

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRONICA**



**TESIS**

**“DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIONES BASADA EN  
TECNOLOGIA GPON PARA BRINDAR SERVICIOS DE  
INTERNET Y TELEVISION EN LA ASOCIACION  
EL PEDREGAL DE LA PROVINCIA DE  
TACNA, 2023”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:  
Bach. LEONARDO JOSÉ JAPURA CATACORA**

**TACNA – PERÚ  
2024**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRONICA**

**TESIS**

**“DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIONES BASADA EN TECNOLOGIA GPON  
PARA BRINDAR SERVICIOS DE INTERNET Y TELEVISION EN LA ASOCIACION  
EL PEDREGAL DE LA PROVINCIA DE TACNA, 2023”**

**Tesis sustentada y aprobada el 5 de noviembre del 2024; estando el jurado  
calificador integrado por:**

**PRESIDENTE : Dr. ANIBAL JUAN ESPINOZA ARANCIAGA**

**SECRETARIO : Mtro. CARLOS ARMANDO RODRIGUEZ SILVA**

**VOCAL : Mag. HUGO JAVIER RIVERA HERRERA**

**ASESOR : Mag. TITO LEONCIO CORDOVA MIRANDA**

## DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Leonardo José Japura Catacora, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 45742506, así como Tito Leoncio Córdova Miranda con DNI 04643495; declaramos en calidad de autor y asesor que:

1. Somos los autores de la *tesis* titulada “*Diseño de una red de comunicaciones basada en tecnología GPON para brindar servicios de internet y televisión en la asociación el Pedregal de la provincia de Tacna, 2023*”, la cual presentamos para optar el Título profesional de Ingeniero *Electrónico*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la *tesis*, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la *tesis*, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normativa vigente.

Tacna, 5 de noviembre del 2024



Leonardo José Japura Catacora  
DNI: 45742506



Tito Leoncio Córdova Miranda  
DNI: 04643495

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia y a Dios, a todas las personas que contribuyeron en mi formación profesional, laboral y como persona.

Leonardo José Japura Catacora.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, a mi familia y en especial a mi madre por su apoyo sin medidas.

A las personas que conocí en el largo trayecto estudiantil y profesional, aquellos que de forma positiva me brindaron el conocimiento y ejemplo.

“Convertir lo difícil en rutina y hacer que lo imposible sea probable.”

Leonardo José Japura Catacora.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCION.....	15
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.1 Descripción del Problema .....	16
1.2 Formulación del Problema .....	16
1.2.1 Problema general .....	16
1.2.2 Problemas específicos.....	16
1.3 Justificación e Importancia .....	17
1.4 Objetivos .....	17
1.4.1 Objetivo general .....	17
1.4.2 Objetivos específicos.....	17
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	18
2.1 Antecedentes de la investigación .....	18
2.2 Bases Teóricas.....	20
2.2.1 Red de Comunicaciones.....	20
2.2.2 FTTH .....	20
2.2.3 Modelo OSI .....	20

2.2.4	Estructura de la Red GPON .....	21
2.2.5	Red Óptica .....	27
2.2.6	Evolución de las redes de fibra óptica en servicios de televisión internet y datos FTTN, FTTC, FTTB, FTTH.....	28
2.2.7	Estándares en Redes XPON .....	29
2.2.8	Decibelio.....	30
2.2.9	Presupuesto Energético .....	31
2.2.10	Atenuación del Enlace Óptico.....	31
2.2.11	FTTH en Perú.....	32
2.3	Definición de Términos .....	33
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....		34
3.1	Diseño de la investigación .....	34
3.2	Acciones y actividades .....	34
3.2.1	Planeación.....	35
3.2.2	Ubicación.....	35
3.2.3	Determinación de requerimientos .....	36
3.2.4	Análisis y Diseño de la red GPON .....	36
3.2.5	Cálculo de la potencia para el usuario final .....	42
3.2.6	Estructura de OLT propuesto .....	42
3.3	Materiales y/o instrumentos .....	44
3.4	Población y/o muestra del estudio .....	48
3.5	Operacionalización de variables .....	48
CAPITULO IV: RESULTADOS .....		49
4.1	Valores a tomar en cuenta en el cálculo de potencia óptica. ....	49
4.2	Datos técnicos y características requeridas del equipo del abonado.....	49
4.3	Características generales del módulo SFP en la OLT. ....	49
4.4	Características generales del módulo EDFA. ....	50
4.5	Cálculo de potencia. ....	50

CAPITULO V: DISCUSION.....	53
CONCLUSIONES .....	54
RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las redes PON y AON.....	28
Tabla 2. Evolución de las redes .....	28
Tabla 3 .Ubicación de Core y cajas NAP en postes.....	37
Tabla 4 .Ubicación de los postes de apoyo para el tendido de la red .....	38
Tabla 5. Distancia medida entre postes (tendido de coloración roja).....	38
Tabla 6. Distancia medida entre postes (tendido de coloración verde).....	38
Tabla 7. Pérdida por divisores ópticos .....	40
Tabla 8. Splitteo en una red GPON .....	41
Tabla 9. Redes por velocidades.....	42
Tabla 10. Resultados comparados del simulador Extron y el cálculo manual Fluke ...	46
Tabla 11. Cálculo de potencia óptica con divisor óptico de 1 a 64 a una distancia de 1 km.....	47
Tabla 12. Cálculo de potencia óptica con divisor óptico de 1 a 8 a una distancia de 5 km .....	47
Tabla 13. Cálculo de potencia óptica con divisor óptico de 1 a 64 a una distancia de 15 km.....	47
Tabla 14. Cálculo de potencia óptica con divisor óptico de 1 a 8 a una distancia de 20 km.....	47
Tabla 15. Variables de la investigación.....	48
Tabla 16. Potencia y pérdidas en los componentes de una red de fibra óptica.....	50
Tabla 17. Cálculo de potencia para el servicio de internet.....	51
Tabla 18. Cálculo de potencia para el servicio de televisión .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo OSI de 7 capas .....	21
Figura 2. Transmisor de línea óptica (OLT) .....	22
Figura 3. Amplificador de fibra dopada con Erblio (EDFA).....	22
Figura 4. Equipo ONU.....	23
Figura 5. Imagen del núcleo de una fibra óptica monomodo.....	23
Figura 6. Transmisor óptico 1550 nm.....	24
Figura 7. Ordenador de fibra óptica .....	24
Figura 8. Caja terminal.....	25
Figura 9. Divisor de fibra óptica .....	25
Figura 10. Mufa de empalme tipo vertical .....	26
Figura 11. Fibra óptica drop.....	26
Figura 12. Conector mecánico de fibra óptica.....	27
Figura 13. Componentes de una red FTTH con servicio de Internet y Televisión. ....	32
Figura 14. Grafica de una red FTTH que contiene el servicio de Internet y televisión.32	
Figura 15. Vista de la Asociación el Pedregal de la ciudad de Tacna .....	35
Figura 16. Recorrido de fibra óptica .....	37
Figura 17. Fibra óptica ADSS .....	39
Figura 18. Modulo SFP+ para interconexión de switches y routers .....	39
Figura 19. Jumper SC-APC/SC-UPC para interconexión.....	40
Figura 20. Estructura interna de la llegada de servicio al abonado .....	42
Figura 21. Plano de una red GPON FTTH .....	43
Figura 22. Plano de la estructura de planta externa en la llegada de servicio al abonado .....	43
Figura 23. Muestra el ejemplo de distribución en una red troncal .....	44
Figura 24. Atenuación de una fibra óptica en un tramo de 20km .....	44
Figura 25. Muestra la perdida de conectores .....	45

Figura 26. Muestra la perdida por empalme .....	45
Figura 27. Valores de perdida en la fibra óptica por diferentes componentes.....	45
Figura 28. Muestras las características técnicas de un equipo de internet .....	51
Figura 29. Muestra las características de un triplexor.....	52

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia .....	60
Anexo 2. Especificaciones y características del equipo OLT .....	61
Anexo 3. Especificaciones y características del equipo EDFA.....	63
Anexo 4. Especificaciones y características de un equipo ONU .....	64
Anexo 5. Especificaciones y características del equipo Transmisor Óptico .....	65
Anexo 6. Especificaciones y características del equipo ODF.....	68
Anexo 7. Especificaciones y características de la Caja NAP .....	69
Anexo 8 . Especificaciones y características del Conector Mecánico .....	71

## RESUMEN

La tecnología de Fibra Óptica Hasta el Hogar (FTTH) basada en Redes Ópticas Pasivas con Capacidad Gigabit (GPON) es el estándar de comunicaciones más utilizado en la actualidad, estas tienen velocidades mayores con respecto a otras redes y su diseño puede cubrir ciudades enteras, siendo redes seguras y de alta disponibilidad. El objetivo principal de esta tesis es realizar el diseño de una red de comunicaciones basada en tecnología GPON para brindar servicios de internet y televisión en la Asociación el Pedregal de la provincia de Tacna, 2023, tiene como objetivo proporcionar mayor ancho de banda y en consecuencia mejorar la calidad de servicio en lo que a transmisión de televisión por cable se refiere. Para el presente trabajo de tesis se usó el tipo de investigación aplicada, con un diseño de investigación no experimental, cuyo alcance es el diseño teórico mas no su implementación. Para el diseño de la red se determinaron los parámetros de potencia del transmisor y nivel de recepción para calcular el presupuesto óptico, el cual proporcionará los niveles de potencia adecuados para su correcto funcionamiento y garantizar así su disponibilidad, redundancia a fallas, confiabilidad y alta adaptabilidad.

**Palabras Claves:** FTTH; GPON; Alta disponibilidad Red de comunicaciones; Presupuesto óptico.

## ABSTRACT

Fiber to The Home (FTTH) technology based on Gigabit-Capacity Passive Optical Networks (GPON) is the most widely used communications standard today. These have higher speeds than other networks and their design can cover entire cities, being secure and highly available networks. The main objective of this thesis is to design a communications network based on GPON technology to provide internet and televisión services in the El Pedregal Association of the province of Tacna, 2023, aims to provide greater bandwidth and consequently improve the quality of service in terms of cable television transmission. For this thesis work, the type of applied research was used, with a non-experimental research design, whose scope is the theoretical design but not its implementation. For the network design, the transmitter power and reception level parameters were determined to calculate the optical budget, which will provide the appropriate power levels for its correct operation and thus guarantee its availability, redundancy to failures, reliability and high adaptability.

**Keywords:** FTTH; GPON; High availability; Communications network; Optical Budget.

## INTRODUCCION

La continua mejora en los planes de internet y televisión ha crecido en la actualidad, vemos que diversos proveedores tienen que optar por anchos de banda cada vez mayores e ingresar otros servicios de entretenimiento para agregar un plus a su producto, la implementación de televisión y telefonía es cada vez mayor para darle valor añadido ,además se tienen que implementar estos servicios a prueba de fallos y de continua mejora para satisfacer las necesidades del usuario , por lo cual esto genera un tráfico de demanda de gran velocidad y optar por nuevas tecnologías de acorde a la época actual.

Las tecnologías de transmisión de datos cada vez usan en su mayoría la fibra óptica como medio, estos de aquí recorren distancias medidas en kilómetros donde por ella pasan servicios de internet, telefonía, datos y televisión.

El presente trabajo de investigación de tesis tiene como finalidad exponer el diseño de una red de comunicaciones basada en tecnología GPON para brindar los servicios de internet y televisión de una manera robusta y con los parámetros adecuados con tendencia a la mínima cantidad de fallos.

Para el desarrollo de la presente tesis se tomó en cuenta la siguiente estructura:

Capítulo I: Problema de investigación, donde el problema general es como diseñar una red GPON para dar acceso a los servicios de internet y televisión en la Asociación el Pedregal de la ciudad de Tacna, asimismo damos a conocer los objetivos específicos de esta tesis.

Capítulo II: Marco Teórico, se desarrollan los antecedentes de trabajos similares y los fundamentos teóricos para el diseño de una red basada en tecnología GPON.

Capítulo III: Marco Metodológico, se dio a conocer la metodología de la investigación y la propuesta de una metodología para el diseño de la red basada en tecnología GPON.

Capítulo IV: Resultados, se da a conocer los resultados tanto del diseño físico y lógico de la red propuesta, así como el cálculo del presupuesto de potencia.

Capítulo V: Discusión, donde se da a conocer información para el diseño de una red GPON y su correcto despliegue.

Y por último se da conocer la bibliografía utilizada para el desarrollo de la presente tesis, así como los anexos correspondientes.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Descripción del Problema**

Las redes de datos han escalado con el avance tecnológico hasta alcanzar mayores velocidades de transmisión, como resultado se observan grandes anchos de banda que permiten una mejor calidad en los servicios que prestan, consecuentemente estas no han sido desplegadas en su totalidad en el territorio peruano. Esto es debido a que los proveedores de servicios de comunicaciones no ven atractivo invertir en el tendido de redes en zonas de poca demanda de servicios, específicamente en zonas rurales y distritos con poca población. La problemática más frecuente ante esta situación es la falta de fuentes de comunicación para este sector que no cuenta con servicios de acceso a información de calidad.

El estándar GPON utiliza la fibra óptica para su despliegue de red, siendo esta una red punto a multipunto para abastecer a una cantidad de abonados, dando una transmisión de calidad. GPON establece el modo de operación sobre una sola fibra usando Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM).

A medida del paso del tiempo, el uso de diferentes tecnologías ha ido decreciendo, podemos nombrar algunas como: Línea de Abonado Digital Asimétrica (ADSL), Línea de Abonado Digital de muy Alta Velocidad (VDSL), Híbrido de Fibra Coaxial (HFC), Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (WIMAX), entre otras, el uso de tecnologías basadas en fibra óptica en la actualidad es de larga permanencia. El acceso a la información hoy es fundamental como un servicio común, pero damos a conocer que en la Asociación el Pedregal de la Ciudad de Tacna aun esta no está dada, por lo que se diseñara una red de fibra óptica basada en la tecnología GPON para dar grandes anchos de banda y añadir el servicio de televisión.

### **1.2 Formulación del Problema**

#### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo diseñar una red GPON para dar acceso a los servicios de Internet y Televisión en la Asociación el Pedregal de la ciudad de Tacna?

#### **1.2.2 Problemas específicos**

a. ¿Cómo determinar la topología física y lógica para el diseño de la red de

telecomunicaciones GPON?

b. ¿Qué parámetros se considera para el diseño de la red GPON?

### **1.3 Justificación e Importancia**

La tesis da a conocer la justificación desde el punto de vista social el desarrollo de este tipo de tecnologías acerca más a la población a la educación y entretenimiento en zonas de poca inclusión por las empresas proveedoras.

Desde el punto de vista económico, al tener una red de fibra óptica nos permite transportar diversos servicios, a rehusar recursos como cableado dado que esta tecnología lo permite, disminución de costos en el tendido de planta externa y monitoreo al ser una plataforma centralizada.

Desde el punto de vista tecnológico al usar este tipo de infraestructuras nos permite tener una red moderna sin pérdida de información, actual, rápida, de acceso múltiple y de larga permanencia.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar una red GPON para dar acceso a los servicios de Internet y Televisión en la Asociación el Pedregal de la ciudad de Tacna.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- a. Determinar la topología física y lógica para el diseño de la red de telecomunicaciones GPON.
- b. Determinar los parámetros necesarios para el cálculo del presupuesto óptico de la red GPON.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

Para los antecedentes se tuvo acceso a diferentes tesis alojadas en repositorios de diferentes universidades.

#### **A nivel internacional**

Sánchez (2021) en su tesis “Desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON en la empresa Alfatel para la ciudad el Ángel provincia del Carchi, indica la implementación de fibra óptica mediante la tecnología FTTH y el estándar GPON, donde su objetivo es brindar una solución para cubrir la demanda del mercado y resolver las continuas exigencias sobre estabilidad y conectividad del servicio, esto debido a los altos y bajos que llevan las conexiones a través de radioenlaces. Aquí realizaron la implementación de red junto a pruebas de potencia y conectividad”.

Herrera (2022) en su tesis “Implementación de una red de fibra óptica FTTH con tecnología GPON para el barrio Pucara parroquia de Pastocalle desarrollaron una red física mediante tecnología de red óptica pasiva ya que existe una falta de accesibilidad al servicio de internet y este es un problema frecuente en áreas rurales. El documento de tesis de este autor indica el comienzo de la tecnología de fibra óptica en Ecuador y las diferentes redes de acceso. En la metodología se llevó a cabo la ejecución del proyecto”.

