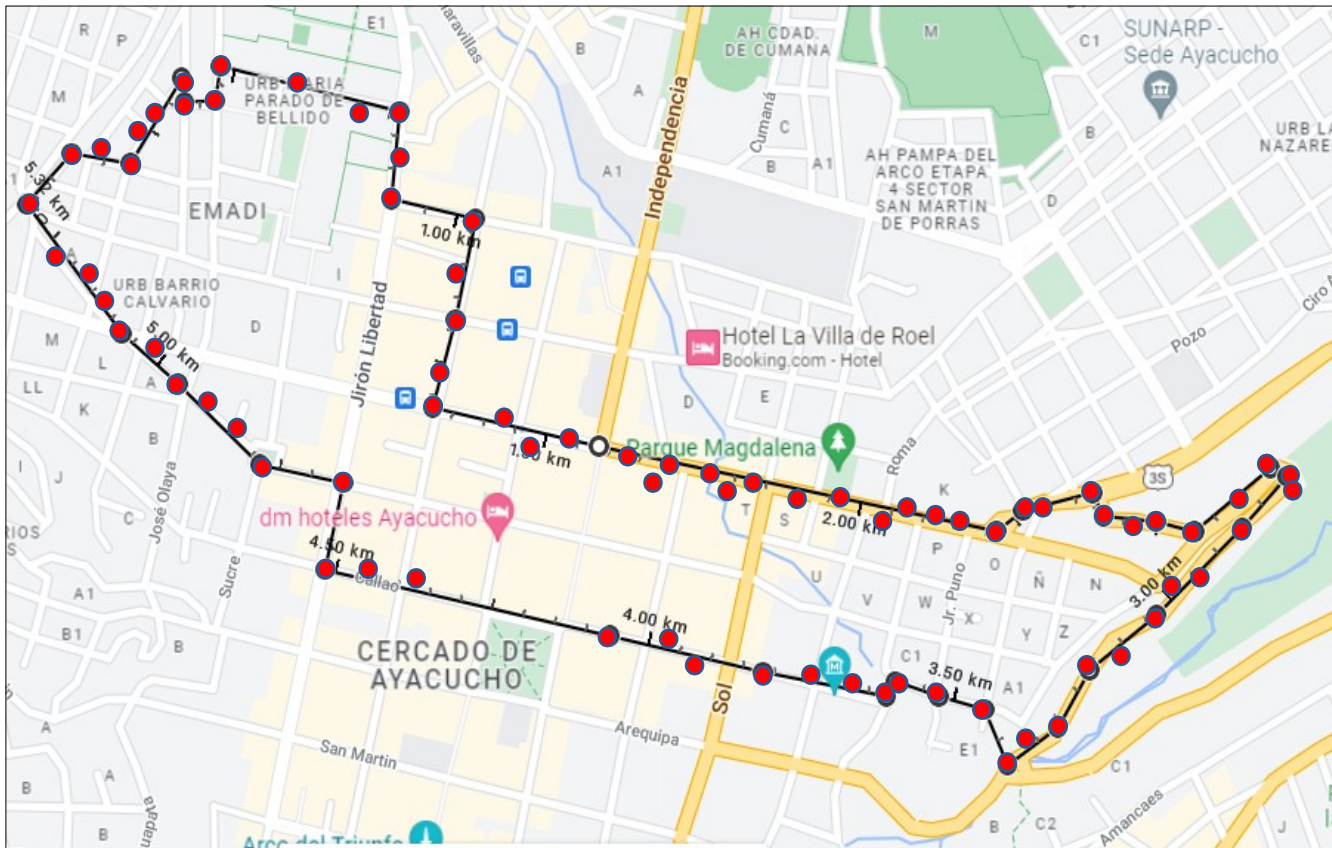


Figura 25. Postes utilizados en la red principal.  
 Fuente: Elaboración personal.

Leyenda

- Postes utilizados
- OLT

## CAPÍTULO IV: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### c.1. Presupuesto

#### c.1.1. CAPEX

En la siguiente tabla 13 se observan los precios de los equipos de la red GPON.

