



# | POSGRADOS |

## Maestría en **TELEMÁTICA**

---

RPC-SO-01-NO.025-2021

### Opción de Titulación:

Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo

### Tema:

ESTUDIO DEL IMPACTO DEL USO DE LAS  
REDES GPON EN ECUADOR FRENTE A  
OTRAS TECNOLOGÍAS AÑO 2022 Y SUS  
PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO

### Autor(es)

Paúl Santiana Calderón

### Director:

Germán Arévalo Bermeo, PhD

GUAYAQUIL – Ecuador  
2022



**Autor(es):**



**Paúl Francisco Santiana Calderón**

Ingeniero en Sistemas con Mención en Telemática  
Candidato a Magíster en Telemática por la Universidad Politécnica  
Salesiana – Sede Guayaquil.  
pollfrank23@gmail.com

**Dirigido por:**



**Germán Arévalo Bermeo, PhD**

Ingeniero en Telecomunicaciones, Máster en Ciencias en  
Comunicaciones Ópticas, Doctor en Ingeniería (PhD).  
Profesor titular principal de la Universidad Politécnica Salesiana.  
garevalo@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

2022 © Universidad Politécnica Salesiana.

GUAYAQUIL– ECUADOR – SUDAMÉRICA

**PAÚL FRANCISCO SANTIANA CALDERÓN**

ESTUDIO DEL IMPACTO DEL USO DE LAS REDES GPON EN ECUADOR FRENTE A OTRAS  
TECNOLOGÍAS AÑO 2022 Y SUS PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico especialmente a mi familia maravillosa que tuve el privilegio de haber recibido de Dios, ellos siempre me han apoyado y han creído en mí.

Siempre he recibido el apoyo preciso, me ha dado ejemplo de humildad, amor, superación y sacrificio. A todos se los dedico con amor porque me han fomentado el deseo permanente de superación, y han contribuido a la consecución de este logro. A mis adorados hijos, que son mi pilar fundamental que me mantiene en pie.

Paúl Santiana Calderón.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento principalmente a nuestro Creador, inspiración permanente y por lo cual justificamos nuestra existencia, provee fuerzas en flaqueza y energía renovadora.

A mis queridos y amados padres, quienes siempre con sus sabias palabras, su apoyo incondicional y permanente han impulsado mis anhelos, sueños y esperanzas.

A mis amados hijos, quienes dan día a día sentido a mi vida, motores que me impulsan a seguir adelante, para dar lo mejor por y para ustedes.

A mis queridos hermanos, siempre pendientes de cada decisión, propuesta u objetivo trazado.

Hoy me veo precisado a cerrar un capítulo maravillo de mi vida; sin embargo, no puedo dejar de agradecerles. Gracias por estar siempre conmigo..

Paúl Santiana Calderón.

# Tabla de Contenido

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen .....                                                                                            | 8  |
| Abstract .....                                                                                           | 9  |
| 1. Introducción .....                                                                                    | 10 |
| 2. Determinación del Problema.....                                                                       | 12 |
| 3. Marco teórico referencial.....                                                                        | 14 |
| 3.1 Situación actual de la infraestructura de telecomunicaciones en el Ecuador .....                     | 14 |
| 3.1.1 Infraestructura.....                                                                               | 15 |
| 3.1.2 Entorno legal vigente en el sector de las TIC .....                                                | 15 |
| 3.1.3 Macro objetivo del estado en relación al despliegue de infraestructura de telecomunicaciones ..... | 16 |
| 3.2 Evaluación teórica .....                                                                             | 19 |
| 4. Materiales y metodología.....                                                                         | 43 |
| 4.1 Diseño de la investigación .....                                                                     | 43 |
| 4.2 Tipo de estudio .....                                                                                | 43 |
| 4.3 Análisis técnico de la tecnología GPON .....                                                         | 43 |
| 4.3.1 Estructura GPON.....                                                                               | 44 |
| 4.3.2 Servicios soportados.....                                                                          | 45 |
| 4.3.3 Longitudes de ondas.....                                                                           | 46 |
| 4.3.4 Velocidad de transmisión .....                                                                     | 49 |
| 4.3.5 Alcance.....                                                                                       | 50 |
| 4.3.6 División de la potencia óptica.....                                                                | 50 |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.7 Arquitectura de sistemas.....                                       | 51 |
| 5. Resultados y discusión.....                                            | 55 |
| 5.1 Análisis comparativo de la tecnología GPON y la XGS-PON .....         | 56 |
| 5.1.1 Comparación de parámetros técnicos .....                            | 58 |
| 5.2 Actualización de las redes ópticas de banda ancha en el Ecuador ..... | 77 |
| 5.3 Análisis de costos.....                                               | 83 |
| 6. Conclusiones.....                                                      | 86 |
| Referencias .....                                                         | 89 |