#### **A nivel nacional**

Bustamante y Meza (2021) en su tesis “Red GPON para mejorar la infraestructura de red en el laboratorio de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica, donde indican que se permitirá acceder a servicios de telecomunicaciones con altas velocidades de subida y bajada en los ambientes del laboratorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en el departamento de Lambayeque en Perú. Para ello realizaron una investigación de la situación actual en la que se encuentra la red del laboratorio de Ingeniería Electrónica, así como también el análisis del estimado de alumnos simultáneos que se pueden conectar en los diferentes días para hacer la óptima distribución del ancho de banda soportando en el escenario más crítico una simultaneidad de 218 alumnos, garantizando videoconferencia en HD, con esta implementación se podrá garantizar una calidad Full HD 1080p si se cumple la probabilidad del 75% de simultaneidad y a futuro con una actualización a XG-PON se

podrá garantizar videos demandados por el laboratorio en resolución UHD 4320p (8k)".

Arribasplata (2021) en su tesis "Diseño de una red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco indica el impacto positivo al implementar este tipo de redes, con lo cual brindará mayor acceso a la banda ancha fija y reducirá la brecha digital al bajar los costos hacia el usuario final. Mejorará la velocidad de bajada y subida, siendo la fibra óptica el medio más adecuado. Indica que se presentaron las anotaciones del porque una red FTTH es la opción más económica y técnica frente a diversas tecnologías".

Idrogo (2021) en su tesis "Diseño de una red de fibra óptica utilizando la tecnología GPON para la ciudad de Arequipa indica que la fibra óptica es el medio más actual para grandes velocidades. A medida que la pandemia mundial covid-2019 llego, se ha visto que internet es una herramienta de trabajo indispensable para el uso de trabajo remoto. El uso de redes en fibra óptica tiene como premisa mantenernos en el estándar de los avances tecnológicos que se dan en otras partes del mundo. Este proyecto está considerado hasta la fase de diseño, por lo que el autor analiza la situación actual, hace uso de censos, normas y recomendaciones, cálculos de retorno de inversión a fin de establecer si es viable tal proyecto".

Hurtado (2022) en su tesis "Desarrollo de una red FTTH con tecnología GPON para el acceso de telecomunicaciones en hogares de la ciudad de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión, departamento de Pasco indica que la ciudad de Yanahuanca tiene un alcance limitado para sistemas de comunicación, en esta tesis podemos apreciar la propuesta para que los hogares accedan a la banda ancha fija para de alguna forma este a la par con ciudades del interior del Perú. Expone una red FTTH con alta disponibilidad y capacidad, diseño de red, cálculos de potencia, diferentes velocidades y alcance delimitado que son factores que benefician a la población. Finalmente, en los resultados se compara las diferentes características de redes según la velocidad, se optimiza recursos y se presenta un presupuesto óptico en donde se tiene el valor de -26.3 decibelio mili vatio de atenuación que está dentro de lo permitido por los equipos propuestos".

Castro (2019) en su tesis "Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres da a conocer que la fibra óptica es el medio más adecuado para pasar video, audio, voz y datos. Uno de los grandes problemas de medios inalámbricos es la falta de capacidad y disponibilidad de ancho de banda para operar sistemas de vigilancia de forma correcta. Esta tesis da a conocer las mejoras de las redes de área metropolitana (MAN) que

alcanza distancias mayores sin repetidores o amplificadores, ofreciendo un ancho de banda seguro para el procesamiento y transmisión de videocámaras de seguridad”.

Almanza y Callomamani (2017) en su tesis “Diseño de una red metropolitana basada en tecnología GPON, para optimizar los servicios tecnológicos de la municipalidad provincial Jorge Basadre, en beneficio de la población del Distrito de Locumba indican que la fibra óptica es el medio más avanzado de transmisión de datos y de soporte de los servicios de la nueva generación. Se considero un cuestionario a las diferentes áreas de la municipalidad junto a usuarios externos buscando validar esta tesis, realizaron una encuesta a los principales representantes de la comunidad, así como a los jefes de oficinas, dando este un nivel de aceptación del 68% para implementar una red GPON demostrando así el cambio a una red más actual”.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Red de Comunicaciones**

Una red es la unión de varios sistemas y conexiones entre ellos mismos. Una red física está compuesta por adaptadores, cables y demás componentes, mientras que el software compone la red lógica. El avance de las redes actuales han sido hincapié para dar modelos modernos, entre estos modelos, uno de los más comunes es el Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) que se da a conocer como modelo de 7 capas (IBM, 2023).

### **2.2.2 FTTH**

En la actualidad los hogares peruanos tienen una demanda de conectividad mucho mayor, hoy en día todas las personas necesitan comunicación, entretenimiento y trabajo por lo que dependen de internet. Las conexiones de hogar deben tener mayor velocidad para que los usuarios puedan realizar sus actividades sin problemas y compartir o conectar un gran número de dispositivos. FTTH aduce la instalación y el uso de la fibra óptica desde un punto de la red hasta la casa del usuario para dar acceso de alta velocidad. Una principal característica es distinguirse de antiguas tecnologías para dar conectividad a los hogares así como mayor velocidad y ancho de banda (OPSITEL, 2023).

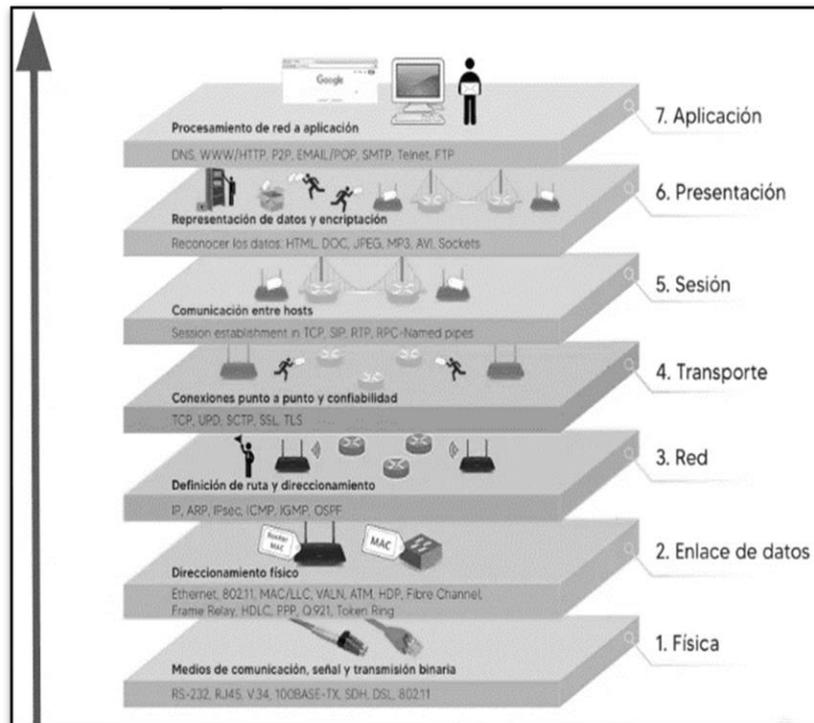
### **2.2.3 Modelo OSI**

La figura 1 muestra el modelo conceptual creado por la Organización Internacional para la Estandarización, el cual permite que diversos sistemas de

comunicación se conecten usando protocolos de forma que estos tengan interoperabilidad (Cloudflare, 2024).

**Figura 1**

*Modelo OSI de 7 capas*



*Nota.* Osorio y Lechon (2023).

## 2.2.4 Estructura de la Red GPON

Las redes de fibra FTTH básicamente consisten en enlazar la casa u oficina del usuario y la central del operador mediante un cable de fibra óptica. El enlace de una conexión GPON se hace mediante un dispositivo llamado Terminal de Línea Óptica (OLT) y el dispositivo que se coloca en la casa del usuario se denomina Unidad de Nodo Óptica (ONU). El estándar GPON ofrece ventajas sobre el resto de tecnologías como son entregar una velocidad de 2.4 Gbps en bajada y 1.2 Gbps en subida, así como una distancia lógica de 60 km y física de 20km (De La Cruz et al., 2020).

### 2.2.4.1 OLT

La Figura 2 muestra una OLT como equipo físico de uno de los tantos fabricantes actuales, en este caso la imagen señala el modelo rackeable, tarjeta solida de 16 puertos para servicio sin inserción apilables, puertos ethernet para los enlaces ascendentes, puertos en reserva para la inserción de módulos de capacidad superior a

giga ethernet.

La figura 2 muestra el OLT como equipo activo dentro del nodo central, se considera la parte más importante de la red (Optictimes, 2023).

**Figura 2**

*Transmisor de línea óptica (OLT)*



*Nota.* Catálogo de productos. Fuente: Optictimes (2023).

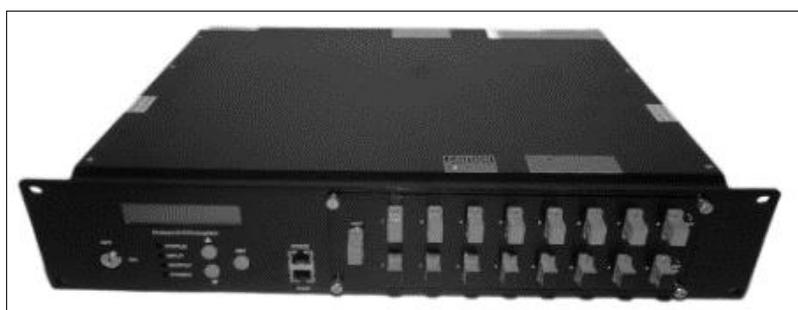
#### **2.2.4.2 Amplificador de fibra dopada con Erblio (EDFA)**

El EDFA es un amplificador óptico que opera dentro del rango de 1530 nm a 1565 nm, internamente este contiene un láser de bombeo y un combinador de Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM), este equipo contiene las señales de onda 1490nm y 1310 nm (Internet) entrantes y añade 1550 nm para el uso de los canales de televisión, así de esta forma propaga el servicio dentro de la red, el presente modelo líneas abajo reúne las características de 1 Unidad Rackeable (RU), presenta 8 entradas y 8 salidas, un puerto de ingreso de señal óptica y dos puertos de gestión.

La figura 3 muestra el EDFA, este funciona como un repetidor óptico que aumenta la intensidad de la señal entrante, estos equipos tienen WDM que permite enviar diferentes señales sobre una sola fibra mediante diferentes longitudes de onda (Optictimes, 2023).

**Figura 3**

*Amplificador de fibra dopada con Erblio (EDFA)*



*Nota.* Optictimes (2023).

### 2.2.4.3 ONU

El Terminal de Red Óptico (ONU) también se conoce como Equipo Local del Cliente (CPE), de acuerdo a sus características estos presentan puertos giga ethernet o fast ethernet, doble banda inalámbrica, puerto de radiofrecuencia (RF), puertos análogos para telefonía, entre otros.

La figura 4 muestra el equipo que es el encargado de brindar el servicio en el punto final ya sea en casa, oficina, departamento o negocio (Optictimes, 2023).

**Figura 4**

*Equipo ONU*



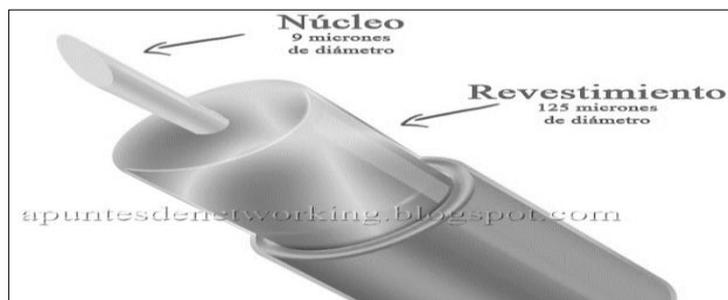
*Nota.* Catálogo de productos. Fuente: Rzfibra (2023).

### 2.2.4.4 Fibra óptica

La Figura 5 describe la imagen de una fibra óptica, donde internamente el material es altamente transparente diseñado para transmitir información a grandes distancias utilizando señales ópticas. Esta se fabrica de Sílice de muy alta pureza. Por ella pueden recorrer diferentes longitudes de onda.

**Figura 5**

*Imagen del núcleo de una fibra óptica monomodo*



*Nota.* Catálogo de productos. Fuente: Apuntes de networking (2023).

En la imagen posterior baja podemos observar el transmisor óptico de 1550 nm de una unidad de rack, con pulsadores para visualizar parámetros del equipo, puerto de administración y pantalla de información.

La imagen 6 muestra el transmisor óptico con longitud de onda de 1550 nm, este es un equipo de modulación directa de hasta 20 km que se encarga de convertir señales de radiofrecuencia en señal óptica, puede atender señales en Antena de televisión comunitaria (CATV) dentro del rango de 47 Mhz hasta 862 Mhz (Furukawa, 2023).

### **Figura 6**

*Transmisor óptico 1550 nm*



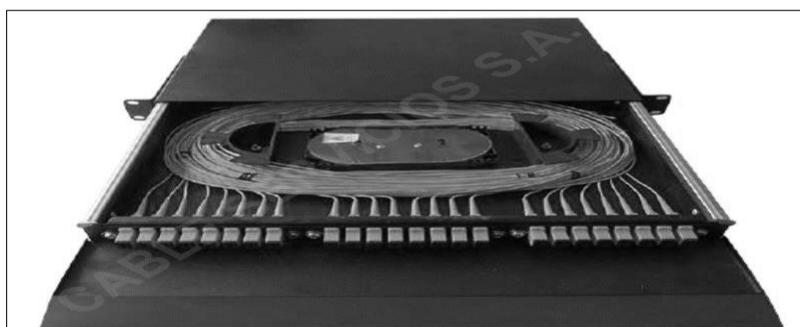
*Nota.* Furukawa (2023).

#### **2.2.4.5 Ordenador de Fibra Óptica (ODF)**

La figura 7 muestra un ordenador de fibra óptica utilizado para el acomodar fusiones, presentan diferentes medidas de unidades de rack y modelos de acuerdo a la cantidad de hilos a presentar dentro del mismo, este proporciona interconexiones de fibra óptica externa con la fibra óptica interna dentro del nodo central de la red, alberga fusiones y acopladores (FS Community, 2021).

### **Figura 7**

*Ordenador de fibra óptica*



*Nota.* Catálogo Cable servicios. Fuente: Cableservicios (2023).

### 2.2.4.6 Caja terminal

La figura 8 muestra una caja terminal para ser montada en el poste o pared, pueden observarse diferentes modelos e integrar divisores ópticos dentro de ella, la caja terminal tiene como finalidad dar acceso al usuario, administra internamente divisores de fibra óptica, fusiones y acoples del lado cliente.

**Figura 8**

*Caja terminal*



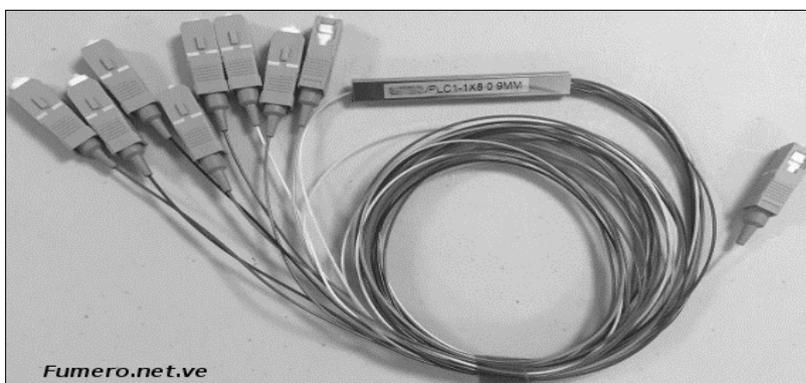
*Nota.* Catálogo. Fuente: Cableservicios (2023).

### 2.2.4.7 Divisor de fibra óptica o splitter

La figura 9 muestra un divisor de fibra óptica, estos pueden tener una presentación de 2 ,4 ,8 ,16 ,32 ,64 salidas y 1 entrada, su función principal es dividir la señal de entrada en varias salidas ópticas, es un elemento importante ya que permite que un puerto de la OLT sea compartido hasta 128 veces según el diseño de la red GPON (FS Community, 2021).

**Figura 9**

*Divisor de fibra óptica*



*Nota.* Catálogo. Fuente: Fibraopticahoy (2023).