Tabla 13. CAPEX Principal

Equipos y materiales	Modelo	Cantidad	Precio Unitario (Inc. IGV S/.)	Total (Inc. IGV S/.)
OLT	rack mounted GPON OLT FD16088S-B0	1	12 500	12 500
Divisor óptico primario	Divisor Óptico 2xN Equilibrado	2	20	40
Divisor óptico secundario	(Splitter) tipo riel DIN, divisor de fibra óptica monomodo de SC/APC, 1x4	4	20	80
ONT	4GE 2POTS 1USB voice GPON HGU ONT – FD600-604GWD	8	380	3 040
Bandeja de distribución (ODF)	Odf Metal 12 Puertos Sc/apc Y Sc/upc Conectorizados Incl Iva	2	300	600
Caja terminal	caja óptica subterránea/aérea FK-CTOS-16P	6	100	600
Cable de F.O. monomódo G.652D de 12 hilos	BendBright Single-Mode Optical Fiber	11 500	5	57 500
Conector	SC Monomodo	16	5	80
Conector RJ-45	Cat 5 Cat5e	100	0.2	20
Costo de instalación		10 personas	500	5000
		2 supervisores	1000	2000

Fuente: Elaboración personal.

Seguidamente se presentan en la tabla 14 los gastos de cada equipo crítico, los cuales están en stock por posibles fallas.

Tabla 14. CAPEX de equipos de backup por si existen posibles fallos

Equipos y materiales	Repuestos críticos (unidades)	Precio Unitario (Inc. IGV S/.)	Total (Inc. IGV S/.)
OLT	1	12 500	12 500
Divisor óptico primario	2	20	40
Divisor óptico secundario	2	20	40
ONT	2	380	760
Cable fibra óptica monomodo	2000 (metros)	5	10 000
Conector	5	5	25
Conector RJ-45	20	0.2	4
<b>TOTAL</b>			<b>104 829</b>

Fuente: Elaboración personal.

El monto total del CAPEX (equipos de la red GPON y el backup) es de s/. 104 829.00

c.1.2. OPEX

En la tabla 15 se observan los gastos operativos, o gastos operacionales, los cuales incluyen mantenimiento, reemplazo de accesorios y equipos.

Tabla 15. Costos operacionales (OPEX)

Actividad	Cantidad	Precio Unitario (Inc. IGV S/.)	Total (Inc. IGV S/.)
Sueldo del Personal (mensual)	2	2 050	4 100
Mantenimiento correctivo	1 año	1 000	12 000
total			16 100

Fuente: Elaboración personal.

Seguidamente se observa en la tabla 16 el plan de mantenimiento por el periodo de 1 año.

Tabla 16. Acciones en cada equipo para el mantenimiento

EQUIPOS	MANTENIMIENTO	veces al año
OLT y ONT	Inspección visual	3 veces
	Inspección de Temperatura	
	Inspección de conexiones	
Divisor óptico secundario y primario	Inspección visual	3 veces
	Inspección de Temperatura	
	Inspección de conexiones	
Bandeja de distribución (ODF)	Inspección visual	3 veces
	Inspección de Temperatura del revestimiento	
	Inspección del estado del revestimiento	
fibra óptica monomodo	Inspección de Temperatura	3 veces
	Inspección del estado del revestimiento	
	Inspección de conectores	

Fuente: Elaboración personal.



## CONCLUSIONES

1. El diseño de la red óptica se logró con la innovación GPON, que dio una alta velocidad de transmisión de información, para ello se utilizó una red con un diseño tipo anillo, para que en caso de que haya algún daño, la red siga funcionando. Los divisores 1 y 2 están asociados a una fibra de refuerzo que se asocia a la red secundaria para seguir ofreciendo soporte continuo.
2. Este diseño cumplió con el objetivo que es tener una alta capacidad de transmisión de datos. Esto se centró en la forma en que actualmente la ciudad de Ayacucho tiene un interés abrumador en el uso de la web, ya sea para las clases virtuales para los estudiantes, el teletrabajo y diferentes usos del usuario. Todo esto resultado de la pandemia. Los equipos utilizados en el plan de nuestra red, que nos garantizaron una transmisión de datos satisfactoria son el OLT GPON y la fibra óptica.
3. El objetivo de diseñar la red de transporte se cumplió correctamente considerando el tiempo de latencia, ya que el tiempo de respuesta es de mucha importancia en el desarrollo del proyecto, pues de esto dependió la calidad de conexión de los usuarios con los servidores, y esto se verificó realizando un test de velocidad ( $\mu$ s).