# Estudio del impacto del uso de las redes GPON en Ecuador frente a otras tecnologías año 2022 y sus perspectivas de crecimiento

Autor(es):

Paúl Santiana Calderón

## Resumen

---

El desarrollo de este trabajo se plantea como objetivo general, estudiar el impacto del uso de las Redes GPON en Ecuador frente a otras tecnologías año 2022 y sus perspectivas de crecimiento, a través de revisar la situación actual de la infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional, para establecer los requerimientos fundamentales de acceso a los servicios de telecomunicaciones, evaluar las redes GPON en base a los siguientes parámetros; QoS, velocidad de servicio, escalabilidad y gestión de la red, describir las similitudes y diferencias con otras tecnologías, basadas en fibra óptica para la transmisión de datos y por qué GPON presenta mejores ventajas, así como estimar los costos de implementación de la red en base a materiales y requerimientos necesarios. Dentro de la actual investigación se ha mostrado un estudio técnico comparativo sobre las redes GPON, en dicho procedimiento se ha conformado una visión de la teoría y de las normas referentes, la cual acapara las consideraciones técnicas y de operación, de las de análisis, posibilitando al reconocimiento de los más fundamentales lineamientos para luego efectuar las comparaciones técnicas. Las redes de PON han crecido por el requerimiento de otorgar una accesibilidad más eficaz que posibilite dar una calidad mejor del servicio a los clientes ya sea para las conexiones como las instalaciones y reproducciones de todo el sistema multimedia junto con la eliminación de los elementos activos en las redes de distribución y XGS-PON propone un óptimo rendimiento en lo que respecta a los servicios y los ancho de las bandas para los clientes en una arquitectura que sea semejante a GPON, ya sea en sus propiedades de funciones como en la configuración.

### **Palabras clave:**

Impacto, Tecnología, Redes GPON, Perspectivas, Crecimiento.



## Abstract

---

The development of this work has as a general objective, to study the impact of the use of GPON Networks in Ecuador compared to other technologies in 2022 and its growth prospects, by reviewing the current situation of the telecommunications infrastructure at the national level, To establish the fundamental requirements for access to telecommunications services, evaluate GPON networks based on the following parameters; QoS, speed of service, scalability and network management, describes the similarities and differences with other technologies, based on fiber optics for data transmission and why GPON presents better advantages, as well as estimating the costs of implementing the network in based on materials and necessary requirements. Within the current investigation, a comparative technical study on GPON networks has been shown, in said procedure a vision of the theory and of the relevant standards has been formed, which monopolizes the technical and operational considerations, those of analysis, making it possible to to the recognition of the most fundamental guidelines to then carry out technical comparisons. PON networks have grown due to the requirement to provide more efficient accessibility that makes it possible to provide a better quality of service to customers, whether for connections, installations, and reproductions of the entire multimedia system, along with the elimination of active elements in distribution networks and XGS-PON propose optimal performance in terms of services and bandwidths for customers in an architecture that is similar to GPON, both in its functional properties and in the configuration.

### **Keywords :**

Impact, Technology, GPON Networks, Perspectives, Growth. .

# 1. Introducción

---

En la actualidad, el uso del internet se está convirtiendo en una herramienta indispensable, ya sea para el uso laboral, estudiantil, personal y empresarial; todo esto a través de las tecnologías de información y comunicaciones (TICs)

Las redes de fibra óptica son aquellas que sirven para optimizar y transmitir la información con la mejor red, es la forma más rápida y fiable de navegar debido a la alta calidad que aporta. Esta fibra sería a futuro la sostenibilidad del internet, además su escalabilidad; ya que una vez instalada, se tiene la posibilidad de actualizar la red aumentando su productividad sin requerir hacer un cambio de tendido de fibra solo modificar los dispositivos electrónicos por unos que puedan trasladar informaciones a mejor y mayor velocidad (Hernandez, 2020).

Haciendo un estudio de todo lo que implica hacer un reajuste a la tecnología actual y modificando la forma en que la manejamos; es decir mejorándola con suplantando antiguas formas por la de la fibra óptica, se tendría grandes avances y ayudaría a organizaciones y a usuarios en los siguientes puntos:

- Realizar un previo análisis que sustente la nueva implementación en las telecomunicaciones del país
- Diseñar como sería la utilidad de la red GPON
- Estimar los elementos necesarios para poder poner en funcionamiento la red
- Brindar un aproximados de los costos que se generarían por los materiales a usar

Al mismo tiempo, la red alcanzara mejoría en:

- Aumento en la banda ancha que se proporciona a los usuarios
- Ofrecer nuevos servicios de telecomunicaciones

- Perfeccionamiento en el cableado por un tendido de fibra hacia el hogar (FTTH) (Radicelli, 2019).