#### 2.2.4.8 Mufa o cierre de empalme de fibra óptica

La figura 10 muestra una mufa domo tipo vertical, estas pueden contener varias bandejas insertadas internamente de acuerdo al número de fusiones, además pueden venir presentaciones tipo horizontal con cierre mecánico o térmico según el modelo, su principal función es proteger las fusiones internas, evitar el ingreso de humedad y polvo u otras condiciones adversas al interior de estas (Focenter, 2023).

**Figura 10**

*Mufa de empalme tipo vertical*



*Nota.* Catálogo. Fuente: Cleh (2023).

#### 2.2.4.9 Fibra óptica drop

La figura 11 muestra la presentación de una fibra drop, estas llegan en presentación de carretes de 1 km o 2 km, este material se encarga de las conexiones para dar servicios a los usuarios, esta es tendida desde la caja terminal hasta la ONU del cliente (Sisegusa, 2023).

**Figura 11**

*Fibra óptica drop*



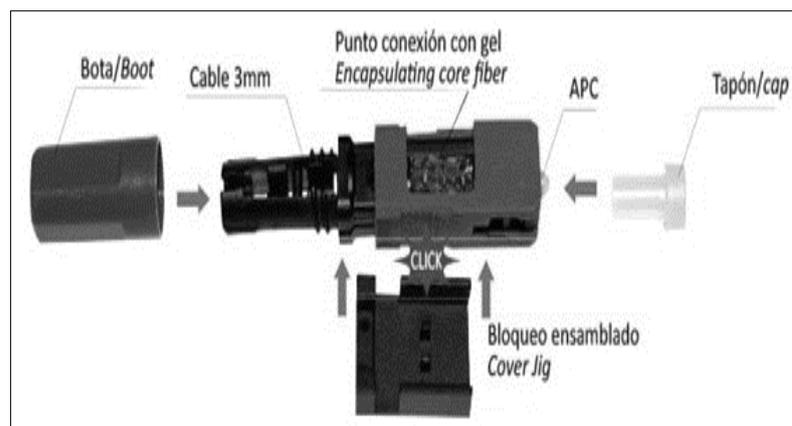
*Nota.* Catálogo. Fuente: Sisegusa (2023).

#### 2.2.4.10 Conector mecánico de fibra óptica.

La figura 12 muestra un conector de fibra óptica, vienen en diferentes presentaciones y modelos, pueden tener una terminación en punta azul llamado UPC o terminación en punta verde llamado APC, conocido también como conector rápido o pre-pulido, (Furukawa, 2023).

**Figura 12**

*Conector mecánico de fibra óptica*



*Nota.* Comunidad Todo Comercio Exterior (2023).

### 2.2.5 Red Óptica

Estas se emplean en telecomunicaciones, donde la mayor parte de sistemas tienen un emisor laser. La incidencia de estos emisores dentro de la red tiene diferentes longitudes de onda para transportar información en diversas frecuencias (Universidad de Córdoba, 2023).

#### 2.2.5.1 Tipos de Redes

Podemos indicar la existencia de dos tipos de redes.

La red óptica pasiva (PON) está formada por un transmisor de línea óptica en el nodo central de la red y una unidad de red óptica del lado cliente. Esta estructura punto a multipunto con un modo de enlace descendente y acceso múltiple por división de tiempo en el enlace ascendente, puede componerse de estructuras en su diseño de tipo árbol, estrella, bus y otras topologías; es necesario colocar un divisor óptico en cualquier parte del diseño de la red, por lo que este nos dará el valor de pérdida adecuado y permitirá ramificaciones adecuadas para el despliegue del tendido, de esa forma compartir recursos de ancho de banda y bajar el costo en construcción.

La red óptica activa (AON) vendrían a ser una arquitectura punto a punto en su mayoría, donde los diversos usuarios de la red tienen una fibra de uso particular. Este tipo de redes hacen uso en el despliegue de routers, equipos de conmutación, repetidores, amplificadores y otro tipo de redes para llegar al usuario final. Contienen una topología de Broadcast, esta no tiene reglas y la información se envía cuando se necesita (FS Community, 2021).

En la tabla 1 podemos ver las ventajas y desventajas de usar redes PON Y AON

**Tabla 1**

*Ventajas y desventajas de las redes PON y AON*

Nombre	Ventajas	Desventajas
PON	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Punto a multipunto</li> <li>• Pasiva, ausencia de equipos activos en la fibra.</li> <li>• Solo usan equipos activos en el nodo central y usuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdida de servicio si se llegase a romper la troncal de distribución.</li> <li>• Requiere mayor seguridad al estar centralizado.</li> <li>• Depende del funcionamiento de la OLT.</li> </ul>
AON	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Red punto a punto.</li> <li>• Activa, puede haber amplificadores o repetidores intermedios.</li> <li>• Llegan a distancias más largas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor mantenimiento</li> <li>• Se requiere conocer todo el tramo de uso por cada usuario</li> <li>• Mayor costo de energía eléctrica al usar equipos intermedios.</li> </ul>

*Nota.* (FS Community, 2021).

### 2.2.6 Evolución de las redes de fibra óptica en servicios de televisión internet y datos FTTN, FTTC, FTTB, FTTH

La tabla 2 nos muestra la evolución de las redes basadas en fibra óptica.

**Tabla 2**

*Evolución de las redes*

FTTN	FTTC	FTTB	FTTH
Fibra hasta el nodo, atiende a cientos de	Fibra hasta la acera, hace referencia sobre	Fibra hasta el edificio, llega hasta los límites	Fibra hasta la casa, se mueven

clientes, dichos usuarios pueden estar dentro de un rango aproximado de 1600 metros y para completar esta distancia se puede usar otras tecnologías, la proximidad al nodo central determina las velocidades al usuario.	el armario montado sobre una estructura o poste, luego los pares trenzados o coaxiales envían las señales hasta el domicilio, sin embargo, se pierde velocidad mediante la entrega, puede atender a los usuarios dentro de un rango de 10km.	del edificio y la conexión final la realizan otros medios alternativos.	cables de fibra óptica entre postes y cajas terminales, esta conexión va directa hasta las casas de forma individual, ofrece un ancho de banda mayor.
--	--	---	---

*Nota.* Facts and Figures 2023. Fuente: ITU's (2023).

## **2.2.7 Estándares en Redes XPON**

El estándar XPON adhiere las diversas formas de implementar una red PON, es por eso que para englobar las diferentes tecnologías se denomina el termino XPON. Los estándares XPON se dividen en APON, BPON, EPON, GPON y los subsecuentes que estén en desarrollo.

### **2.2.7.1 Estándar APON**

A finales de 1990 la Unión internacional de telecomunicaciones (UIT) dio a conocer este estándar utilizando el Modo de Transferencia Asíncrono para la Comunicación por Paquetes en una Red Óptica Pasiva (APON) que hace uso de la multiplexación centralizada y comparte recursos de fibra óptica lo que hace que el costo sea menor entre un 20 a 40 % que un sistema Jerarquía digital síncrona (SDH) basada en circuito.

### **2.2.7.2 Estándar BPON**

Con el desarrollo de Ethernet, APON dejaría de utilizarse paulatinamente y sería reemplazado por una Red Óptica Pasiva de Banda Ancha (BPON), esta última tendría características de capacidad Ethernet que integra una estructura punto a multipunto capaz de dar comunicaciones de última milla.

### **2.2.7.3 Estándar EPON**

Debido al alto costo de implementación de BPON, fue reemplazado por Ethernet PON

(EPON) que nos da características de redes ópticas pasivas con capacidad ethernet, estas diseñan estructuras punto a multipunto capaces de integrar usuarios de última milla.

#### 2.2.7.4 Estándar GPON

Este estándar ofrece una red pasiva con capacidad gigabit (GPON) por lo cual es más avanzada que sus antecesores, se adapta mejor a usuarios de gran ancho de banda y es el estándar actual a la fecha (Baudcom, 2023).

#### 2.2.8 Decibelio

La ecuación 1 nos muestra el decibelio como unidad de medida para expresar las diferencias relativas en la potencia de una señal, se expresa de la siguiente manera:

$$dB = 10 \times \text{Log}_{10} \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \quad ( 1 )$$

donde  $\text{Log}_{10}$  es el logaritmo decimal y  $P_1$  y  $P_2$  son las potencias que se comparan.

Nota:  $\text{Log}_{10}$  es diferente del logaritmo base e neperiano ( $\text{Ln}$  o  $\text{LN}$ ).

La ecuación 2 nos indica que también se puede expresar la amplitud de señal en dB. La potencia es proporcional al cuadrado de la amplitud de una señal. Por lo tanto, el dB se expresa como:

$$dB = 20 \times \text{Log}_{10} \left( \frac{V_1}{V_2} \right) \quad ( 2 )$$

donde  $V_1$  y  $V_2$  son las amplitudes que deben compararse.

La ecuación 3,4,5 nos indica las equivalencias de 1 bell, 1 decibel y un decibel relativo.

$$\begin{aligned} & 1 \text{ Bell (no utilizado actualmente)} \\ & = \text{Log}_{10} \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \end{aligned} \quad ( 3 )$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ decibel (dB)} & = 1 \text{ Bell} / 10 \\ & = 10 * \text{Log}_{10} \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \end{aligned} \quad ( 4 )$$

$$\begin{aligned} \text{dBr} &= \text{dB (relativo)} = \text{dB} \\ &= 10 * \text{Log}_{10} \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \end{aligned} \quad ( 5 )$$

*Nota.* Cisco (2023).

### 2.2.9 Presupuesto Energético

El presupuesto energético se utiliza para realizar una comparativa con la pérdida total calculada a fin de garantizar que la instalación fuera correcta.

La ecuación 6 nos muestra el balance de potencia (PB) que se calcula como el resultado de la diferencia entre la sensibilidad del receptor (PR) y la salida del transmisor en la fibra (PT).

$$\begin{aligned} \text{La fórmula de cálculo es: } P(B) &= P(T) \\ &- P(R) \end{aligned} \quad ( 6 )$$

*Nota.* FS Community (2021).

### 2.2.10 Atenuación del Enlace Óptico

La ecuación 7 indica la atenuación total (TA) de una sección de cable:

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M \quad ( 7 )$$

donde:

n: cantidad de conectores

C: atenuación de un conector óptico (dB)

c: cantidad de empalmes en sección de cable básica

J: atenuación de un empalme (dB)

M: el margen del sistema (cables de conexión, plegado de cables, eventos de atenuación óptica impredecibles, etc.) se puede considerar en torno a 3 dB.

a: atenuación de cable óptico (dB/km)

L: longitud total del cable óptico

*Nota.* Cisco (2023).

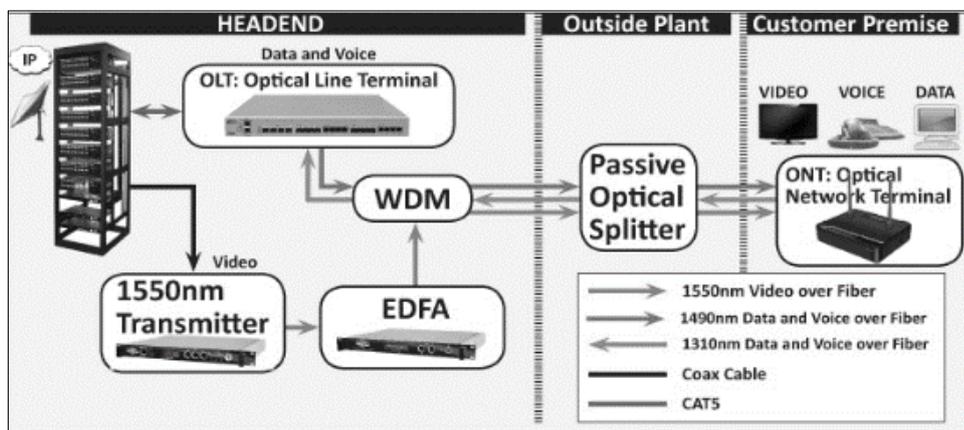
### 2.2.11 FTTH en Perú

En la actualidad los hogares peruanos tienen una demanda de conectividad mucho mayor a periodos anteriores, las personas se inclinan por comunicación, entretenimiento y trabajo por lo que dependen de una conexión directa de fibra óptica, la característica de FTTH es distinguirse de antiguas tecnologías para dar conectividad a los hogares, así como mayor velocidad y ancho de banda (OPSITEL, 2023).

La figura 13 nos muestra los componentes de una red FTTH desde la cabecera hasta el usuario.

**Figura 13**

*Componentes de una red FTTH con servicio de Internet y Televisión*

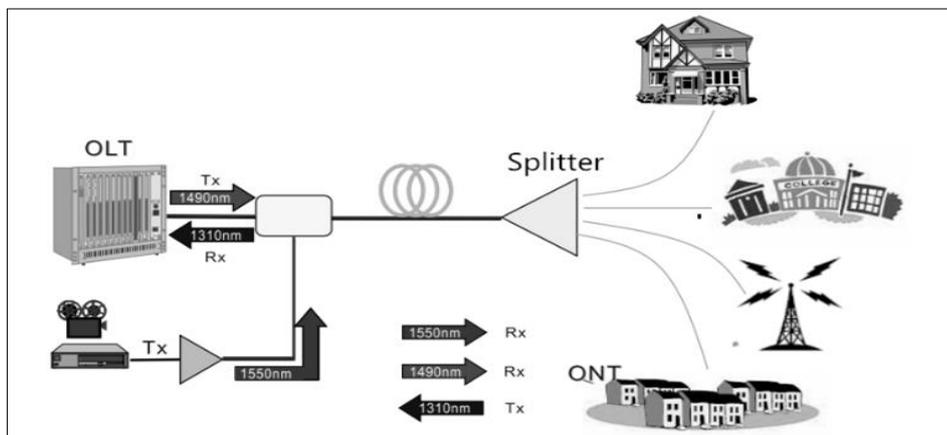


*Nota.* Catálogo. Fuente: Fibresplitter (2023).

La figura 14 nos muestra otra gráfica de los componentes de una red FTTH desde la cabecera hasta el usuario.

**Figura 14**

*Gráfica de una red FTTH que contiene el servicio de Internet y televisión*



*Nota.* Catálogo. Fuente: Fibresplitter (2023).

## **2.3 Definición de Términos**

### **2.3.1. FTTH**

Es una tecnología de telecomunicaciones que consiste en la utilización de cableado de fibra óptica y sistema de distribución óptico para la provisión de servicios de internet, teléfono y televisión a hogares (Iptel, 2016).

### **2.3.2. OSI**

Es un modelo conceptual creado por la Organización Internacional para la estandarización, el cual permite diversos sistemas de comunicación (Cloudflare, 2024).

### **2.3.3. GPON**

Red óptica pasiva con capacidad gigabit de acceso que utiliza la fibra óptica para llegar al usuario final (Furukawa, 2023).

### **2.3.4. XGPON**

Estándar que ofrece una velocidad de descarga máxima de 10 Gbps y subida máxima de 2.5 Gbps (Huawei, 2023).

### **2.3.5. MAN**

Una red de área metropolitana llamada MAN es más reducida que una red amplia de redes WAN, pero es de mayor tamaño que una red de área local LAN (Cloudflare, 2024).

## CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Diseño de la investigación

El uso de la tecnología FTTH GPON junto a los conocimientos adquiridos dio como resultado final proponer una metodología para el diseño físico y lógico de la red, así como del presupuesto óptico correspondiente, de tal manera satisfacer la demanda de ancho de banda y optimizar los servicios de calidad en la Asociación el Pedregal de la ciudad de Tacna.

La presente investigación fue no experimental, porque se observan los acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, esta será de forma analítica no llegando a su implementación. El nivel de investigación fue aplicativo porque se desarrolló un modelo de red de fibra óptica GPON para dar servicios de internet y televisión.

### 3.2 Acciones y actividades

Para el diseño de la red GPON se seguirá la siguiente metodología:

Planeación

Ubicación

- Nodo central
- Mapa de red

Determinación de requerimientos

- Estabilidad
- Parámetros de operación
- Requerimientos para el diseño físico
- Composición de los equipos lógicos

Análisis y diseño de la red GPON

- Diseño físico
- Cable de interconexión entre dispositivos
- Cableado entre el ODF, EDFA, OLT
- Divisores ópticos
- Diseño lógico

Cálculo de potencia para el usuario final

Estructura de la OLT propuesta

### 3.2.1 Planeación

Debemos saber la ubicación geográfica con coordenadas para poder desarrollar nuestra tesis.