## **RECOMENDACIONES**

1. La ejecución de las redes de fibra óptica con innovación GPON se sugiere para los nuevos proyectos, ya que son aparatos pasivos con mayor velocidad de transmisión de información y poseen ventajas en cuanto al ahorro de dinero cuando se compara con diferentes estándares.
2. Al escoger los componentes de la red GPON en el datasheet, es importante considerar el rendimiento que tendrá según el lugar geográfico donde se implementará la red. Dado que nuestro país tiene una geografía accidentada.
3. El manejo de la fibra óptica, al ser un medio de transmisión, para evitar problemas de funcionamiento; debe ser tratado por un personal técnico de planta externa debidamente capacitado para este fin, y que además cumpla con las normas de seguridad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Behar, D. (2008). *Introducción a Metodología de la Investigación*. Shalom.
- Castro, R. (08 de Abril de 2019). *Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Ceballos, S. (Febrero de 2022). *Estudio de factibilidad para la implementación de una red de datos mediante cableado estructurado certificado para mejorar la latencia de acceso de internet en la sala de docentes de la carrera de tecnologías de la información*. Manabí, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- CommScope. (2017). *Manual de construcción y aplicaciones de banda ancha. Manual de construcción y aplicaciones de banda ancha*. Carolina del Norte, Estados Unidos.
- Correa, L. (Diciembre de 2021). *Reestructuración de la red de fibra óptica hasta el hogar con tecnología GPON para la empresa VCONEXIÓN S.A.S*. Pamplona, Colombia: Universidad de Pamplona.
- Defensoria del Pueblo*. (23 de Junio de 2020). Obtenido de Defensoria del Pueblo: <https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-advierte-que-falta-de-conectividad-en-distritos-de-ayacucho-afecta-el-derecho-a-la-educacion/>
- Evaluación de plan de desarrollo concertado del distrito de Ayacucho*. (2017). Obtenido de [https://munihuamanga.gob.pe/Documentos\\_mph/Munitransparencia/Doc\\_gestion/PDC/EVALUACION\\_PDC\\_DISTRITAL\\_2013-2021.pdf](https://munihuamanga.gob.pe/Documentos_mph/Munitransparencia/Doc_gestion/PDC/EVALUACION_PDC_DISTRITAL_2013-2021.pdf)
- Fernandez, R., Hernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Furukawa*. (25 de Febrero de 2021). Obtenido de <https://www.furukawalatam.com/es/conexion-furukawa-detalles/fttx-por-que-esta-tecnologia-es-el-futuro-de-la-conectividad>
- García, A. (Noviembre de 2012). *Telnet*. Obtenido de <https://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2014/10/gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- Glosariolt.com*. (19 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://www.glosarioit.com/BPON>

- Khatiwoda, N., & Dawadi, B. (02 de Abril de 2021). A study on FTTH implementation and migration in Nepal. Nepal: Institute of Engineering, Tribhuvan University.
- kionetworks*. (26 de Junio de 2022). Obtenido de <https://www.kionetworks.com/blog/data-center/c%C3%B3mo-medir-la-latencia#:~:text=Para%20hablar%20de%20latencia%2C%20comencemos,origen%20a%20otro%20nodo%20destino>.
- Lansystems. (13 de Marzo de 2017). *lansystems*. Obtenido de <https://www.lansystems.es/fibra-optica-ftth-gpon#:~:text=Los%20datos%20van%20desde%20el,enviar%20los%20datos%20al%20OLT>.
- Leon, C. (2015). Analisis y diseño de la red FTTH con tecnología GPON para el ISP troncalnet en el Canton Cañar. *Pontificia Universidad Católica de Ecuador* , 41.
- Llangarí, N. (2015). Redes GPON. Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior politécnica de Chimborazo.
- López, M., Moschim, E., & Rudge, F. (Mayo de 2009). Estudio comparativo de redes GPON y EPON. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Millan, R. (2007). *Consultoría estratégica en tecnologías de la información y comunicaciones*. Obtenido de Que es GPON?: <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php#historiapon>
- Miller, G., & López, A. (2010). Redes académicas de alta velocidad y tecnología avanzada como recurso para la investigación y el desarrollo regional. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- OSINERGIM. (09 de Setiembre de 2022). Manual de Física general. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Pachas, M. (Abril de 2019). Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Paessler*. (26 de Junio de 2022). Obtenido de <https://www.paessler.com/es/it-explained/bandwidth>
- Pérez, W., & Frías, F. (2020). Red FTTH para implementar banda ancha en el distrito de Pomalca. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo .
- Reyes, P. (2020). Estudio y diseño de una red GPON para el sector Banco de la Vivienda etapa 1 y 2 de la Parroquia Borrero Charasol. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Cuenca.