Para el desarrollo de este trabajo se tiene como objetivo general:

- Estudiar el impacto del uso de las Redes GPON en Ecuador frente a otras tecnologías año 2022 y sus perspectivas de crecimiento

Así como los siguientes objetivos específicos:

- Revisar la situación actual de la infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional, para establecer los requerimientos fundamentales de acceso a los servicios de telecomunicaciones.
- Evaluar las redes GPON en base a los siguientes parámetros; QoS, velocidad de servicio, escalabilidad y gestión de la red.
- Describir las similitudes y diferencias con otras tecnologías, basadas en fibra óptica para la transmisión de datos y por qué GPON presenta mejores ventajas.
- Estimar los costos de implementación de la red en base a materiales y requerimientos necesarios.

## 2. Determinación del Problema

---

En la actualidad, existe una extensa demanda de redes y servicios que encontramos hoy en día en el área de telecomunicaciones, por lo tanto, los clientes de estas empresas optan por adquirir redes con mayores velocidades que les permita un acceso más beneficioso y eficaz, las mismas que buscan y se validan de diferentes adelantos tecnológicos que permitan operar mediante una banda ancha (Quisnancela, 2016).

La necesidad de renovaciones tecnológicas inculca a las empresas de telecomunicaciones para proporcionar calidad de servicios y, más que todo, ofrecer progresar en el campo del servicio a sus diversos clientes, la industria busca mejorar y aportar positivamente apoyándose en nuevas y mejores tecnologías y con precios cómodos y justos.

Hoy en día, cada vez son más los usuarios que optan por adquirir una banda ancha y el perfeccionamiento de los servicios de redes tales como: redes virtuales, voz sobre IP, videoconferencia, IPTV y juegos en línea, los mismos que han formado un alto desarrollo en la navegación del internet, generando saturaciones en la red de acceso (López, 2019).

Los proveedores de Servicio de Internet (ISP) imparten y facilitan la utilidad del internet, empleando diferentes tecnologías: acceso a través de radio, cobre y fibra óptica. Hoy por hoy el más óptimo medio de transmisión y que tiene la capacidad de cargar con las velocidades de largas distancias es la fibra óptica (Llangari, 2020).

En el país hay diferentes empresas con servicios prestados, siendo la de las telecomunicaciones la que más cambios ha generado y por su alto consumo en las masas es también la que produce mayores y mejores ingresos actualmente.

A pesar de que las redes de cobre hacen posible la transmisión de la comunicación ésta no abarca de manera impecable por la alta demanda de usuarios, por ello, es preciso el cambio a nuevas y mejores tecnologías.

A nivel nacional, es vital renovar los sistemas de transmisión para que el mercado surja y ofrezca mejores propuestas con la misma base tecnológica.

En esa línea, GPON (GIGABIT PASIVE OPTICAL NETWORK) es la guía tecnológica más moderna y por la cual aún se sigue descubriendo nuevas versiones que permitan su mejor funcionamiento; es una evolución de BPON, por ello usa celdas ATM. La principal propiedad de GPON es que a través de ella se pueden enviar diferentes informaciones con múltiples tecnologías encapsuladas, GEM (GPON Encapsulation method) la misma que facilita usar ATM, Ethernet y TDM en la red (Escallón, 2020).

Bajo esa mirada, es de suma importancia una renovación tecnológica debido a que en un futuro las principales redes de accesos (cobre) no serán capaces de poder soportar la carga de información que transitara por las mismas, es indispensable para un correcto funcionamiento de las telecomunicaciones migrar a la fibra óptica.

Se debe realizar una indagación de las tecnologías para poder analizar y ser consciente de la dimensión que ocupan y posterior a eso ejercer una inversión en su desarrollo óptimo la cual servirá para cubrir todas las zonas y así evitar daños, la pérdida de clientes y ponderar a futuro las telecomunicaciones