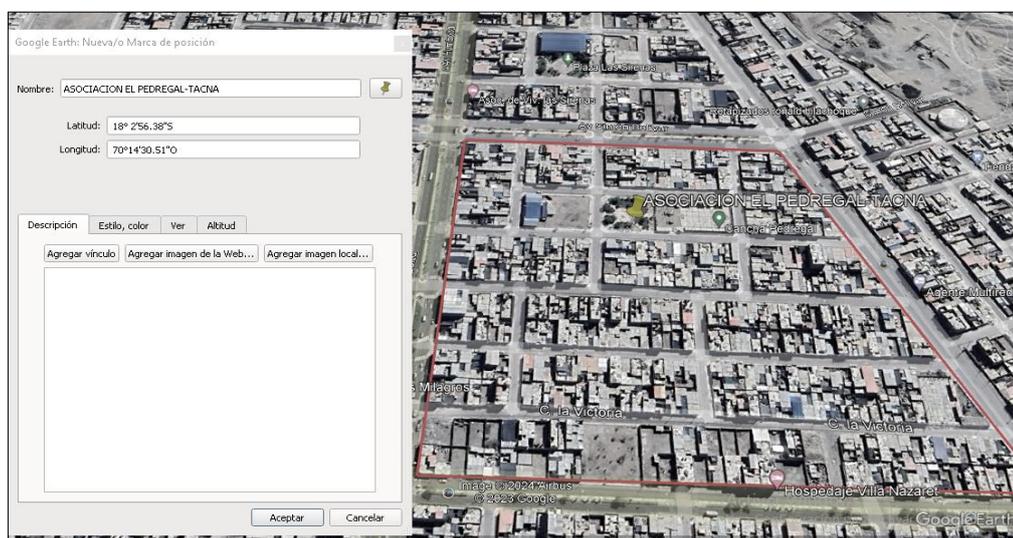
### 3.2.2 Ubicación

Para diseñar la red GPON en la Asociación el Pedregal de la ciudad de Tacna, necesitamos conocer la ubicación. Nos guiaremos sobre Google Earth para poder validar nuestras coordenadas, de esta manera conoceremos las dimensiones de la Asociación y a la vez las colindancias de esta, asimismo nos daremos una idea sobre el despliegue que realizaremos. Conocer la ubicación de la Asociación permite proponer la distribución física, procederemos a ubicar el punto central de la red donde se instalarán los equipos activos que alimentarán de servicio. También es de ayuda conocer la zona geográfica y ver la cantidad de postes situados en ella para darnos una mira sobre el tendido de fibra óptica.

La figura 15 nos muestra una imagen panorámica de la Asociación el Pedregal en la ciudad de Tacna.

#### Figura 15

*Vista de la Asociación el Pedregal de la ciudad de Tacna*



*Nota.* Tomado desde Google Earth 2023, con coordenadas en latitud  $18^{\circ} 2'56.38''S$  y longitud  $70^{\circ} 14'30.51''$ .

#### 3.2.2.1 Nodo central

Este es el lugar donde estarán los equipos activos y Core de la red.

### **3.2.2.2 Mapa de Red**

Muestra el recorrido de la fibra óptica entre avenidas y calles, esta recorrerá la calle Bohemia Tacneña, calle Victoria, calle los Queñuales, calle Pedregal, calle Villa los Pinos.

### **3.2.3 Determinación de requerimientos**

#### **3.2.3.1 Estabilidad**

La red GPON ofrecerá estabilidad sobre los servicios de internet y televisión logrando estar dentro de los valores adecuados de operación.

#### **3.2.3.2 Parámetro de operación**

La red de comunicaciones basada en tecnología GPON tendrá los parámetros de operación para la longitud de onda en 1490 nm (nanómetros) desde los -8 decibelio mili vatio (dbm) hasta los -27 dbm. Para la longitud de onda 1550 nm CATV el rango de entrada óptica se ubica desde los +2 dbm hasta los -18 dbm con una gama de frecuencia a nivel de radiofrecuencia (RF) desde los 47 megahercios (MHz) hasta los 1000 MHz, con una impedancia de salida de RF de 75 ohmios (ohm). Para la longitud de onda 1310 nm se da a conocer los valores en transmisión de potencia óptica de 0 hasta +4 dbm.

#### **3.2.3.3 Requerimientos para el diseño físico**

Los equipos usados dentro de la red GPON y CATV son: routers, OLT, transmisor óptico, EDFA, cable de fibra óptica autoportante totalmente dieléctrico (ADSS) y cajas de punto de acceso a la red (NAP).

#### **3.2.3.4 Composición de los equipos lógicos:**

Estos contienen el software necesario para el funcionamiento de los equipos y tienen una interface grafica de configuración o una interface de línea de comandos (CLI).

### **3.2.4 Análisis y Diseño de la red GPON**

#### **3.2.4.1 Diseño Físico**

La figura 16 muestra la dirección del recorrido de la fibra óptica, visualizamos el nodo central representado por un "hexágono", las cajas NAP representadas por la letra "P", además de los postes de apoyo representados con el icono de "ubicación".

**Figura 16***Recorrido de fibra óptica*

*Nota.* Imagen tomada desde Google Earth 2024.

La tabla 3 muestra la ubicación en latitud y longitud del Core central de la red junto a los postes a usarse para la colocación de cajas NAP en la Asociación el Pedregal.

**Tabla 3***Ubicación de Core y cajas NAP en postes*

Poste	Ubicación	
	Latitud	Longitud
Poste 1	18° 2'55.35"S	70°14'33.07"O
Poste 2	18° 2'58.22"S	70°14'31.43"O
Poste 3	18° 2'59.99"S	70°14'33.11"O
Poste 4	18° 3'1.67"S	70°14'33.10"O
Poste 5	18° 2'55.62"S	70°14'27.58"O
Poste 6	18° 2'58.40"S	70°14'27.67"O
Poste 7	18° 3'0.27"S	70°14'26.45"O
Poste 8	18° 3'0.27"S	70°14'26.45"O
CORE	18° 2'58.09"S	70°14'34.99"O

La tabla 4 muestra la ubicación en latitud y longitud de postes de apoyo para el cable de fibra óptica para esta implementación.

**Tabla 4***Ubicación de los postes de apoyo para el tendido de la red*

<b>Poste Apoyo</b>	<b>Ubicación Latitud</b>	<b>Ubicación Longitud</b>
Apoyo 1	18° 2'58.03"S	70°14'33.19"O
Apoyo 2	18° 2'58.20"S	70°14'29.59"O
Apoyo 3	18° 2'56.95"S	70°14'27.64"O
Apoyo 4	18° 2'55.05"S	70°14'30.12"O
Apoyo 5	18° 3'1.48"S	70°14'30.93"O
Apoyo 6	18° 3'1.61"S	70°14'29.01"O
Apoyo 7	18° 3'0.14"S	70°14'29.06"O

La tabla 5 y 6 muestra la distancia medida en metros entre postes.

**Tabla 5***Distancia medida entre postes (tendido de coloración roja)*

<b>Origen</b>	<b>Destino</b>	<b>Metraje</b>
Core	Apoyo 1	57,21 metros
Apoyo 1	Poste 2	56,52 metros
Poste 2	Apoyo 2	57,56 metros
Apoyo 2	Poste 6	54,76 metros
Poste 6	Apoyo 3	45,15 metros
Apoyo 3	Poste 5	51,55 metros
Poste 5	Apoyo 4	77,05 metros
Apoyo 4	Poste 1	86,88 metros
Core	Poste 1	473 metros

**Tabla 6***Distancia medida entre postes (tendido de coloración verde)*

<b>Origen</b>	<b>Destino</b>	<b>Metraje (m)</b>
Core	Apoyo 1	57,21
Apoyo 1	Poste 3	58,28
Poste 3	Poste 4	51,86
Poste 4	Apoyo 5	68,32
Apoyo 5	Apoyo 6	54,72
Apoyo 6	Poste 8	79,77
Poste 8	Apoyo 6	80,96
Apoyo 6	Apoyo 7	47,14
Apoyo 7	Poste 7	63,92
Core	Poste 7	551

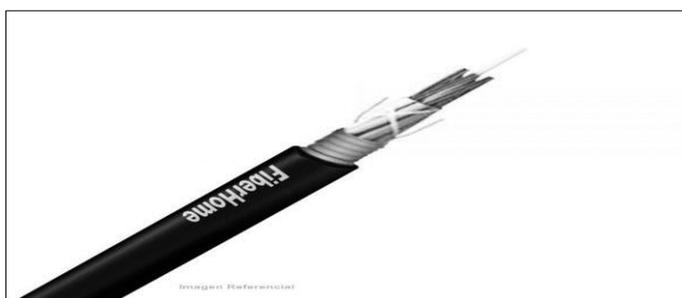
### 3.2.4.2 Cable de interconexión entre dispositivos

Para la realización de la red GPON se usó fibra óptica entre postes, este unirá el Core central y el equipo ONU del abonado, para la comunicación a grandes velocidades dentro del nodo se utiliza módulos Transceptores de Pequeña Forma (SFP), estos darán una conexión de alta velocidad sin cuellos de botella y pérdida de paquetes.

La figura 17 nos expone una fibra ADSS para tendido en los postes el cual dará servicio a nuestra red, esta es no metálica y su composición es autoportante de un material dieléctrico.

**Figura 17**

*Fibra óptica ADSS*

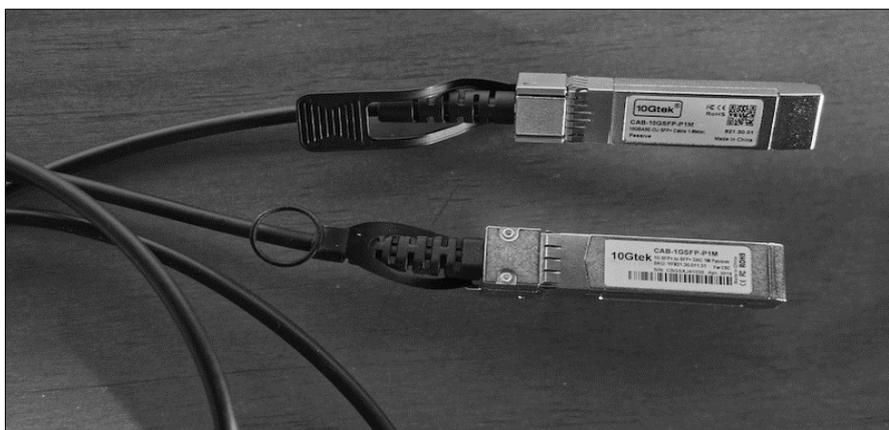


*Nota.* Tomado de Kroton (2023).

La figura 18 nos muestra un cable con modulo SFP+, estos alcanzan 10 giga ethernet de velocidad para garantizar el ancho de banda de la red, se denomina en español factor pequeño de forma enchufable plus (SFP+) y es una mejora en velocidad de su antecesor factor pequeño de forma (SFP) el cual negociaba a 1 giga ethernet.

**Figura 18**

*Modulo SFP+ para interconexión de switches y routers*



*Nota.* Tomado de NASeros (2023).

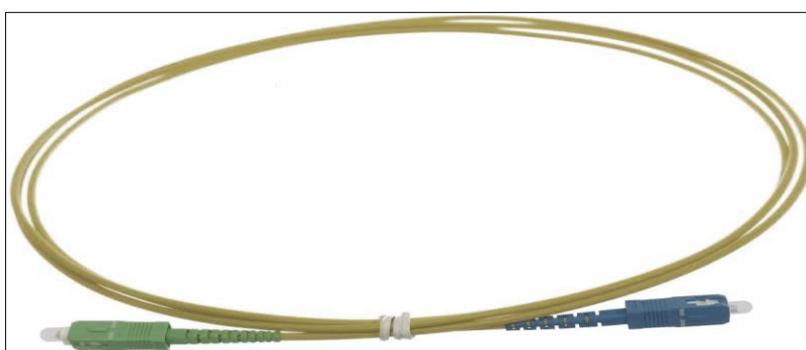
### 3.2.4.3 Cableado entre el ODF, EDFA, OLT

Para la comunicación entre dispositivos dentro del nodo se utiliza jumpers de fibra óptica, estos se encargan de unir dos equipos para así cerrar un circuito, relativamente son cortos y en sus terminaciones tienen un pulido especial.

La figura 19 señala el uso de un jumper con diferente terminación de pulido en ambos extremos, comúnmente se utiliza terminaciones SC-UPC / SC-APC y diferentes variantes, estos están identificados por un color ya sea verde o azul.

**Figura 19**

*Jumper SC-APC/SC-UPC para interconexión*



*Nota.* Extraído de Grupo Mediatech (s.f.).

### 3.2.4.4 Divisores ópticos

Un splitter o divisor óptico es un elemento dentro de la red de fibra óptica que se encarga de tomar una señal y dividirla en varias, puede contener “x” salidas. Estas salidas tendrán menor potencia que la señal de entrada.

La tabla 7 muestra la pérdida por el uso de divisores, estos datos de pérdida fueron obtenidos de la página Cisco (Cisco, 2023).

**Tabla 7**

*Pérdida por divisores ópticos*

Splitters ópticos	Pérdida permitida (db)
1x64	20,1
1x32	17,4
1x16	13,8
1x8	10,5
1x4	7,0

*Nota.* Datos de pérdida obtenidos de la página Cisco

(Cisco, 2023).

En una red GPON el uso de divisores ópticos es común para llegar al máximo de multiplexaciones sobre un solo hilo de fibra óptica, este puede variar de acuerdo a la cantidad de usuarios que se requiera atender, ancho de banda que requiera la red o parámetros de operación óptica.

La tabla 8 indica la cantidad de clientes que puede tener una red GPON de acuerdo al nivel de splitteo por puerto PON.

**Tabla 8**

*Splitteo en una red GPON*

<b>Splitter Primario</b>	<b>Splitter Secundario</b>	<b>Cantidad de Clientes</b>
1X8	1X8	64
1X8	1X16	128

### 3.2.4.5 Diseño Lógico

Para el diseño lógico se validó los siguientes aspectos:

- Uso de Virtual LAN (VLAN) para la creación de redes lógicas sobre un medio físico
- Uso de Sesiones Punto a Punto sobre Ethernet (PPPOE) para un cifrado de conexión al momento de entregar el servicio de Internet
- Uso de Subnetting para la división de una red IP única en subredes más pequeñas

La numeración de VLAN y tamaño de red para el funcionamiento del servicio será de la siguiente manera:

- VLAN con numeración 100 para el servicio de internet.
- Para la distribución de direcciones IP se tiene la red 172.16.8.0/22 donde las direcciones IP disponibles parten desde 172.16.8.1 hasta la dirección IP 172.16.11.254, teniendo como dirección de red 172.16.8.0 y dirección de broadcast 172.16.11.255, finalizando con 1022 direcciones IP disponibles para uso.

La tabla 9 nos muestra las redes disponibles por velocidades, redes para equipos de prueba, redes para velocidades de 100 megas, 200 megas y 300 megas

**Tabla 9***Redes por velocidades*

Descripción	Red-Subred	VLAN
Para equipos de prueba dentro del nodo	172.16.8.0/22	VLAN 100
Para velocidades de 100 Mbps	172.16.9.0/22	VLAN 100
Para velocidades de 200 Mbps	172.16.10.0/22	VLAN 100
Para velocidades de 300 Mbps	172.16.11.0/22	VLAN 100

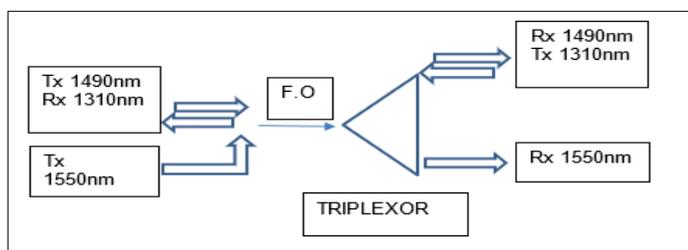
### 3.2.5 Cálculo de la potencia para el usuario final

Los cálculos de potencia se realizaron con datos de pérdida del proveedor Fluke y fueron comparados con el simulador del fabricante Extron, esto se detalla en el apartado materiales e instrumentos.

### 3.2.6 Estructura de OLT propuesto

Detallamos la siguiente estructura de forma gráfica para el diseño de una red GPON.