- Russo, M. (05 de Febrero de 2021). *Infocomputer*. Obtenido de <https://www.infocomputer.com/blog/que-es-y-que-tipos-de-conectividad-de-redes-existen/>
- Santiago, P., & Moncayo, R. (2020). Estudio y diseño de una red GPON para el sector Banco de la Vivienda etapa 1 y 2 de la Parroquia Borrero Charasol. AZOGUES, Ecuador: Universidad Católica de Cuenca.
- Seminario, R. (2021). Diseño de una Red piloto FTTH utilizando estandar GPON, ne modalidad de conmutación de datos por paquetes para el distrito de Miraflores - Lima. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura.
- Sopto*. (31 de Julio de 2020). Obtenido de [https://www.sopto.com.cn/sp\\_news/show-3502.html](https://www.sopto.com.cn/sp_news/show-3502.html)
- Spiegato*. (18 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://spiegato.com/es/que-es-tdma>
- Techopedia*. (18 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://es.theastrologypage.com/time-division-multiplexing>
- Técnicas de Instalación - Fibra Optica*. (3 de Agosto de 2015). Obtenido de <https://aplicacion-de-las-telecomunicaciones.blogspot.com/2015/08/tecnicas-de-instalacion-fibra-optica.html>
- Zambrano, F., & Jibaja, E. (2021). Diseño de una red de acceso GPON en la escuela fiscal mixta "Dr. Enrique Díaz Galarza". Ecuador: Universidad de Guayaquil.

# ANEXOS

## Anexo 1: OLT datasheet



### 8PON PORTS GPON OLT

#### FD1608S-B0



Dedicated Chip



USB Interface



Back Battery Unit



Layer3 Switching

### Brief Views

GPON OLT FD1608S-B0 completely meet relative standard of ITU G.984.x and IEEE 802.3x and FSAN, which is 1U rack-mounted device with 1 USB interface, 4 uplink GE ports, 4 uplink SFP ports, 2\*10GE uplink ports and 8 GPON ports. Each GPON port supports the splitting ratio of 1:128. GPON system support 512 terminals accessing in for the most.

This product meets the requirements in device performance and size of compact server room as the product has high performance and compact size, which convenient and flexible to use, and is easy to deploy as well. Moreover, the product meets the requirements of promoting network performance, improving reliability and reducing power consumption in the perspective of access network and enterprise network and is applicable to three-in-one broadcast television network, FTTP (Fiber to the premise), video monitoring network, enterprise LAN (Local Area Network), internet of things and other network applications with a very high price/performance ratio.

### Functional Feature

- Meet ITU-T G.984/G.988 standard and relative GPON standards of Chinese Communication Industry
- Support OMCI Protocol
- 1U height 8PON OLT product in compact design of Pizza-Box
- Complete PON protection switching function
- Layer 2 Switching Function  
OLT equips with very powerful layer 2 Full Wire Speed Switching and completely supports layer 2 protocol. OLT supports varieties of layer 2 functions like TRUNK, VLAN, LACP, rate limit, port isolate, queue technology, flow control technology, ACL and so on, which provides technical guarantee for the development of multi-service integrated.
- QOS Guarantee  
GPON Products maintains fully improved DBA with excellent Qos service capabilities. DBA meets different Qos requirements from different service flow in latency, jitter, packet loss rate.
- Easy-to-Use Management System  
Support management method of CLI, WEB, SNMP, TELNET, SSH and meet OMCI standard, through OMCI channel protocol service management can be realized, including ONT function parameter set, T-CONT business lines and amount, Qos parameters, configuration information request, performance statistics, auto-reporting of running events in system, configuration for ONT from OLT, fault diagnosis and management of performance and safety.