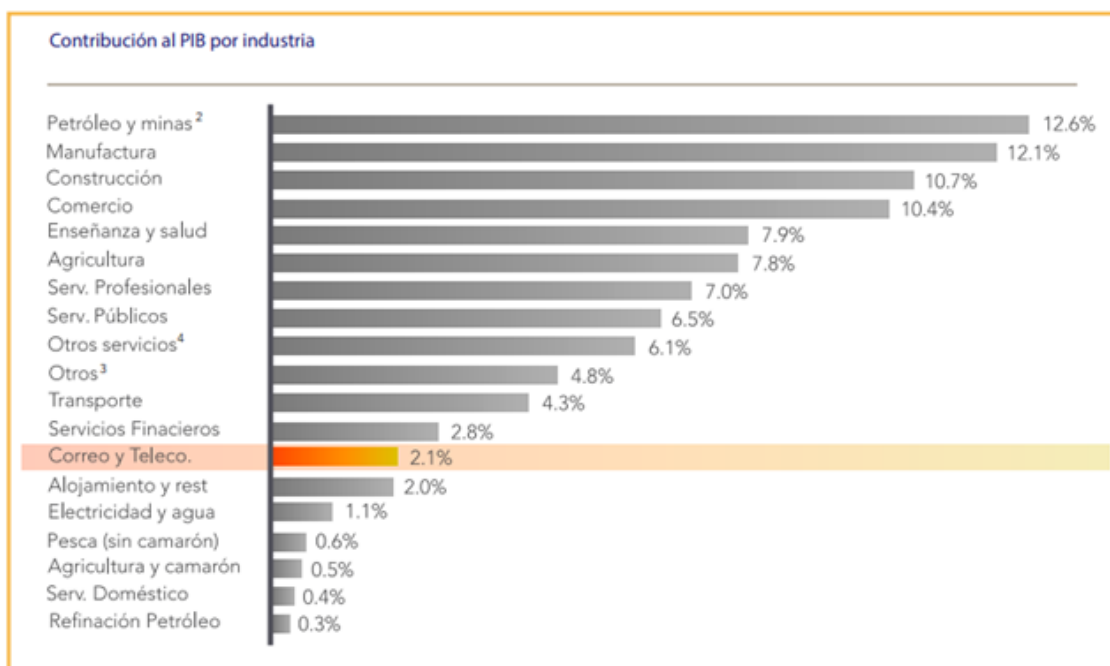
### 3. Marco teórico referencial

#### 3.1 Situación actual de la infraestructura de telecomunicaciones en el Ecuador

Teniendo como referencia a los registros del 2021 otorgados por el Banco Central de Ecuador, el área de correos y de telecomunicaciones conforman el 2.1% de Producto Interno Bruto, con la medición de los dólares, así como se especifica en la Figura 1. Se destaca que, en cantidades de dólares del 2007, el área de correos y telecomunicación representó el 3.5% del PIB. Específicamente se considera el aporte del área TIC al PIB de Ecuador, exceptuando a los correos, se evidencia que genera una contribución alrededor del 2% de los ingresos nacionales.

Figura 1.

Contribución al PIB



Fuente: (Puerto Leguizamón et al., 2018).

### 3.1.1 Infraestructura

En los últimos años, en Ecuador se ha incrementado la infraestructura troncal y se ha extendido la aplicación de los servicios básicos de las telecomunicaciones.

En lo que respecta a la cobertura poblacional de los ofrecimientos móviles, en el año 2019, Ecuador contaba con un aproximado del 96% de la población abarcada, esto comparado con la cobertura de la población del 2012, que rodea el 89%. -Una de las mayores oportunidades de crecimiento y progreso de infraestructura se evidencio en las redes avanzadas, las cuales son de 3G y 4G, mismas que en el año 2019 mantenían una cobertura del 90% y 32%, respectivamente; por otro lado, en el 2012 el alcance poblacional de la red de 3G correspondía al 53%, desarrollo que se ha evidenciado en el aumento, en 4 veces de las inscripciones a la banda ancha móvil; la aplicación de la fibra óptica ha progresado notoriamente desde el 2012, año en el que solamente abarcaban 3.500 km y luego para el 2019 era un alcance aproximado de 60.000 km, hechos que indican el crecimiento 7 veces más de las inscripciones de la banda ancha, durante el tiempo del 2012-2019

### 3.1.2 Entorno legal vigente en el sector de las TIC

Las normativas y regulaciones del área de telecomunicaciones han evidenciado significativas modificaciones de acceso, también de la infraestructura y la competencia, entre los más relevantes está: La Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) decretada en febrero del año 2015, en la que determina el universal acceso a la web, originando que poder tener un acceso a internet sea considerado como un servicio básico que eventualmente podría tener más regulaciones como lo tiene el agua, la energía y el teléfono.

Las TIC generan el 2.1% del PIB en Ecuador.

Así mismo, se determina que se podrá tener full net neutrality. La neutralidad de la web es un instrumento empleado para poder respaldar y proteger los derechos de los consumidores. La misma LOT del año 2015 señala que los operadores están

obligados a compartir su infraestructura física como lo son los ductos y las radio bases. Las sugerencias de la UIT para los organismos reguladores indican que deberían: promover la compartición mediada y no forzada, que esta esté basada en convenios comerciales que sean de mutuo beneficio de las partes. Acceder a que las tarifas no estén reguladas para no estimular reticencia al aplicar una nueva tecnología e infraestructura. En conclusión, la manera en cómo se genere el compartimiento de infraestructura, sujetos a la ley, debe estar debidamente señalada, de tal manera que no se originen desincentivos para la expansión de la misma posteriormente, de parte de ciertos operadores que deban compartir, de ser el caso.

En el área de las tecnologías de la información se ha determinado como jurisdicción publica el empleo de un software libre en las instituciones de administración pública; actualmente se está analizando las acciones para promover a los desarrolladores, como priorizar un software que sea nacional, ya sea para el ámbito nacional, regional o internacional con aspectos nacionales.