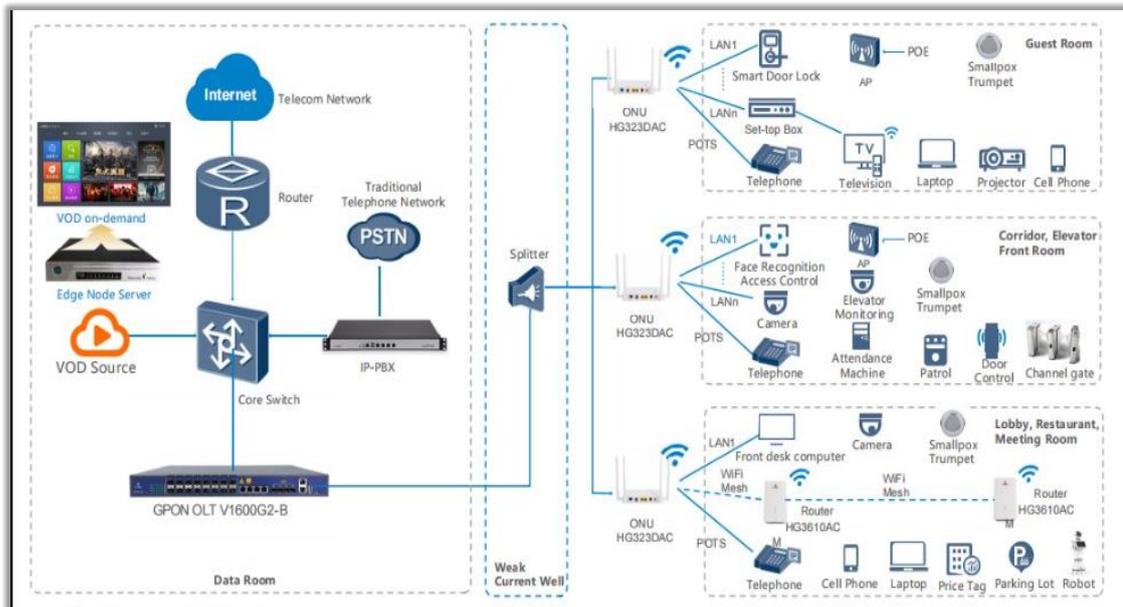
La figura 20 nos muestra la separación de longitudes de onda realizadas por un equipo triplexor.

**Figura 20***Estructura interna de la llegada de servicio al abonado*

*Nota.* Elaboración propia

La figura 21 señala el cuarto de comunicaciones y la interconexión mediante un divisor óptico de fibra óptica con el usuario final, este diagrama es una representación de red GPON mostrada por el fabricante de la marca Vsol en el 2023.

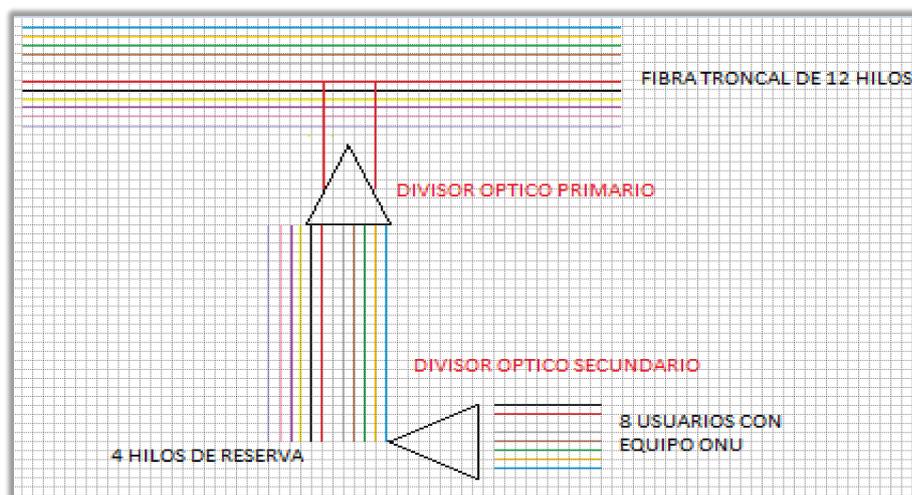
**Figura 21**  
Plano de una red GPON FTTH



*Nota.* Diagrama de red GPON mostrado por el fabricante Vsol en el 2023 (Vsol, 2023).

La figura 22 muestra un esquema de distribución de fibra óptica en planta externa, esta contiene dos niveles de divisores ópticos y una fibra troncal de 12 hilos, de esta fibra troncal se hará uso del hilo rojo que es fusionado a un divisor óptico de 1 a 8 y posteriormente conectado a una fibra de 12 hilos, donde 4 hilos quedan como reserva y las demás terminaciones son colocados a una caja final NAP para aceptación de hasta 8 clientes.

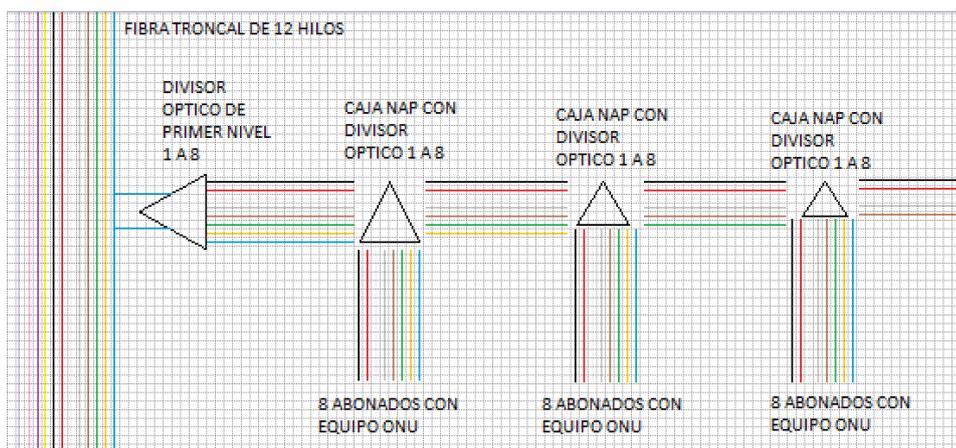
**Figura 22**  
Plano de la estructura de planta externa en la llegada de servicio al abonado



La figura 23 muestra una fibra de 12 hilos como troncal, donde el hilo azul ingresa a un divisor óptico de primer nivel 1 a 8, este es fusionado sobre una fibra de 8 hilos, conforme vayan pasando por cada caja NAP se irán quedando para introducirse sobre un divisor secundario, tenemos en cuenta que en esta red no hay uso de equipos activos intermedios al ser una red óptica pasiva de largo alcance.

**Figura 23**

*Muestra el ejemplo de distribución en una red troncal*



### 3.3 Materiales e instrumentos

Para calcular la pérdida y atenuación óptica usaremos el software de la empresa Extron, este resultado al final será comparado con el resultado de un cálculo manual con datos de pérdida y atenuación del proveedor Fluke.

La figura 24 nos muestra la atenuación de la fibra óptica en un tramo de 20 kilómetros simulados en el software empresa Extron.

**Figura 24**

*Atenuación de una fibra óptica en un tramo de 20km*

**Determinar la atenuación de la fibra óptica**

\* ¿Qué longitud tiene el recorrido de fibra?  kilómetros ▼

\* ¿Qué producto de fibra de Extron se utiliza?  ▼

\* ¿Qué tipo de fibra se utiliza?  ▼

La atenuación de la fibra es 0,4 dB/km @ 1310 nm

---

**ATENUACIÓN TOTAL DE LA FIBRA: 8 dB**

*Nota.* Extraído de Extron (2023).

La figura 25 nos muestra la pérdida por el uso de dos conectores sobre fibra óptica en el software de simulación de la empresa Extron.

**Figura 25**  
*Muestra la pérdida de conectores*

**Determinar la pérdida de los conectores**

\*¿Cuántos pares de conectores hay en el recorrido?  par(es) de conectores

\*¿Cuál es la pérdida óptica de cada par de conectores?  dB (.75 por defecto)

**PÉRDIDA TOTAL DEL PAR DE CONECTORES: 1,50 dB**

*Nota.* Extraído de Extron (2023).

La figura 26 nos muestra la pérdida por dos empalmes sobre fibra óptica en el software de simulación de la empresa Extron.

**Figura 26**  
*Muestra la pérdida por empalme*

**Determinar la pérdida del empalme**

¿Cuántos empalmes mecánicos hay en el recorrido?  empalme(s) mecánico(s) (0,25 dB/empalme)

¿Cuántos empalmes por fusión hay en el recorrido?  empalme(s) por fusión (0,10 dB/empalme)

**PÉRDIDA TOTAL DEL EMPALME: 0,20 dB**

*Nota.* Extraído de Extron (2023).

La figura 27 muestra la pérdida de diferentes componentes dentro de la fibra óptica, estos datos fueron obtenidos desde el proveedor Fluke.

**Figura 27**  
*Valores de pérdida en la fibra óptica por diferentes componentes*

Par de conectores acoplados	0,75 dB
Empalme	0,3 dB
Fibra multimodo	3,5 dB por kilómetro a 850 nm 1,5 dB por kilómetro a 1300 nm
Fibra monomodo	1,0 dB por kilómetro a 1310 nm 1,0 dB por kilómetro a 1550 nm
Planta exterior (TIA solamente)	0,5 dB por kilómetro a 1310 nm 0,5 dB por kilómetro a 1550 nm

*Nota.* Extraído de Fluke. (Fluke, 2023)

La ecuación 8 nos calcula la atenuación total de la fibra, este valor al final será comparado con el software de simulación, indicamos que Atenuación Total de la fibra = Longitud x Atenuación.

$$A=20 \times 1.0 \quad ( 8 )$$

$$A=20 \text{ db de perdida}$$

La ecuación 9 nos calcula la perdida por conectores en fibra óptica, este valor al final será comparado con el software de simulación, indicamos que Pérdida total de conectores = Numero de conectores x perdida por unidad.

$$P=2 \times 0,75 \quad ( 9 )$$

$$P=1,50 \text{ db de perdida}$$

La ecuación 10 nos calcula la perdida por empalme en fibra óptica, este valor al final será comparado con el software de simulación, indicamos que Perdida por empalme=número de empalmes x perdida unitaria por empalme.

$$PE=2 \times 0,30 \quad ( 10 )$$

$$PE=0,60 \text{ db de perdida}$$

La Tabla 10 muestra una comparativa de resultados con los datos obtenidos desde el simulador Extron y el proveedor Fluke, donde concluimos que el simulador muestra menor perdida en la atenuación de una fibra en un tramo de 20 kilómetros, una menor perdida en empalmes y ambos muestran un valor igual en la perdida de conectores.

**Tabla 10**

*Resultados comparados del simulador Extron y el cálculo manual Fluke*

<b>Origen</b>	<b>Simulador Extron</b>	<b>Calculo manual Fluke</b>
Atenuación de la fibra a 20 Km	8 db	20 db
Perdida de 2 conectores	1.50 db	1.50 db
Perdida de 2 empalmes	0.20 db	0.60 db

La tabla 11,12,13 y 14 da a conocer 4 cálculos de potencia óptica, estos tienen una distancia de 1km,5km,15km y 20km donde se usaron divisores ópticos de 1 a 8 y 1

a 16 ,además se introdujeron los valores de perdida por fusión y conectores ,todo esto se realizó para obtener un resultado y confirmar que la red GPON opera a largas distancias con parámetros adecuados , los datos de perdida se obtuvieron desde la página CISCO (Cisco, 2023):

**Tabla 11**

*Cálculo de potencia óptica con divisor óptico de 1 a 64 a una distancia de 1 km*

	<b>SFP</b>	<b>Conector (-0.6)</b>	<b>Fusión (-0.2)</b>	<b>Splitter 1x64 (-20.1)</b>	<b>Distancia (-0.35)</b>	<b>Valor dbm</b>
Unidad	3 dbm	2	3	1	1 km	
dbm	3	-1.2	-0.6	-20.1	-0.35	-19.25

**Tabla 12**

*Cálculo de potencia óptica con divisor óptico de 1 a 8 a una distancia de 5 km*

	<b>SFP</b>	<b>Conector (-0.6)</b>	<b>Fusión (-0.2)</b>	<b>Splitter 1x8 (-10.5)</b>	<b>Distancia (-0.35)</b>	<b>Valor dbm</b>
Unidad	3 dbm	2	3	1	5 km	
dbm	3	-1.2	-0.6	-10.5	-1.75	-11.05

**Tabla 13**

*Cálculo de potencia óptica con divisor óptico de 1 a 64 a una distancia de 15 km*

	<b>SFP</b>	<b>Conector (-0.6)</b>	<b>Fusión (-0.2)</b>	<b>Splitter 1x64 (-20.1)</b>	<b>Distancia (-0.35)</b>	<b>Valor dbm</b>
Unidad	3 dbm	2	3	1	15 km	
dbm	3	-1.2	-0.6	-20.1	-5.25	-24.15

**Tabla 14**

*Cálculo de potencia óptica con divisor óptico de 1 a 8 a una distancia de 20 km*

	<b>SFP</b>	<b>Conector (-0.6)</b>	<b>Fusión (-0.2)</b>	<b>Splitter 1x8 (-10.5)</b>	<b>Distancia (-0.35)</b>	<b>Valor dbm</b>
Unidad	3 dbm	2	3	1	20 km	
dbm	3	-1.2	-0.6	-10.5	-7	-16.3

### 3.4 Población y/o muestra del estudio

En un conteo realizado se encontró un total de 370 lotes de manera visual, con esta información podemos indicar que usaríamos 3 puertos PON para brindar el servicio en caso toda la población lo solicitara, como sabemos un puerto PON admite una relación de división de 1 a 128 conexiones de usuario final, si, en miras a futuro se desearía brindar el servicio a un número mayor de usuarios fuera del conteo realizado, tendríamos la opción de replicar el modelo de esta presenta tesis .

### 3.5 Operacionalización de variables

**Tabla 15**

*Variables de la investigación*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador
Diseño de una red GPON	Es una tecnología de telecomunicaciones que usa el cableado de fibra óptica y sistemas de distribución para la provisión de servicios de internet, telefonía y cable a hogares o empresas	Topología física	-Potencia de transmisión -Potencia de recepción -Atenuación
		Topología lógica	-VLAN

## CAPITULO IV: RESULTADOS

En este capítulo observamos los resultados del correcto calculo sobre un enlace a una distancia de 10 km, se insertan valores de pérdidas referenciadas en la página del fabricante Cisco, así podemos concluir que la red GPON es de largo alcance, gran capacidad y robusta. Indicamos también que al ser una red que propaga internet y televisión mediante multiplexación tenemos que optar por un correcto despliegue para tener la menor cantidad de fallos al momento de entregar el servicio.

### 4.1 Valores a tomar en cuenta en el cálculo de potencia óptica.

- Potencia del módulo SFP.
- Metraje de fibra óptica.
- Perdida por conectores.
- Perdida por fusión.
- Perdida por splitter.
- Rango de recepción del equipo cliente.
- Potencia del equipo EDFA

### 4.2 Datos técnicos y características requeridas del equipo del abonado.

- Routing, VLAN, cifrado PPPOE, DHCP, IP estática.
- Rango de operación entre 0 a 40 grados, humedad no condensada de 5 a 95 grados centígrados.
- Rango de voltaje de entrada de 11 a 14 voltios en corriente directa a 2 amperios.
- Físicamente los equipos presentan 1 puerto de telefonía,4 puertos LAN, wifi USB, puerto CATV.
- Nivel de operación -8 dbm a -28 dbm.

### 4.3 Características generales del módulo SFP en la OLT.

- Modulo bidireccional 1490/1310 nm, 20 km, 2.48 Gb/s de bajada y 1.24 Gb/s de subida.
- Potencia óptica de transmisión mayor o igual a 3dbm, máxima

recepción de -35dbm

#### 4.4 Características generales del módulo EDFA.

- Longitud de fibra dopada con Erblio, láser de bombeo y combinador WDM
- Señal óptica de entrada en 1550nm

#### 4.5 Cálculo de potencia.

La tabla 16 muestra componentes de una red de fibra óptica y su valor de perdida.

**Tabla 16**

*Potencia y pérdidas en los componentes de una red de fibra óptica*

Descripción	Valor dbm
Potencia SFP	3
Potencia EDFA	22
Perdida por conector	-0.6
Perdida por fusión	-0.2
Perdida splitter 1x64	-20.1
Distancia x Km	-0.35

*Nota.* Elaboración con datos de la página Cisco (2023).