### Product Interface



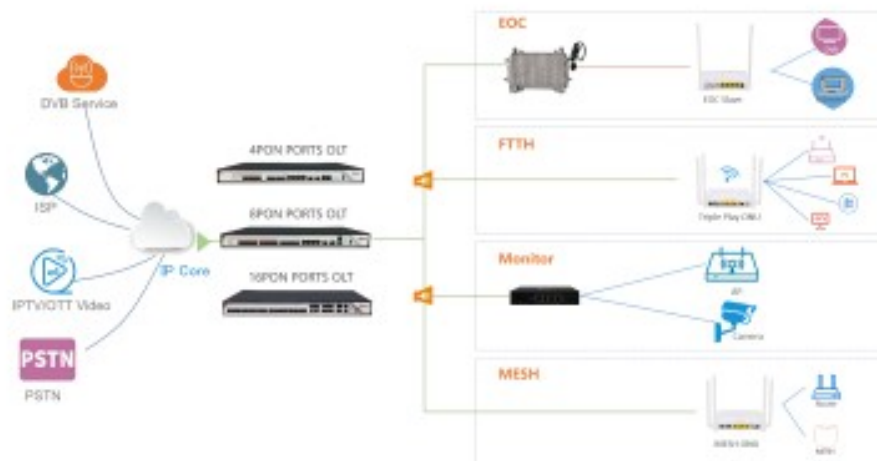
## Product Specification

ITEM		FD1608S-B0		
Management Rack	Type	1U 19-inch standard box		
Uplink Port	COMBO port	4 10/100/1000M auto-negotiation Ethernet ports		
	10-Gigabit	4 SFP interfaces 2 SFP+ interfaces		
PON Port	Quantity	8		
	Physical interface	SFP slot		
	Interface type	GPON: ITU-TG.984.2 Class B+/Class C+		
	Max splitting ratio	GPON: 1:128		
Management Port		1 100/1000BASE-Tx out-band Ethernet port 1 CONSOLE local management port		
USB Port		1 USB interface (It's used to backup configuration, upgrade program, and record log information)		
PON Port attribute	Transmission distance	20KM		
	Port rate	GPON: Downstream: 2.5Gbps Upstream: 1.25Gbps		
	Wavelength	Forwarding: 1490nm Receiving: 1310nm		
	Interface type	SC/UFC		
	Fiber type	9/125 μm SMF (Single Mode Fiber)		
	Light transmission power	Class B+ +1.5~+5dBm	Class C+ +3~+7dBm	
	Receiving sensitivity	Class B+ : -28dBm	Class C+ : -30dBm	
Saturation power	Class B+ -8dBm	Class C+ -12dBm		
Network management method		Support CLI、SNMP、TELNET、SSH、WEB		
Business capabilities		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Support device log, device upgrade, device management, condition monitoring, configuration management, and user management.</li> <li>➢ Layer 2 switching configuration management: Like port management, VLAN, RSTP, IGMP, ACL, QOS and so on.</li> <li>➢ PON function configuration management: Like OLT authentication, DBA template, service template, line template and so on.</li> <li>➢ Layer 3 function: support static routing, dhcp-relay and vlanif configuration</li> </ul>		
Backplane Bandwidth		78G		
Size		440mm(L)*271mm(W)*44mm(H)		
Weight		4.50kg		



Power supply	220VAC	AC: 100V~240V, 47/63Hz
	-48DC	DC: 40V~-72V
Maximum power		78W
Working environment	Working temperature	-15~50℃
	Storage temperature	-40~85℃
	Relative humidity	5~90% (Non-condensing)

### Typical Application



## Anexo 2: Divisor primario datasheet



### DIVISOR ÓPTICO 2xN EQUILIBRADO



<b>Descripción</b>	Los Divisores Ópticos son componentes pasivos que realizan la división de la señal óptica en una red PON. El modelo 2xN posee 2 hebras de entrada y N hebras de salida, las cuales dividen la potencia de la señal óptica de forma proporcional entre ellas, caracterizándolo como un divisor equilibrado utilizados principalmente en sistemas ópticos con redundancia no-simultánea. Disponible con y sin conectores (consultar).
<b>Compatibilidad</b>	Bandejas de Empalme o Módulos Conectorizados.
<b>Tipo de la Fibra</b>	Fibras de Entrada y Salidas del Tipo "Bend Insensitive" G.657A <sup>(2)</sup> .
<b>Norma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Telcordia GR-1209 (Componentes Ópticos Pasivos)</li> <li>• Telcordia GR-1221 (Requisitos de Confiabilidad para Componentes Ópticos Pasivos)</li> <li>• IEC 61753-1 (Dispositivos de Interconexión de Fibra Óptica y Componentes Pasivos - Estándar de Rendimiento)</li> </ul>
<b>Certificaciones</b>	ANATEL (Homologación 01837-11-00256 y 01835-11-00256)
<b>Accesorios Incluidos</b>	Hoja de Pruebas (Medidas de Pérdida de Inserción y Pérdidas de Retorno <sup>(1)</sup> ).
<b>Garantía</b>	12 meses

<b>Desempeño</b>	Modelos	2x2	2x4	2x8	2x16	2x32	2x64
	Banda Óptica Pasante	PLC: 1260-1650		FBT: 1260-1360nm e 1480-1650nm			
	Pérdida de Inserción Máxima	4 dB	7,3 dB	10,8 dB	14 dB	17,7 dB	21,3 dB
	Uniformidad	0,6 dB	0,8 dB	1,3 dB	1,5 dB	2,1 dB	2,5 dB
	Sensibilidad a la Polarización Máxima (PDL)	0,2 dB	0,2 dB	0,25 dB	0,3 dB	0,4 dB	0,5 dB
	Direktividad	>55 dB					
	Pérdida de Retorno	>55 dB					