### 3.1.3 Macro objetivo del estado en relación al despliegue de infraestructura de telecomunicaciones

El medio de las telecomunicaciones es constante en capital de por si, además de ellos, las últimas tendencias a nivel global, por el ingreso y progreso de los servicios de fácil transmisión como lo son Netflix, Skype, Whatsapp, han dirigido el coste en estos móviles, extrayendo parte del valor como tal antes percibido por los operadores de las telecomunicaciones. Así mismo, los operadores deben generar más inversión en la actualización de las nuevas tecnologías. Esta mecánica hace que los países encuentren más métodos para poder expandir su estructura de forma más eficiente, garantizando que los operadores puedan invertir el capital requerido equilibrando una rentabilidad que sea beneficioso para el negocio.

En Ecuador, el ente regulador estatal tiene definido un macro objetivo, donde se requiere evaluar la distensión de la infraestructura para poder brindar una mejor conectividad a gran parte de la población. El área de las telecomunicaciones a nivel nacional se mantiene en una forma reducida. Los habitantes son de un aproximado



de 20 millones y el PIB per cápita alcanza USD 6.00011 aproximadamente. Esto mantiene la coherencia de que en el país es un relevante interés diseñar los métodos que puedan garantizar el despliegue de la infraestructura y que se pueda efectuar manteniendo los límites económicos.

El macro objetivo del Mintel, abarca los siguientes objetivos que se podrán justificar y puntualizar a continuación: -Incrementar el alcance poblacional de 3G y 2G. – Incrementar el alcance poblacional de 4G. – Incrementar el porcentaje en las residencias que están a menos de 1.5 km de la red de fibra.

### **Aumentar la cobertura poblacional de 3G y 2G**

Este propósito es más relevante para reducir el nivel de población que no puede tener un acceso del servicio a nivel nacional y a su vez perfeccionar la calidad del servicio que se otorga, de tal forma que se pueda aumentar el alcance de red en todo el territorio nacional. Ecuador mantiene una cobertura en lo que respecta a los servicios móviles del 96%, cantidad que engloba las tecnologías 2G, 3G y 4G. Genera una importancia para el país, el tomar acciones que puedan posibilitar y asegurar que más poblaciones del país mantenga un acceso a los servicios de telefonía móvil. Puntualmente, poder generar una conectividad a las áreas rurales a quienes la infraestructura no llega fácilmente, el desarrollo de este sector debe ser una prioridad. La implantación de los smartphones en el país fue del 18%, esto genera un desafío para el país debido a que la distensión de la infraestructura 4G no debe dejar por fuera el sostenimiento de la tecnología 3G

### **Aumentar la cobertura poblacional de 4G**

Este propósito es de relevancia es para poder abarcar la demanda que es cada vez mayor en los usuarios que mantienen la telefonía móvil. El alcance 4G tiene propiedades que otorgan una mejor navegación al cliente que necesita grandes requerimientos al uso de la tecnología, las cuales son: -más rapidez para el usuario: LTE posibilita al cliente a poder tener acceso a las descargas más eficientes que las de 3G. Esto es lo que permite a los usuarios poder hacer uso de los contenidos que rinden y funcionan más, como por ejemplo el streaming de video y sonido. -

Conexión más eficiente: LTE funciona con 95% menos de tiempo para poder conectarse que lo que es la tecnología HSPA+, garantizando de esta forma estar siempre online. – Menor latencia: LTE brinda 50% menor latencia que HSPA+, de esta forma es posible poder utilizar aplicaciones como lo es el VoIP y videollamadas. Para diciembre del 2014, el alcance total de 4G a nivel nacional era de un 32%. La expansión de esta tecnología es de gran relevancia para el país a manera de otorgar un mejor servicio a los usuarios. Además de ello, la tecnología 4G LTE contiene la mayor eficacia espectral de todas las demás tecnologías y posibilita generar mayor cobertura por su presencia en las bandas 700/800 MHz

### **Aumentar el porcentaje de hogares que se encuentran a menos de 1.5 km de la red de fibra**

Este propósito es una necesidad básica para el incremento de la aplicación de banda ancha a nivel nacional. La red de fibra óptica es la que posibilita obtener velocidades de conectividades altamente eficaces, creando más calidad a la población. La expansión de la infraestructura, antes mencionada garantizara a su vez que el país este apto para los requerimientos de la transferencia de datos, los cuales cada vez son mayores. Así mismo, esta rapidez de los datos genera a la población, organizaciones y entidades públicas poder aprovechar más las tecnologías. A términos sociales, una mejor y mayor conexión de banda ancha estable es la que posibilita implantar resoluciones digitales en las áreas como la educación, la justicia y la salud. En lo que respecta a la economía, las organizaciones del área de las TIC se ven directamente favorecidas por un mejor servicio, pero así mismo las demás obtienen una mejor utilización de la tecnología provocando efectos en la eficiencia y en la productividad.