La tabla 17 y 18 muestran el cálculo de potencia sobre una fibra óptica de 10 kilómetros, donde se simulo el uso de 2 conectores,3 fusiones y 1 divisor óptico de 1 a 64 salidas, este cálculo se realizó con una potencia de +3 para el servicio de internet en la figura 17 y una potencia de +22 en la figura 18 para el servicio de televisión. Indicamos que el cálculo en base a los dos servicios presentados en esta tesis en las figuras está dentro de los parámetros adecuados de operación por lo cual damos a conocer el correcto funcionamiento de la red y la propagación lógica de manera ideal de los servicios.

**Tabla 17***Cálculo de potencia para el servicio de internet*

Potencia SFP	Conector	Fusión	Splitter	Distancia	Resultado dbm
3	-1.2	-0.6	-20.1	-3.5	-22.4

**Tabla 18***Cálculo de potencia para el servicio de televisión*

Potencia SFP	Conector	Fusión	Splitter	Distancia	Resultado dbm
22	-1.2	-0.6	-20.1	-3.5	-3.4

La figura 28 muestra parámetros de un equipo ONU que reúne las características de operatividad para el servicio de internet.

**Figura 28***Muestras las características técnicas de un equipo de internet*

Interface Parameters	
<b>GPON port</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Class B+</li> <li>• Receiver sensitivity: -27dBm ~ -29dBm</li> <li>• Overload optical power: -8 dBm</li> <li>• Wavelengths: US 1310nm, DS 1490nm</li> <li>• Wavelength blocking filter (WBF) of G.984.5</li> <li>• Flexible mapping between GEM Port and TCONT</li> <li>• GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3</li> <li>• Bi-directional FEC</li> <li>• SR-DBA and NSR-DBA</li> <li>• Type B (single-homing&amp;dual-homing)</li> </ul>	<b>POTS port</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximum REN: 4</li> <li>• G.711A/μ, G.729a/b, and G.722 encoding/decoding</li> <li>• T.30/T.38/G.711 fax mode</li> <li>• DTMF</li> <li>• Emergency calls (with the SIP protocol)</li> </ul>
	<b>USB port</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• USB2.0</li> <li>• FTP-based network storage</li> <li>• File/Print sharing based on SAMBA</li> <li>• DLNA function</li> </ul>
<b>Ethernet port</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethernet port-based VLAN tags and tag removal</li> <li>• 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission</li> <li>• QinQ VLAN</li> <li>• Limit on the number of learned MAC addresses</li> <li>• MAC address learning</li> <li>• Auto-adaptive 10 Mbit/s, 100 Mbit/s or 1000 Mbit/s</li> <li>• Interoperable with 3<sup>rd</sup> party device.</li> </ul>	<b>WLAN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IEEE 802.11 b/g/n (2.4G)</li> <li>• IEEE 802.11 a/n/ac (5G)</li> <li>• 2 × 2 MIMO (2.4G&amp;5G)</li> <li>• Antenna gain: 5 dBi</li> <li>• WMM/Multiple SSIDs/WPS</li> <li>• 2.4G&amp;5G concurrent</li> <li>• Air interface rate:300 Mbit/s (2.4G); 867 Mbit/s(5G)</li> </ul>

*Nota.* Extraído de Huawei características y parámetros (huawei, 2023).

La figura 29 muestra parámetros de un equipo triplexor que reúne las características de operatividad para el servicio de televisión.

**Figura 29**

*Muestra las características de un triplexor*

Datos técnicos	Receptor óptico OR19-AGC WDM
Longitud de onda	1200 ~ 1600 nm & 1550 nm
Potencia de entrada óptica	0dBm ~ -10dBm (analógico) & 0dBm ~ -18dBm (digital)
Pérdida de retorno	> 45 dB
Conector óptico	FC / APC & SC / APC FC / PC & SC / PC
Rango de frecuencia	47 ~ 1006 MHz
Planitud en banda	± 1dB @ 45 ~ 862 MHz
Reflexión de salida de RF	≥ 16dB @ 47 ~ 550MHz, ≥ 14dB @ 550 ~ 862 MHz
Control de nivel de salida	0 ~ 18dB
Nivel de salida	> 78dBuV (AGC: @ -9 ~ +0dBm, Pin = 0dBm)
Puerto de salida	1
Gama AGC	0 ~ -9dBm
Impedancia de salida	75 Ω
Gama AGC	-15dBm ~ -6dBm & -12dBm ~ -3dBm & -9dBm ~ 0dBm
CNR	≥ 51dB
CTB	≥ 65dB
CSO	≥ 62dB

*Nota.* Extraído de Finetelecom productos (Finetelecom, 2023).

## CAPITULO V: DISCUSION

Para el diseño de la red GPON para dar acceso a los servicios de internet y televisión se realizó el cálculo a una distancia de 10 kilómetros dándonos un valor de -22.4 decibelio mili vatio para el servicio de internet y -3.4 decibelio mili vatio para el servicio de televisión. Esto quiere decir que la red propuesta cumple los parámetros de operación teniendo en cuenta los valores de pérdida y atenuación generados por los diferentes componentes propios de la tecnología. Este resultado es corroborado por Sánchez (2021) quien en su investigación declara que este tipo de despliegues son estables y continuos al utilizarse redes basadas en fibra óptica y dejando con menor uso las redes de radioenlaces o medios no guiados al tener altos y bajos de operatividad. Así también Hurtado (2022) indica esta tecnología como acceso permanente a la banda ancha fija exponiendo el presupuesto óptico casi al límite del valor de operación lo que es contrario a esta presente tesis, ya que buscamos valores ideales para además del servicio de internet brindar el servicio de televisión .En tal sentido indicamos una red óptica pasiva de larga cobertura que cumple con los requerimientos y la metodología propuesta en esta tesis, donde se obtuvo los parámetros adecuados según las características generales, se añadieron todas las posibles variantes de atenuación y pérdida, dando estos resultados óptimos para el correcto funcionamiento de la red GPON y de igual manera estos fueron acompañados con cálculos de forma manual. Podemos indicar que para estos resultados se siguió una metodología de diseño sistematizado en fases.

## CONCLUSIONES

Se diseñó una red FTTH con un impacto positivo de alta disponibilidad usando el estándar GPON, con esto se planificó las primeras bases para el acceso a internet y televisión en la Asociación el Pedregal de la Ciudad de Tacna. Se buscó desde el principio una red 100% fibra óptica dado que esta es eficiente, sostenible, duradera y con aprovisionamiento a futuro.

En el diseño de la topología física de la red, se determinó la cobertura en el terreno de la Asociación el Pedregal, para lo cual se desarrollaron los planos de recorrido de la fibra óptica donde se muestran la ubicación de los postes de soporte y los diferentes componentes de la infraestructura de la red FTTH. Así mismo en el diseño lógico, la red se segmentó en VLAN y subredes para asignar el ancho de banda planificado correspondiente a cada una de ellas, por otro lado, para la seguridad de las comunicaciones es necesario usar un protocolo de encapsulación a nivel WAN y usar un equipo ONU gestionable que nos brinde el acceso para monitorear ambos servicios.

Se propuso una metodología para el diseño adecuado de la red GPON, tomando en cuenta las siguientes fases:

- Planeación.
- Ubicación.
- Determinación de requerimientos.
- Análisis y diseño de la red GPON
- Cálculo de potencia al usuario final
- Estructura de la OLT propuesta.

Los cálculos del presupuesto de potencia óptica se realizaron de manera analítica y a su vez también usando el software de simulación Extron, dando como resultado un grado de similitud en los valores obtenidos, en ambos casos.

Se realizaron cálculos a distancias entre 1 km y 20 km respectivamente. Los niveles de potencia calculados en todos los casos están por encima del valor mínimo establecido de -8bm a -28 decibelio mili vatios para internet y 0 a -18 decibelio mili vatios para CATV por lo que garantiza un adecuado funcionamiento de los servicios propuestos.

## RECOMENDACIONES

La metodología empleada es el presente de la comunicación para brindar los servicios de internet y televisión, a medida que pase el tiempo esta metodología se ira actualizando y a su vez nuevo equipamiento de funcionamiento activo aparecerá, volviendo a utilizarse la red de fibra óptica casi en la totalidad. La eficacia de este tipo de redes en la transmisión de datos es mayor en comparación con otras tecnologías, las conexiones de múltiples dispositivos crean una demanda de mayor ancho de banda para el usuario, además podemos apreciar a la fecha de publicación de esta tesis anchos de banda iguales o por encima de los 200 Mbps e indicamos que a futuro los proveedores podrán brindar hasta 10 Gbps gracias a la evolución de GPON que en actualizaciones pasara a llamarse XGPON que es un estándar que poco a poco se ira utilizando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almanza y Callomamani. (2017). *Diseño de una red metropolitana basada en tecnología GPON, para optimizar los servicios tecnológicos de la municipalidad provincial Jorge Basadre, en beneficio de la población del Distrito de Locumba (Tesis de Pregrado)*. (Universidad Privada de Tacna, Tacna) Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/161>
- Apuntes de networking. (2023). *La fibra óptica (1). Monomodo y Multimodo*. Obtenido de Apuntes de networking: <https://apuntesdenetworking.blogspot.com/2012/01/la-fibra-optica-monomodo-y-multimodo.html>
- Arribasplata, S. (2021). *Diseño de una Red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco (Tesis de Pregrado)*. (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru) Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/742fa5ef-3efd-4f74-906b-96617a05c6af>
- Baudcom. (2023). *Catálogo*. Obtenido de Baudcom: [www.e1-converter.com](http://www.e1-converter.com)
- Bustamante y Meza. (2021). *Red GPON para mejorar la infraestructura de red en el laboratorio de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica (Tesis de Pregrado)*. (Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Peru) Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9502>
- Cableservicios. (2023). *Catálogo Cableservicios*. Obtenido de Cableservicios: <https://cableservicios.com/>
- Castro, R. (2019). *Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres (Tesis de Pregrado)*. (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Peru) Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625704>
- Cisco. (2023). *Cómo hacer que la IA trabaje para usted*. Obtenido de Cisco: <https://www.cisco.com/>
- Cleh. (2023). *Catálogo*. Obtenido de Cleh: <https://www.cleh.cl/>
- Cloudflare. (2024). *¿Qué es el modelo OSI?* (Cloudflare) Obtenido de <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/ddos/glossary/open-systems-interconnection-model-osi/>

- Comunidad Todo Comercio Exterior. (2023). *Comunidad Todo Comercio Exterior Ecuador*. Obtenido de Comunidad Todo Comercio Exterior: <https://comunidad.todocomercioexterior.com.ec>
- De La Cruz et al. (2020). *Diseño de una red FTTH para el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna*. (Revista Ingeniería Investiga) Obtenido de <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/296>
- Extron. (2023). *Cálculo de pérdida óptica*. Obtenido de Extron: <https://www.extron.es/product/fibercalculator.aspx>
- Fibraopticahoy. (2023). *Catálogo*. Obtenido de Fibraopticahoy: <https://www.fibraopticahoy.com/>
- Fibresplitter. (2023). *Catálogo*. Obtenido de Fibresplitter: <https://www.fibresplitter.com/info/>
- Finetelecom. (2023). *productor, receptor de fibra optica FTTH CATV*. Obtenido de <https://es.ftfiber.com/optical-reciever/ftth-optical-receiver/ftth-catv-fiber-optic-terminal-receiver.html>
- Fluke. (2023). *Calculo del presupuesto de perdida de enlaces de fibra optica*. Obtenido de <https://es.flukenetworks.com/knowledge-base/simplifiber-pro/loss-budget-calculation-simplifiber-pro>
- Focenter. (2023). *Fiber Optic Center anuncia su participación en el Foro*. Obtenido de Focenter: <https://focenter.com/es/blog/el-centro-de-fibra-%C3%B3ptica-anuncia-su-participaci%C3%B3n-en-el-foro-de-la-industria-de-conectividad-y-cable-de-iwcs>
- FS Community. (2021). *Conocimientos básicos del distribuidor de fibra óptica (ODF)*. Obtenido de FS Community: <https://community.fs.com/es/article/basic-of-optical-distribution-frame-odf.html>
- Furukawa. (2023). *Transmisor Óptico 1550nm*. Obtenido de Furukawa: <https://www.furukawatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/transmisor-optico-1550nm-modulacion-directa-15km-modelo-fts-2615dda>
- García, A. (2012). *GPON. Introducción y Conceptos Generales*. Obtenido de Ccapitalia: <https://www.ccapitalia.net/?p=1189>
- Grupo Mediatech. (s.f.). *Patch Cord Fibra Monomodo Simplex SC-APC SC-UPC 3Mt - LSZH Amarillo*. Obtenido de Grupo Mediatech: <https://www.mediatechperu.com/catalogo/conectividad-network/media->

converter-transceiver/patch-cord-fibra-monomodo-simplex-sc-apc-sc-upc-3mt-lszh-amarillo

- Herrera, S. (2022). *Implementacion de una red de fibra óptica fttth con tecnología gpon para el barrio Pucara parroquia de Pastocalle (Tesis de Pregrado)*. (Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador) Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22751/1/CD%2012213.pdf>
- huawei. (2023). *huawei especificaciones*. Obtenido de <https://e.huawei.com/es/products/optical-terminal/echolife-eg8145v5>
- Huawei. (2023). *XG-PON*. Obtenido de Forum Huawei: <https://forum.huawei.com/enterprise/es/%C2%BFQu%C3%A9-es-XG-PON-y-en-qu%C3%A9-se-diferencia-de-GPON-en-la-red-de-acceso-de-Huawei/thread/698949989901942784-667212890693840896>
- Hurtado, I. (2022). *Desarrollo de una red FTTH con tecnología GPON para el acceso de telecomunicaciones en hogares de la ciudad de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrion, departamento de Pasco (Tesis de Pregrado)*. (Universidad Tecnológica del Peru, Lima, Peru) Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6709>
- IBM. (2023). *2023 IBM Annual Report*. (IBM) Obtenido de <https://www.ibm.com/annualreport/>
- Idrogo, C. (2021). *Diseño de una red de fibra óptica utilizando la tecnología gpon para la ciudad de Arequipa (Tesis de Pregrado)*. (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Peru) Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/659956?locale-attribute=es>
- Iptel. (2016). *¿Que es FTTH o Fibra Óptica al Hogar? - Iptel Argentina*. Obtenido de Iptel: <https://www.iptel.com.ar/que-es-ftth-o-fibra-al-hogar/#:~:text=Fibra%20%C3%93ptica%20Al%20Hogar%2C%20o,a%20hogar es%2C%20negocios%20y%20empresas.>
- ITU's. (2023). *Facts and Figures 2023*. Obtenido de ITU's: <https://www.itu.int/itu-reports/statistics/facts-figures-2023/>
- Kroton. (2023). *Fibra Óptica ADSS Mono 24 Hilos*. Obtenido de Kroton: <https://www.kroton.com.pe/product/fibra-optica-adss-mono-24-hilos/>
- NASeros. (2023). *SFP vs SFP+. Conectores y tipos de cables*. Obtenido de NASeros: <https://naseros.com/2019/06/24/sfp-vs-sfp-conectores-y-tipos-de-cables/>

- OPSITEL. (2023). *OSIPTEL: mas de 8 millones de hogares peruanos tienen acceso a internet*. Obtenido de Osiptel Portal de Usuario: <https://www.osiptel.gob.pe/portal-del-usuario/noticias/osiptel-mas-de-8-millones-de-hogares-peruanos-tienen-acceso-a-internet/>
- Optictimes. (2023). *Catálogo de productos*. Obtenido de Optictimes: <https://optictimes.la/catalogo/producto>
- Osorio y Lechon. (2023). *¿Cómo funciona el modelo OSI? .* (Platzi) Obtenido de <https://platzi.com/clases/2225-redes/35587-modelo-osi/>
- Rzfibra. (2023). *Catalogo de productos*. Obtenido de Rzfibra: <http://www.rzfibra.com/products>
- Sanchez, J. (2021). *Desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON de la empresa ALFATEL para la ciudad El Angel provincia del Carchi (Tesis de Pregrado)*. Obtenido de Universidad Politecnica Salesiana, Quito , Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19785>
- Sisegusa. (2023). *Sisegusa | Sistemas de Seguridad S.A.* Obtenido de Sisegusa: <http://www.sisegusa.com/>
- Universidad de Córdoba. (2023). *UCO - Estructura de la Red de la Universidad de Córdoba*. Obtenido de Universidad de Córdoba: <https://www.uco.es/servicios/informatica/es/estructura-de-la-red-de-la-universidad-de-cordoba>
- Vsol. (2023). <https://es.vsolcn.com/blog/what-is-ftth.html>. Obtenido de <https://es.vsolcn.com/blog/what-is-ftth.html>

## ANEXOS

## Anexo 1 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADOR	METODOLOGIA
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cómo diseñar una red GPON para dar acceso a los servicios de Internet y Televisión en la Asociación el Pedregal de la ciudad de Tacna?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Diseñar una red GPON para dar acceso a los servicios de Internet y Televisión en la Asociación el Pedregal en la ciudad de Tacna</p>	<p><b>Variable de Estudio</b></p> <p>-Diseño de una red GPON</p>	<p>-Potencia de transmisión</p>	<p><b>Tipo de estudio</b></p> <p>La investigación es aplicada porque busca utilizar los conocimientos de fibra óptica para aplicarlos en beneficio de la sociedad.</p>
<p><b>Problema Específico</b></p> <p>¿Cómo determinar la topología física y lógica para el diseño de la red de telecomunicaciones GPON?</p> <p>¿Qué parámetros se considera para el diseño de la red GPON?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Determinar la topología física y lógica para el diseño de la red de telecomunicaciones GPON.</p> <p>Determinar los parámetros necesarios para el cálculo del presupuesto óptico de la red GPON.</p>	<p><b>Dimensiones:</b></p> <p>-Diseño Físico</p> <p>-Diseño Lógico</p>	<p>-Potencia de recepción</p> <p>-Atenuación</p> <p>-VLAN</p>	<p>Nivel de investigación es no experimental porque se observan los acontecimientos tal como se dan en un contexto natural no llegando a su implementación</p>

## Anexo 2 Especificaciones y características del equipo OLT



- Open to any brand of ONT
- L3 OLT, support RIP v1/v2 and OSPF v2
- Power backup
- Easy to manage and friendly interface

### 1 Product overview

LTseries GPON OLT products are 1U height 19 inch rack mount products. The features of the OLT are small, convenient, flexible, easy to deploy, high performance. It is appropriate to be deployed in compact.