<b>Código de Colores</b>	Puerta 1	Azul
	Puerta 2	Naranja
	Puerta 3	Verde
	Puerta 4	Marrón
	Puerta 5	Gris

Puerta 6	Blanco
Puerta 7	Púrpura
Puerta 8	Negro

- En los divisores de 16, 32 y 64 salidas, el grupo de colores se repetirá a cada 8 puertas, siendo separados e identificados a través de cintas adhesivas coloreadas;
- Código de colores válido para splitters sin conectores;

### Especificaciones ambientales

Modelo	2x2	2x4	2x8	2x16	2x32	2x64
Temperatura de Operación	-40~+85°C			-25~+70°C		
Temperatura de Almacenamiento	-40~+85°C					
Humedad Relativa de Operación	5~95%UR					
Humedad Relativa de Almacenamiento	5~95%UR					

Entorno de instalación interno o externo (Alojamiento en caja apropiada).

### Nota

- 1-Medidas sin conectores
- 2-Tiene baja sensibilidad a la curvatura, y es compatible con las fibras G.652, que pueden ser utilizados en toda la red de fibra óptica

### [Certificación](#)

### Anexo 3: Divisor secundario datasheet

<b>Marca</b>	Elfcam
<b>Tipo de conector</b>	TOSLINK
<b>Tipo de cable</b>	Fiber Optic
<b>Recuento de unidades</b>	1 Count
<b>Tecnología de conectividad</b>	DisplayPort

#### Sobre este artículo

- Fibre Optic Splitter ( Splitter ) Type DIN Rail, Single-mode Fibre Optic Splitter SC/APC, 1x4
- SC/APC PLC for FTTH, FTTB and FTTx.
- Easy to install at different places.

#### Especificaciones de producto

Componentes incluidos	PLC SC/APC
Código UNSPSC	26121600
Longitud del cable	5 metros
Número de artículos	1
Número de identificación comercial global	03760325004226
Número de modelo	PLC-Splitter-Type-DIN-Rail__1*4
Tamaño	1X4
Tecnología de conectividad	DisplayPort
Tipo de cable	Fiber Optic
Tipo de conector	TOSLINK

## Anexo 4: ONT datasheet

Item	Parameter	
<b>Interface</b>	Uplink Interface	1*GPON port, FSAN G.984.2 standard, Class B+ Downstream Data Rate: 2.488Gbps Upstream Data Rate: 1.244Gbps SC/PC single mode fiber 28dB Link loss and 20KM distance with 1:128
	POTS Port	2*RJ11 with 3REN Max 1km distance Balanced Ring, 50V RMS
	Ethernet Interface	4*10/100/1000M auto-negotiation Full/half duplex mode RJ45 connector Auto MDI/MDI-X 100m distance
	USB interface	1*USB 2.0 interface Transmission Rate: 480Mbps
	Power Interface	12V DC Power supply
<b>Performance Parameters</b>	PON Optical Parameter	Wavelength: Tx 1310nm, Rx1490nm Tx Optical Power: 0.5 ~ 5dBm Rx Sensitivity: -28dBm Saturation Optical Power: -8dBm Connector Type: SC Optical Fiber: 9/125µm single-mode fiber

	Data Transmission Parameter	PON Throughput: Downstream 2.488Gbit/s; Upstream 1.244Gbit/s Ethernet: 1000Mbps Packet Loss Ratio: <math>1 \times 10^{-12}</math> latency: <math>< 1.5\text{ms}</math>
	Business Capability	Layer 2 wire speed switching Support VLAN TAG/UNTAG, VLAN translation Support Port-based speed limitation Support Priority classification Support storm control of broadcast Support link detection
<b>Network Management</b>	Management Mode	Standard compliant OMCI interface as defined by ITU-T G.984.4 Support TR069 and WEB management
	Management Function	Status monitor, Configuration management, Alarm management, Log management
<b>Physical Features</b>	Shell	Plastic casing
	Power	External 12VDC/1A power supply adapter Power consumption: <math>< 7\text{W}</math>
	Dimension and Weight	Item Dimension: 170mm(L) x 130mm(W) x 30mm (H) Item weight: 0.3kg
	Environmental Specifications	Operating temperature: 0 to 50°C Storage temperature: -40 to 85°C Operating humidity: 10% to 90%(Non-condensing) Storage humidity: 10% to 90%(Non-condensing)

Anexo 5: Cable de fibra óptica.