## 3.2 Evaluación teórica

En este epígrafe se efectuará una evaluación teórica de los soportes de un proveedor de servicios de internet (ISP), así también como su organización e infraestructura. Así mismo, se abordará el análisis a la revisión de la tecnología FTTH, herramientas que la conforman y características para su aplicación.

### **Proveedor de Servicios de Internet (ISP)**

ISP se refiere a lo que es un proveedor de servicios de internet, por sus siglas es “Internet Service Provider. Usualmente un ISP es una compañía que además de brindar un acceso de internet a la población, otorga varios servicios como lo son: las redes virtuales, voz sobre IP, videoconferencia, IPTV y los denominados juegos en línea, creando un desarrollo en el movimiento del internet. Los ISP tuvieron que adaptarse a los requisitos de los clientes y asumir el desafío tecnológico que dicha función ejerce. Que exista un ISP es indispensable en los hogares y a su vez en las grandes organizaciones.

Al inicio, dicho acceso se generaba en mayor medida en los ordenadores personales con un módem y empleando distintas tecnologías como formas de transmisión, tales como: cobre, radio enlace y fibra óptica. Actualmente se considera que la fibra óptica es el mejor método para la transmisión y el que solamente puede soportar las velocidades de transmisión.

La rapidez del acceso y la navegación del internet ha ido teniendo más importancias con el pasar del tiempo, así como es el caso de América Latina en donde en las últimas décadas, los ISP tuvieron que adaptarse a usuarios que requerían un servicio más exigente para la velocidad. Lo que ha provocado que el mercado se vaya agrandando, generando una gran variedad de opciones para los usuarios y rompiendo los estándares manejados en el área de la comunicación tecnológica. Por ello, cada vez más la demanda en la banda ancha se incrementa, generando una posibilidad de poder transmitir más cantidad de datos de forma más eficiente y

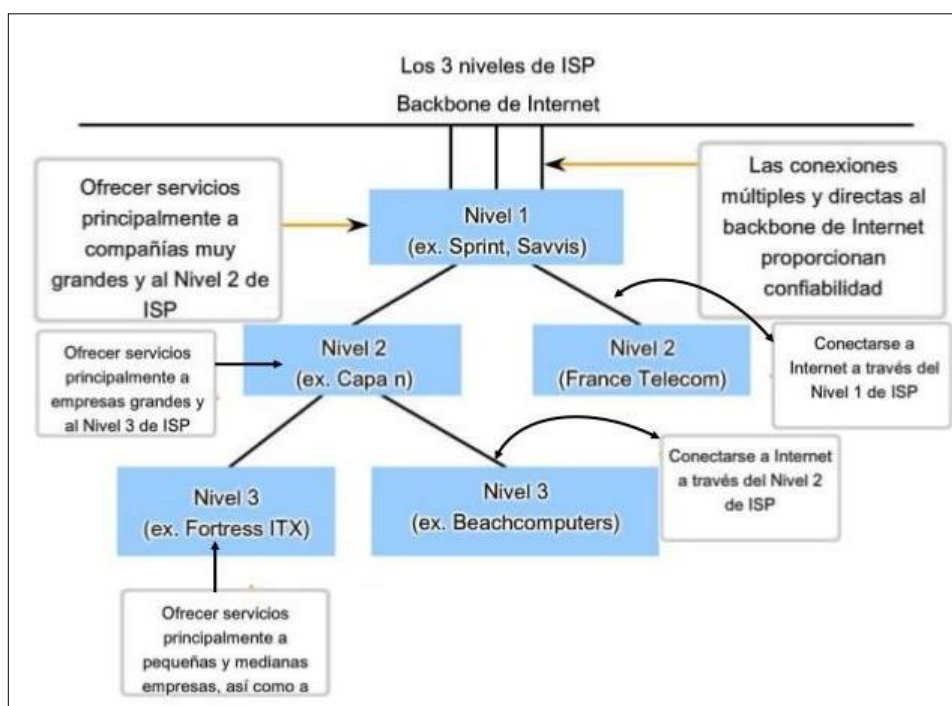
segura, por los distintos medios de transmisión, volviéndose de esta forma un modelo de servicio generado por los ISP

### Niveles de ISP.

Los ISP mantienen una función basada en los niveles de conexión al Backbone de internet. De forma general, los tipos de Internet que existen están fundamentados en las variadas redes, mismas que están vinculados al backbone principal. Todos los ISP de un nivel inferior poseen la conectividad al backbone a través de los ISP de nivel superior.

Figura 2

Niveles de los ISP.



Fuente: (Estevez-Mendoza et al., 2020).

El principal backbone está compuesto por varios backbones secundarios, como se visualiza en la figura: Niveles de los ISP, los cuales están entrelazados por más NAPs como puntos de accesibilidad para que sirvan como un intercambio de información.