Product	User interface	Unlink interface
LT-RG8608	8PON Port	8*GE+6*GE(SFP)+2*10GE(SFP+)
LT-RG8616	16PON Port	8*GE+4*1GE(SFP)/10GE(SFP+)

### 2 functional characteristics

#### Satisfactory standard

- Meet ITU-T G984/G.988 standard
- Meet China's relevant GPON standards

#### LT OLT

- Support static route RIP v1/v2- OSPF v2

#### Easy to manage

- Friendly EMS/Web/Telnet/CLI management
- CLI command style similar to mainstream manufacturers
- Support APP management

#### Fully open platform

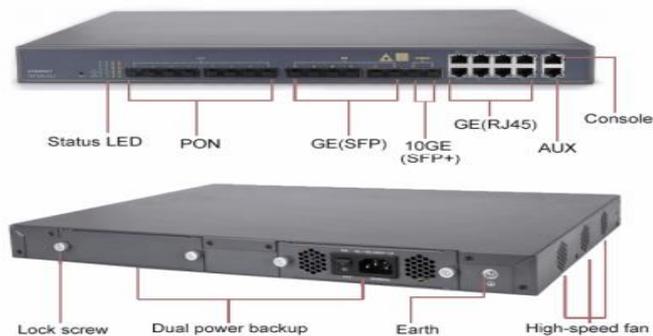
- Open to any brand of ONT

#### High performance cost

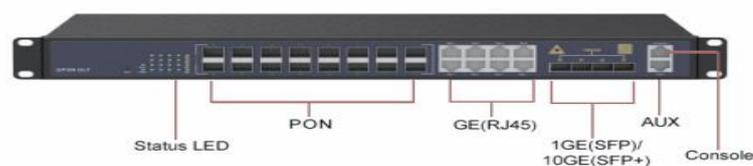
- 1U height compact design
- Adopt mainstream chip scheme

### 3 Functional characteristics

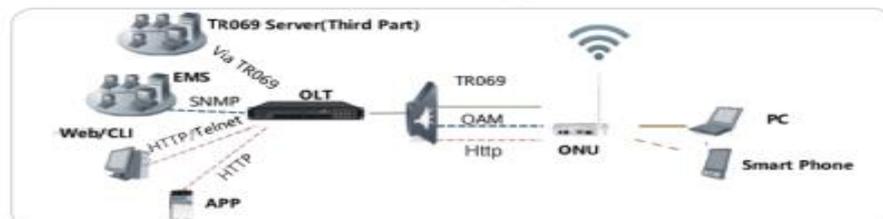
#### Product appearance features



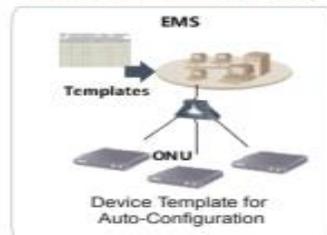
### 4 Product appearance features



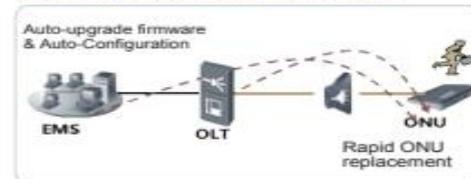
Item		LT-RG8608	LT-RG8616
Chassis	Rack	1U 19 inch standard box	
1G/10G Uplink Port	QTY	16	12
	Copper 10/100/1000M auto-negotiation	8	
	SFP 1GE	6	4
	SFP+ 10GE	2	
GPON Port	QTY	8	16
	Physical Interface	SFP Slot	
	Connector Type	Class B+/C+	
	Max splitting ratio	1:128	
Management Ports	1*10/100BASE-T out-band port, 1*CONSOLE port		
PON Port Specification(Class B+ module)	Transmission Distance	20KM	
	GPON port speed	Upstream 1.244G Downstream 2.488G	
	Wavelength	TX 1490nm, RX 1310nm	
	Connector	SC/UPC	
	Fiber Type	9/125μm SMF	
	TX Power	+1~+5dBm	
	Rx Sensitivity	-28dBm	
	Saturation Optical Power	-8dBm	
Dimension(L*W*H)		442*200*43.6mm	442*320*43.6mm
Weight		3.1kg	4.5kg
AC Power Supply		AC:90~264V, 47/63Hz	
DC Power Supply		DC:-48V	x
Double Power Module Hot Backup		√	√



#### Support ONUs Plug&Play



#### Rapid operation and maintenance



### 10 Software function



## Anexo 3 Especificaciones y características del equipo EDFA

### Key Features

- High output power, up to 10W
- Compact size
- Low noise figure
- High gain
- Integrated with CWDM
- Ethernet TCP-IP remote communication
- Long operating life time



2U Rackmount Casing

### Description

Amonics FTTH EDFAs inherit the reliable design of Amonics' optical amplifier technology. They exhibit high output power, high gain with very low noise, and are ideal for FTTH network amplification.

Integrated CWDM splitters are available to enable routing of 1310nm and 1490nm data streams from OLT to ONU through EDFAs. The turnkey rackmount EDFAs provide microprocessor controlled alarms and status indicators. An integrated Ethernet TCP-IP computer interface enables easy control, diagnostic functions and data acquisition.

Model	AEDFA-FTTH
Saturation Output Power (at 0 dBm input signal)	From +23 to +40 dBm
Number of Output Ports	1, 2, 4, 8, 16, 32
Port-to-Port Variation	Typ. 0.5 dB, Max. 1.0 dB
Noise Figure (at 0 dBm input signal)	Typ. 5.0 dB
Operating Wavelength	1540 nm to 1560 nm
Carrier to Noise Degradation	Typ. 1.0 dB
Input / Output Isolation	Min. 30 dB
Power Consumption	Max. 70 W
Control Mode	ACC (standard), APC & AGC (optional)

\* Other output power models available upon request

### General Parameters

	Value
Operation Temperature	0 to 40 °C
Storage Temperature	-10 to 70 °C
Power Supply	90 – 240 VAC, 47 – 63 Hz
Dimensions	260(W) x 330(D) x 120(H) mm
Mechanical Safety Control	Key-lock switch, BNC interlock key
Optical Power Monitoring	Output power, Input power
Remote Control Port	RJ-45 (TC/IP Ethernet)
Protection	Pump laser (TEC) overheat
Optical Connector	FC/APC, FC/UPC, SC/APC, SC/UPC
Optical Fiber	SMF-28

## Anexo 4 Especificaciones y características de un equipo ONU



### Hardware Parameter

Dimension	205mm×140mm×37m(L×W×H)
Net weight	0.34Kg
Operating condition	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operating temp: -10 ~ +55°C</li> <li>Operating humidity: 5 ~ 95% (non-condensed)</li> </ul>
Storing condition	<ul style="list-style-type: none"> <li>Storing temp: -40 ~ +70°C</li> <li>Storing humidity: 5 ~ 95% (non-condensed)</li> </ul>
Power adaptor	DC 12V/1A, external AC-DC power adaptor
Power supply	≤10W
Interfaces	4GE+WIFI 4
Indicators	PWR, PON, LOS, WAN, FXS, ETH1~EH4, WPS, WIFI

### Interface Parameter

PON interface	<ul style="list-style-type: none"> <li>1XPON port(EPON PX20+ &amp; GPON Class B+)</li> <li>SC single mode, SC/UPC connector</li> <li>TX optical power: 0~+4dBm</li> <li>RX sensitivity: -27dBm</li> <li>Overload optical power: -3dBm(EPON) or -8dBm(GPON)</li> <li>Transmission distance: 20KM</li> <li>Wavelength: TX 1310nm, RX1490nm</li> </ul>
WIFI interface	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compliant with IEEE802.11b/g/n</li> <li>Rate up to 300Mbps, 2T2R, 5dBi external antenna</li> <li>Support: multiple SSID</li> <li>Support 13 Channels</li> </ul>
LAN interface	4*GE, Auto-negotiation, RJ45 ports

### Function Data

XPON mode	Dual mode , Can access EPON/GPON OLTs(HUAWEI,ZTE,FiberHome, etc).
Connect Mode	Routing mode.
WiFi	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE802.11b/g/n(TX power:17dBm/16dBm/15dBm)</li> <li>WiFi Authentication : WEP/WAP-PSK(TKIP) /WAP2-PSK(AES)</li> </ul>
Firewall	DDOS, Filtering Based on ACL/MAC/URL.
Layer2	802.1D&802.1ad bridge, 802.1p Cos, 802.1Q VLAN.
Layer3	IPv4/IPv6, DHCP Client/Server , PPPoE, NAT , DMZ ,DDNS.
Multicast	IGMP v1/v2/v3 , IGMP snooping.
Security	Flow & Storm control, Loop Detection.
O&M	<ul style="list-style-type: none"> <li>WEB/TELNET/OAM/OMCI/TR069</li> <li>Support private OAM/OMCI protocol</li> <li>Unified network management of VSOL OLT</li> </ul>

## Anexo 5 Especificaciones y características del equipo Transmisor Óptico

### 1.1 Product Description

- 1.1 The transmitting modules of this machine adopt the imported DFB laser, the max output power can reach to 16mW.
- 1.2 The internal RF driving amplifier and controlling circuit of this machine can ensure the best C/N. The perfect and stable circuit of optical power output and controlling circuit of thermoelectric refrigeration device of laser module assure the user the best quality and stable working for a long time.
- 1.3 Intelligent fan, it will run when the case temperature reach 32 C ~ 35 C.
- 1.4 With AGC/MGC control to ensure the stable output when different RF in.
- 1.5 The internal micro-processor software has many functions such as laser monitoring, number display, trouble alarm and on-line management. Once the working parameter of the laser is out of the fixed range, there will be a red light glistening to alarm.
- 1.6 The RS-232 standard connector makes it is possible to manage on line and monitor in another place.
- 1.7 The machine adopts 19"standard shelf and it can work with the voltage from 110V to 254V.

### 2 Front panel



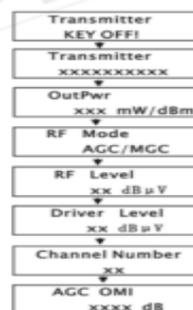
- 2.1 LED display  
Displays the working parameter of the machine
- 2.2 STATUS  
Green: Normal Condition  
Red: No input or abnormal condition
- 2.3 LASER  
Green: Normal Condition  
Red: Abnormal condition
- 2.4 RF  
Green: Normal Condition  
Red: RF input below or above the normal condition.
- 2.5 POWER  
Green: Two power supply run  
Yellow: One power supply run  
Red: Abnormal

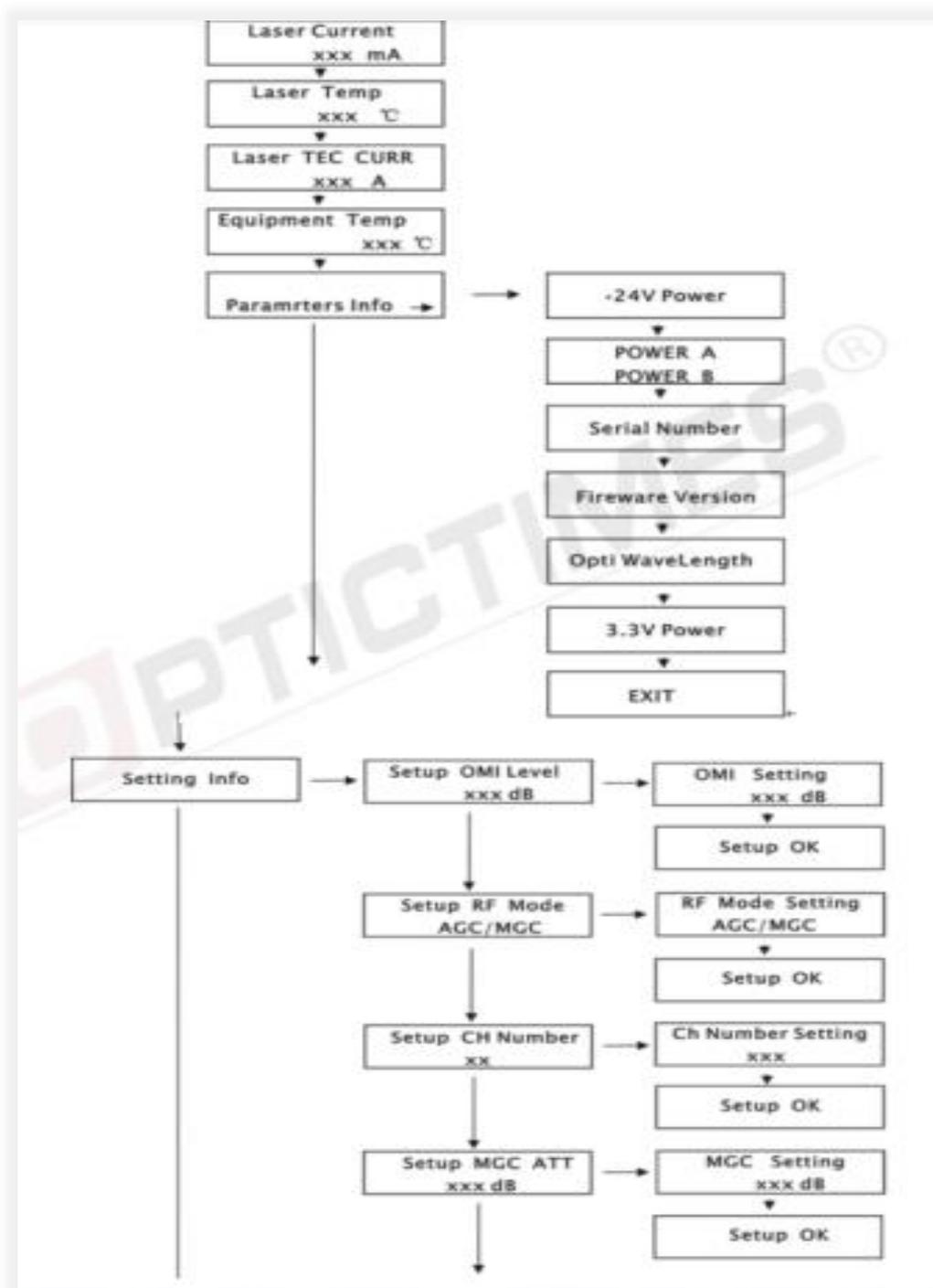
### 3 Rear panel

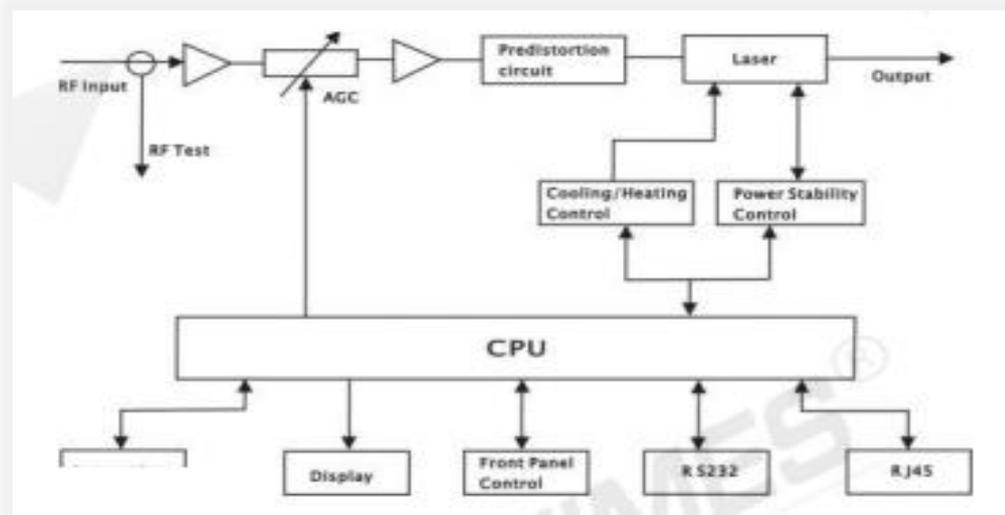


- 3.1 Fan  
Intelligent fan, it will run when the case temperature reach 32 C ~ 35 C
- 3.2 OPT OUT  
Optical signal out
- 3.3 RF ININPUT  
RF input
- 3.4 RS232  
Network management for local computers
- 3.5 RJ45  
SNMP, for remote computer network management
- 3.6 Power  
ON: Turn on the power  
OFF: Turn off the power
- 3.7 Power Socket  
AC220V and DC-48V