**CABLE OPTICO CFOA-AS80  
MINI-RA (INT), TUBO LOOSE  
CENTRAL Y AUTOSOPORTADO  
PARA VANO HASTA 80m**



Construcción	Dieléctrico	
	Tubo Loose	
Descripción	Cables Ópticos Dieléctricos Autosoportados para vanos hasta 80 metros para transmisión óptica en redes urbanas o redes de acceso al cliente.	
Aplicación	Ambiente de Instalación	Externo
	Ambiente de Operación	Autosoportado

Norma	• ITU-T G 652
	• ABNT NBR 14160
	• ABNT NBR 15596

Fibra Óptica SM (Monomodo)

Características Ópticas

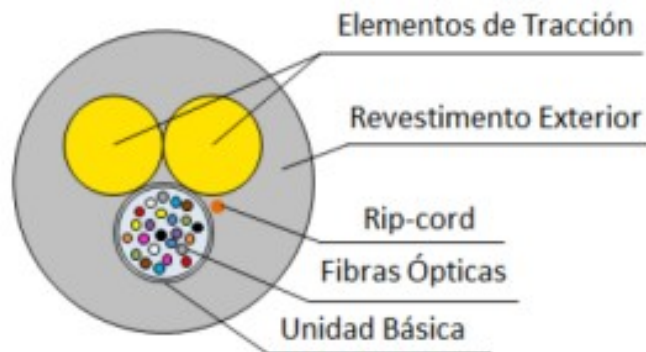
Fibra	Características
Monomodo	De acuerdo con la especificación técnica 2000 (Anexo A)

Identificación de la Fibra	FIBRA	COR
	01	Azul
	02	Naranja
	03	Verde
	04	Marrón
	05	Gris
	06	Blanca

07	Roja
08	Negra
09	Amarilla
10	Violeta
11	Rosa
12	Azul Claro

<b>Unidad Básica</b>	Tubo de material termoplástico relleno con gel conteniendo de 1 hasta 12 fibras.
<b>Núcleo</b>	Tubo holgado trenzado juntamente con los dos elementos de tracción para formar el núcleo del cable.
<b>Elemento de Tracción</b>	Elemento de material no metálico (FRP).
<b>Cubierta Externa</b>	Revestimiento de material termoplástico de color negro con protección contra intemperie y resistente a la luz solar.

**Sección Transversal**



**Características Físicas**

Teste	Requisitos	Unidad	Fibras	
			Monomodo	Multimodo
Mecánicos	Deformación de la fibra por Tracción	Carga: 1250N	Máximo: 0,6% Traccionado 0,2% Reposo	
	Compresión	Mínimo: 100 N/cm	≤ 0,4 dB	≤ 0,6 dB
	Torsión	10 ciclos	≤ 0,4 dB	≤ 0,6 dB
	Doblamiento	25 ciclos x 2 kgf	≤ 0,4 dB	≤ 0,6 dB
	Impacto	25 ciclos x 1,0 kg	Sin ruptura de fibras ópticas	



Ambientales	Ciclo térmico	-20° C a +65° C	≤ 0,4 dB/km	≤ 0,6 dB/km
	Penetración de humedad	Columna de agua 1m x 24h	No debe vaciar	

Dimensiones	CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR
	Número de Fibras Ópticas	Fibras	2 hasta 12
	Diámetro exterior nominal 80 m	mm	6,8 ± 0,2
	Masa Líquida Nominal 80 m	kg/km	42

Características Mecánicas y Ambientales	CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR
	Radio mínimo de curvatura Durante la instalación	mm	20 x Diámetro Externo
	Después de la instalación	mm	10 x Diámetro Externo
	Carga Máxima de Operación (CMO) Para vanos de hasta 80 metros	N	1,5 x Masa Linear del Cable/km
	Temperatura de Operación	°C	-20 hasta +65

**Grabación** "FURUKAWA CFOA-X-AS80-MINI-RA WF Z K MES/AÑO "Nombre del Cliente" nL (\*\*)"

Donde:

**X** = Tipo de fibra óptica

SM Para fibras monomodo

**W** = Número de fibras ópticas

**Z** = Grabación adicional para fibra óptica especial

G-652D Para fibras monomodo "low water peak"