### Nivel 1 (Tier 1)

Los ISP que pertenecen al nivel 1 son los más extensos de forma internacional o nacional, son los que abarcan sectores geográficos más grandes y se vinculan de manera directa al backbone de internet.

Los usuarios del ISP del nivel 1 son extensas empresas o ISP de menor nivel, mismos que se caracterizan por mantener una tecnología requerida para poder acceder a mayores y mejores velocidades.

Los principales beneficios del nivel 1 de la ISP es la eficiencia y la confianza, debido a que esto está ubicado únicamente en un backbone. Así mismo brindan servicios seguros con menos riesgo de fallas. Entre una de inconvenientes para los usuarios del ISP de nivel 1 es el precio elevado.

### **Nivel 2 (Tier 2)**

Los ISP de nivel 2 son regionales que obtienen el servicio de internet mediante los ISP de nivel 1. Su sector de alcance es mayor a la de un ISP local, usualmente sus clientes son del estatus empresarial. Los ISP nivel 2 en su gran mayoría generan más servicios que los ISP de los demás niveles. Adicionalmente, tienen elementos de TI para dar sus propios beneficios como DNS, servidores de correo electrónico y los servidores web.

Uno de los aprovechamientos de los ISP del nivel 2 es su nivel de alcance, pues al ser regional el área geográfica tiene mucha más cobertura que la de un ISP local, posibilitando de esta forma generar un mejor servicio a más usuarios con redes más amplias.

La desventaja más evidente es que los ISP del nivel 2, tienen un considerable costo en su implementación y el acceso al internet es menos rápido.

### **Nivel 3 (Tier 3)**

Para lo que concierne a los ISP del nivel 3, adquieren su servicio de internet otorgados de los ISP del nivel 2. Su cobertura es menor, lo que genera que otorgue servicios a ciudades pequeñas o a ciertos sectores de esta. El propósito de este nivel son los mercadores minoristas y los del hogar. Usualmente los usuarios de este nivel no requieren de los servicios otorgados por los clientes del nivel 2. Su principal necesidad es la conexión y el soporte.

Una gran cantidad de usuarios tienen poco o nulo conocimiento de las redes. Los ISP de este nivel normalmente incluyen la conexión a internet, incluido en el contrato de los servicios de redes y el soporte de los clientes.

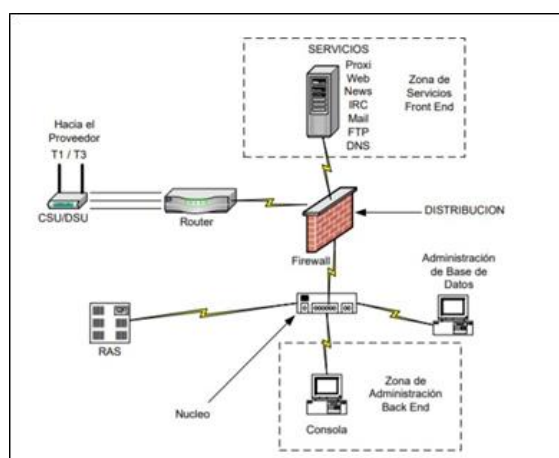
Uno de los más grandes beneficios de instalar un IPS nivel 3 es el precio económico que tiene su infraestructura, debido a que tiene conexiones a través de ISP superiores, adicional a ello, no se necesita efectuar enlaces de mucha distancia porque es una pequeña área de cobertura.

### Arquitectura de un ISP.

El propósito principal para poder crear una estructura de red de forma correcta de una ISP es poder usar de mejor manera el espacio destinado a ello y poder alcanzar un efectivo rendimientos de las maquinas que posean.

Figura 3.

Arquitectura de un ISP



Fuente: (Cortés, 2019).

Para la creación de la infraestructura del ISP, se puede poner en consideración una gran redundancia en los instrumentos que respalden la escalabilidad, seguridad, conexión eficaz, calidad del servicio, etc. Certificando el servicio prestado a los usuarios con enlaces de buena calidad.

El diseño de un ISP está compuesto por múltiples equipos, los mismos que posibilitan poder generar el correspondiente acceso a internet, a través de dispositivos de acceso al final usuario. La arquitectura del mismo se puede segmentar en tres principales redes:

- Red de Core
- Red de Distribución
- Red de Acceso

Resumiendo, de esta forma una arquitectura elemental de un ISP con sus más relevantes redes.

### **Red de Core**

En esta red están localizados las maquinas más resistentes que son de una elevada capacidad de transmisión y que están integrados con los instrumentos principales, los cuales son los que tienen la función de transmitir, gestionar y administrar la red. En esta área están ubicados los servidores AAA, movimiento de la red y los sistemas cobro, etc.

A través de la red Core se encuentra un elevado tráfico lo que provoca atascamientos y saturaciones en ciertos fragmentos de la red; es por esto que es un requisito que se incluyas las maquinas que tengan elevadas prestaciones con una alta velocidad de acceso y que rinda de manera óptima.