### 4 Flow Chart







### 8 Main Technical Parameters

Model (OT-1550)	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16
Optical Power (mW)	≥02	≥04	≥06	≥08	≥10	≥12	≥14	≥16
Optical Power (dBm)	3.0	6.0	7.8	9.0	10.0	10.8	11.5	12.0
Optical Wavelength (nm)	1528 ~ 1570							
Working Bandwidth (MHz)	FC/APC、SC/APC (Optional)							
Optical Wavelength (nm)	47 ~ 1000							
Channels	59							
CNR..... (dB)	≥51							
CTB ..... (dBc)	≤-65							
CSO ..... (dBc)	≤-60							
RF Input Level (dBμV)	80±5							
Flatness	±0.75							
Power Consumption (W)	≤30							
Power Voltage (V)	220VAC,-48VDC(Optional)							
Working Tem (°C)	-20 ~ 65							
Dimension (mm)	483×44×370							

## Anexo 6 Especificaciones y características del equipo ODF

### ODF (Optical Distribution Frame)

Ref: CODF2110xx

#### Aplicaciones:

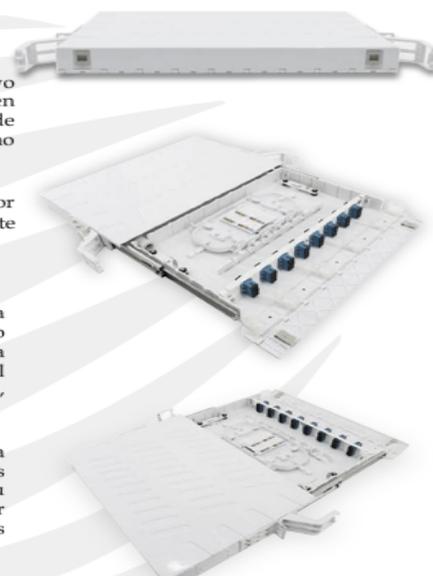
El ODF (Optical Distribution Frame) es un equipo pasivo que permite almacenar desde 12 hasta 24 fibras ópticas en su interior con tan solo 1UR, en él se integran sistemas de conexión, fusión y almacenamiento que brindan un óptimo funcionamiento y una fácil manipulación.

Su estructura permite ingresar los cables de fibra óptica por la parte posterior y realizar un montaje en rack o gabinete de 19", 21", 23".

#### Prestaciones:

Nuestro ODF se encuentra desarrollado en plástico de alta ingeniería del tipo acrilonitrilo butadieno estireno (Plástico ABS), el cual es muy resistente a impactos y a elementos químicos; debido a esta característica el producto cuenta con poco peso, es compacto, durable, atractivo, de fácil instalación y manipulación.

Cuenta con una bandeja deslizable que proporciona una óptima organización y un buen almacenamiento de los empalmes de fibra óptica en su interior, mediante su sistema de conexión y fusión aislados, permite realizar una manipulación puntual y esto protege los empalmes de fibra óptica del polvo.



## Anexo 7 Especificaciones y características de la Caja NAP

### DESCRIPCIÓN

Producto de fabricación Fibracem utilizado en redes ópticas de distribución, teniendo como función principal realizar la interconexión entre el cable óptico de entrada con hasta 16 cables ópticos de acceso a los suscriptores (drop mini), utilizando fusión directa, splitters o adaptadores ópticos. Como función secundaria, permite también la derivación de cables de baja capacidad, buscando la continuidad de la red. Todas las salidas de cables y sellos poseen cierre mecánico, sin la necesidad de utilizar herramientas especiales.

Beneficiada por el PPB-IPi del 0%. Homologada por Anatel.

Composición	Base, tapa y sujetadores de cierre inyectados en plástico de ingeniería en color negro Bandejas internas inyectadas en plástico de ingeniería en color blanco.
Dimensión (mm)	C:225 P:305 H:100
Peso bruto (Kg)	1,94
Suministrado	Caja termoplástica compuesta por base y tapa articulada con cierre mecánico a través de 6 presillas plásticas; estructura interna con capacidad para 2 puntos para anclaje del elemento de tracción principal, anclaje de los cables de derivación y reserva técnica de tubos loose; sistema de traba cable que comprime el caucho grommet alojado entre el conjunto de reentrada, realizando el sellado; 2 bandejas, siendo una con capacidad para hasta 32 fusiones y organización de las sobras de fibras y otra para distribución de hasta 16 suscriptores utilizando cable drop compacto, fijación del splitter y acomodación de hasta 16 adaptadores ópticos; soportes metálicos galvanizados a fuego para fijación aérea.
Homologación	ANATEL 05582-16-02220
Normas aplicables	ABNT NBR 14401 : 2016
Grado de protección	IP 55 (ventilada)
Garantía	12 meses

### OPCIONALES

- Acompaña una reentrada svm, conforme solicitud del cliente:

Entrada	Cantidad de entradas	Rango de diámetro de los cables
Oval	2	7 a 12mm
Oval	2	10 a 15mm

- Tiene una entrada redonda para derivación o entrada de cables (vendida por separado), según la tabla abajo:

Entrada	Cantidad de entradas	Rango de diámetro de los cables
Redonda	8	3 a 8mm
Redonda	2	7 a 13mm



	- Conectorizado en la entrada y salidas; - Conectorizado sólo en las salidas; - No conectorizado.																																																	
<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>	TELCORDIA GR-1209 (Componentes Ópticos Pasivos) TELCORDIA GR-1221 (Requisitos de Confiabilidad para Componentes Ópticos Pasivos) IEC 61753-1 (Dispositivos de Interconexión de Fibra Óptica y Componentes Pasivos - Estándar de Rendimiento)																																																	
<b>Certificaciones</b>	Homologación ANATEL: 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>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>1x2</th> <th>1x4</th> <th>1x8</th> <th>1x16</th> <th>1x32</th> <th>1x64</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Banda Óptica Pasante</td> <td colspan="6">PLC: 1260~1650 FBT:1260~1360nm e 1480~1650nm</td> </tr> <tr> <td>Pérdida de Inserción Máxima (dB) *</td> <td>3,7</td> <td>7,1</td> <td>10,5</td> <td>13,7</td> <td>17,1</td> <td>20,5</td> </tr> <tr> <td>Uniformidad (dB)</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>1</td> <td>1,3</td> <td>1,5</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>Sensibilidad a la Polarización Máxima - PDL (dB)</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,25</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Directividad (dB)</td> <td colspan="6">&gt;55</td> </tr> <tr> <td>Pérdida de Retorno (dB)</td> <td colspan="6">&gt;55</td> </tr> </tbody> </table> <p>* sin la pérdida del conector. Agregue 0.3dB para splitters conectorizados</p>	Parámetro	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64	Banda Óptica Pasante	PLC: 1260~1650 FBT:1260~1360nm e 1480~1650nm						Pérdida de Inserción Máxima (dB) *	3,7	7,1	10,5	13,7	17,1	20,5	Uniformidad (dB)	0,5	0,6	1	1,3	1,5	1,7	Sensibilidad a la Polarización Máxima - PDL (dB)	0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	Directividad (dB)	>55						Pérdida de Retorno (dB)	>55					
Parámetro	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64																																												
Banda Óptica Pasante	PLC: 1260~1650 FBT:1260~1360nm e 1480~1650nm																																																	
Pérdida de Inserción Máxima (dB) *	3,7	7,1	10,5	13,7	17,1	20,5																																												
Uniformidad (dB)	0,5	0,6	1	1,3	1,5	1,7																																												
Sensibilidad a la Polarización Máxima - PDL (dB)	0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5																																												
Directividad (dB)	>55																																																	
Pérdida de Retorno (dB)	>55																																																	
<b>Aplicación</b>	Entorno de instalación interno o externo (Alojamiento en caja apropiada).																																																	
<b>Características Dimensionales</b>	<b>SPLITTER CON CONECTOR:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th colspan="2">1x2 FBT</th> <th colspan="2">1x2 PLC</th> <th colspan="2">1x4</th> <th colspan="2">1x8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo de Conectorización</td> <td>E/S</td> <td>S</td> <td>E/S</td> <td>S</td> <td>E/S</td> <td>S</td> <td>E/S</td> <td>S</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro	1x2 FBT		1x2 PLC		1x4		1x8		Tipo de Conectorización	E/S	S	E/S	S	E/S	S	E/S	S																															
Parámetro	1x2 FBT		1x2 PLC		1x4		1x8																																											
Tipo de Conectorización	E/S	S	E/S	S	E/S	S	E/S	S																																										

<b>Descripción</b>	<p>Splitters Ópticos son componentes pasivos que realizan la división del señal óptico en una red PON. Son constituidos por una fibra de entrada y N fibras de salida, las cuales dividen la potencia del señal óptico proporcionalmente, caracterizándolos como splitters equilibrados. Son utilizados principalmente en redes ópticas FTTx/PON y redes HFC (Cable TV).</p> <p>Disponible en tres modelos: - Conectorizado en la entrada y salidas; - Conectorizado sólo en las salidas; - No conectorizado.</p>																																																	
<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>	TELCORDIA GR-1209 (Componentes Ópticos Pasivos) TELCORDIA GR-1221 (Requisitos de Confiabilidad para Componentes Ópticos Pasivos) IEC 61753-1 (Dispositivos de Interconexión de Fibra Óptica y Componentes Pasivos - Estándar de Rendimiento)																																																	
<b>Certificaciones</b>	Homologación ANATEL: 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>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>1x2</th> <th>1x4</th> <th>1x8</th> <th>1x16</th> <th>1x32</th> <th>1x64</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Banda Óptica Pasante</td> <td colspan="6">PLC: 1260~1650 FBT:1260~1360nm e 1480~1650nm</td> </tr> <tr> <td>Pérdida de Inserción Máxima (dB) *</td> <td>3,7</td> <td>7,1</td> <td>10,5</td> <td>13,7</td> <td>17,1</td> <td>20,5</td> </tr> <tr> <td>Uniformidad (dB)</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>1</td> <td>1,3</td> <td>1,5</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>Sensibilidad a la Polarización Máxima - PDL (dB)</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,25</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Directividad (dB)</td> <td colspan="6">&gt;55</td> </tr> <tr> <td>Pérdida de Retorno (dB)</td> <td colspan="6">&gt;55</td> </tr> </tbody> </table> <p>* sin la pérdida del conector. Agregue 0.3dB para splitters conectorizados</p>	Parámetro	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64	Banda Óptica Pasante	PLC: 1260~1650 FBT:1260~1360nm e 1480~1650nm						Pérdida de Inserción Máxima (dB) *	3,7	7,1	10,5	13,7	17,1	20,5	Uniformidad (dB)	0,5	0,6	1	1,3	1,5	1,7	Sensibilidad a la Polarización Máxima - PDL (dB)	0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	Directividad (dB)	>55						Pérdida de Retorno (dB)	>55					
Parámetro	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64																																												
Banda Óptica Pasante	PLC: 1260~1650 FBT:1260~1360nm e 1480~1650nm																																																	
Pérdida de Inserción Máxima (dB) *	3,7	7,1	10,5	13,7	17,1	20,5																																												
Uniformidad (dB)	0,5	0,6	1	1,3	1,5	1,7																																												
Sensibilidad a la Polarización Máxima - PDL (dB)	0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5																																												
Directividad (dB)	>55																																																	
Pérdida de Retorno (dB)	>55																																																	
<b>Aplicación</b>	Entorno de instalación interno o externo (Alojamiento en caja apropiada).																																																	

## Anexo 8 Especificaciones y características del Conector Mecánico



### CONECTOR ÓPTICO DE CAMPO SC-APC

<b>Descripción</b>	El Conector Óptico de Campo Furukawa fue desarrollado para la conexión rápida y fácil para cables tipo Flat 3x2mm y 2x1,6mm con fibras monomodo. Disponible en el tipo de conector SC con pulido APC.
<b>Aplicación</b>	Utilizado para hacer conectorizaciones en campo de cables ópticos, en redes FTTx. Diseñado para aplicación interna en áreas controladas o cajas de terminación.
<b>Ventajas</b>	Instalación sencilla - no requiere herramientas especiales, uso de epoxi ni pulido en campo; Alta performance óptica y mecánica; Terminación de campo rápida y fácil.
<b>Temperatura de almacenamiento (°C)</b>	-40°C hasta 80°C.
<b>Temperatura de Operación (°C)</b>	-30°C hasta 75°C.
<b>Características Físicas</b>	Carga de tracción: <ul style="list-style-type: none"> <li>• cable 3x2mm: 30N (0,3 dB cambio);</li> <li>• cable 2x1,6mm: 20N (0,3 dB cambio).</li> </ul>
<b>Ancho (mm)</b>	9,2.
<b>Altura (mm)</b>	8.
<b>Profundidad (mm)</b>	51,5.
<b>Tipo de la Fibra</b>	Monomodo.
<b>Tipo de Pulido</b>	APC.

**Pérdida de Inserción (dB)** Típica: 0,30 dB / Máxima: 0,50 dB

**Pérdida de Retorno (dB)**  $\geq 50$  dB.

**Cantidad piezas en el Kit** 10

**Compatibilidad** CABLE OPTICO CFOAC-BLI-A/B-**CM**-01-AR-LSZH (DROP COMPACTO FIG.8 LOW FRICTION);  
CABLE OPTICO CFOAC-BLI-A/B-**CD**-01-AR-LSZH (DROP COMPACTO FIG.8 LOW FRICTION);



Este documento técnico es de propiedad y propiedad exclusiva de Furukawa Electric LatAm S. A. Está prohibida su reproducción total o parcial sin mencionar su autoría, así como la modificación de su contenido o contexto. Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

1/2



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA  
ET04138 v3 - 21/01/2021

CABLE OPTICO CFOAC-BLI-A/B-**CM**-01-CO-LSZH (DROP FAST COMPACTO);  
CABLE OPTICO CFOAC-BLI-A/B-**CD**-01-CO-LSZH (DROP FAST COMPACTO);  
CABLE OPTICO CFOI-BLI-A/B-**CM**-01-BA-LSZH (MICRO INDOOR LOW FRICTION).

**Accesorios Incluidos**

- Manual de montaje;
- Pieza modelo de montaje.

**Certificaciones** ANATEL.