**K** = Tipo de revestimiento

NR No Retardante

**MES/AÑO** = Fecha de fabricación (MM/AAAA)

**Nombre del Cliente** = cuando solicitado en el Pedido de Compra\*

\*Bajoconsulta previa para el análisis de viabilidad.

nL = Número del lote de fabricación

(\*\*) = Marcación Secuencial Métrica xxxxxx m

**Tipo de Embalaje** Carretes de madera

[Certificación](#)

## Anexo 6: Caja de terminación Óptica.

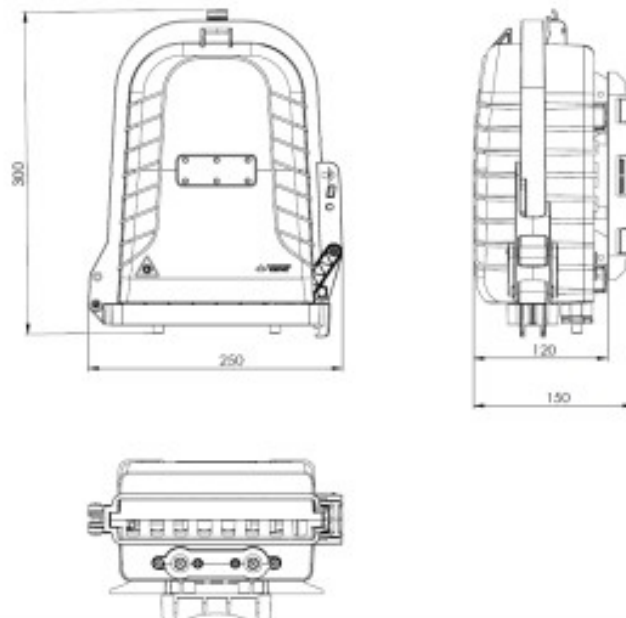


### CAJA DE TERMINACIÓN ÓPTICA FK-CTO-16MCII



<b>Descripción</b>	La Caja de Terminación Óptica FK-CTO-16MC tiene la finalidad de almacenar y proteger los empalmes ópticos por fusión entre el cable de distribución y los drops de una red óptica de terminación. Soporta 2 configuraciones: hasta 2 bandejas de empalme con capacidad hasta 16 fusiones cada una, y aún una bandeja de adaptadores con hasta 16 posiciones y almacenamiento hasta dos splitter; O 4 bandejas de empalme.
<b>Aplicación</b>	La Caja de terminación Óptica FK-CTO-16MC es utilizada en redes ópticas externas. Posee soporte para instalación en paredes y fachadas. También se pueden adquirir ferreterías para la instalación en poste.
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una caja de terminación versátil que posibilita el uso tanto del sistema de empalmes como de conectorización;</li> <li>• Cierre y sellado de la caja por sistema mecánico optimizado que utiliza sólo grommets, que aumenta la velocidad de instalación;</li> <li>• Puerta oval con 4 orificios, permite la sagra del cable principal y exista la posibilidad de derivación;</li> <li>• Posibilidad de cierre con candado, que aumenta la seguridad;</li> <li>• Posee sistema de reserva de tubos "loose", y sistema de acomodación, almacenamiento, encaminamiento y protección de fibras en ambiente separado de los cables drop.</li> </ul>
<b>Certificaciones</b>	ANATEL 00804-16-00256
<b>Color</b>	Negro, Gris, Blanco, Azul, Amarillo y Verde.
<b>Material del Cuerpo del Producto</b>	Polipropileno reforzado con aditivo con protección UV
<b>Cantidad de Empalmes</b>	16 empalmes ópticos por bandeja de empalme
<b>Grado de Protección</b>	IP55
<b>Peso (kg)</b>	1.8
<b>Tipo de sistema de sellado</b>	Mecánico con goma de vedação
<b>Altura (mm)</b>	300
<b>Ancho (mm)</b>	250

Profundidad (mm)	120
Cantidad de Adaptadores	Hasta 16
Cantidad de Bandejas de Empalme	Estandar: 1
Cantidad de cables de entrada	2
Diámetro mínimo del cable de entrada (mm)	8.0
Diámetro máximo del cable de entrada (mm)	15.0
Cantidad de cables de derivación	2
Diámetro mínimo del cable de derivación (mm)	6.0
Soporta Sangría en la entrada principal	Sí
Temperatura de Operación (°C)	-25°C hasta 75°C
Accesorios Incluidos	Manual de instalación; Tornillos para instalación en pared.
Dibujo técnico	



[Certificación](#)