### **Red de Acceso**

Esta es la red en donde la conexión es directa con el abonado, misma que se logra a través de dispositivos de accesos como puntos de red, teléfonos IP y otros que son de pertenencia del usuario.

Hay dos modelos grandes de acceso los cuales son:

Acceso mediante un cable: dentro de este modelo están envueltas las siguientes tecnologías: Redes Híbridas de fibra óptica y el cable coaxial. (HFC) -Comunicaciones mediante línea eléctrica (PLC). – Fibra Óptica -Ethernet

Acceso de forma inalámbrica: ciertas tecnologías que emplean el acceso inalámbrico están: -Redes de acceso a través de satélite -Redes estatales inalámbricas (WLAN) -Bucle inalámbrico (WLL)

### **Redes de Distribución**

Esta red es la que tiene la facultad de poder manejar el flujo del tráfico empleando normativas para su distribución, se diseña una VLAN, con el propósito de poder desviar las clases de navegación a la red de acceso. Para poder alcanzar dicha distribución se emplean switches de alta prestación, con redundancia y gran disponibilidad que se ocupan de la comunicación entre la red de Core y la de Acceso.

### **Protocolos de Gestión de Red**

En los métodos de manejo de red, están incorporados los pasos para el mismo. En la actualidad hay dos protocolos básicos para el manejo de red los cuales se detallan a continuación: el protocolo de libre gestión (SNMP) y el protocolo de información de gestión común (CMIP)

CMIP contiene CMIP sobre TCP/IP (CMOT). Estos protocolos de manejo de red son los que otorgan el funcionamiento para recuperación, modificación y transmisión de los datos de la administración mediante la red.

SNMP tiene una prolongada utilidad y forma el respaldo de muchos mecanismos de gestión de red públicos y comerciales, debido a que genera una facilidad para poder alcanzar y modificar los parámetros del dispositivo de red. Esto es en base a las instrucciones SNMP get (para poder alcanzar el valor de una medida), get-next (para poder alcanzar el valor del parámetro siguiente), y set (para poder modificar el valor)



Los parámetros que son de fácil acceso vía SNMP se encuentran agrupados dentro de niveles de información o de manejo o MIBs. SNMP es empleado en las técnicas de monitoreo, instrumentación y codificación. Las variables de la base de la información de gestión (MIB) tienen un fácil acceso otorgado por SNMP, además incluye estos en MIB-II y demás modelos MIB. SNMP es el sistema más común para poder acceder a los registros de la gestión de red.

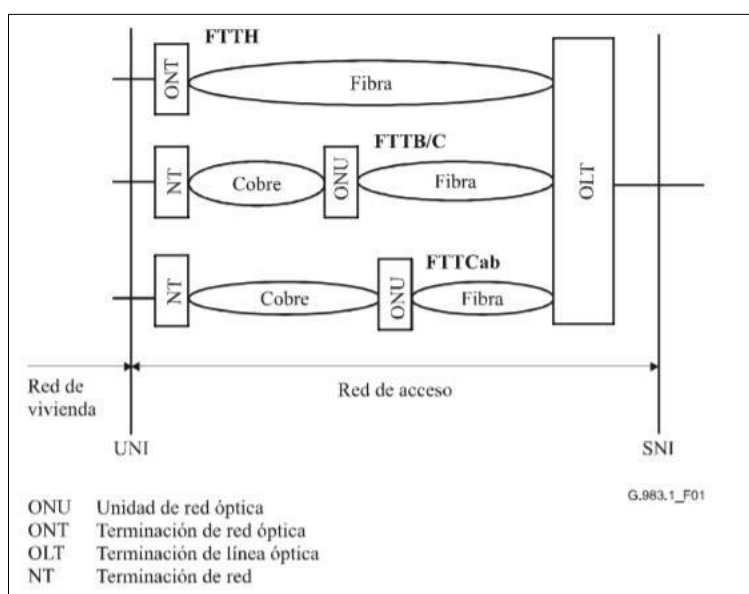
### Redes de Acceso de Fibra Óptica.

La unión de instalaciones y maquinas que se vinculan a los elementos terminales de la red de transmisión junto con los de los abonados, es lo que se denomina red de acceso o Fibra Óptica. La topología evalúa las redes de ingreso a la fibra óptica, las cuales se distribuyen en medida a la cercanía del abonado o usuario, de acuerdo a la utilidad de los elementos, sean pasivos o activos.

Tomando como referencia el medio de transporte por el ingreso de última milla, también pudiendo ser; fibra óptica, cobre o ambos. En la estructura de la fibra óptica se emplean varias agrupaciones de FTTX, como se demuestra en la Figura.

Figura 4

#### Arquitectura de la Red Óptica de Acceso



Fuente: (Radicelli et al., 2019).

## Red Óptica Pasiva – PON.

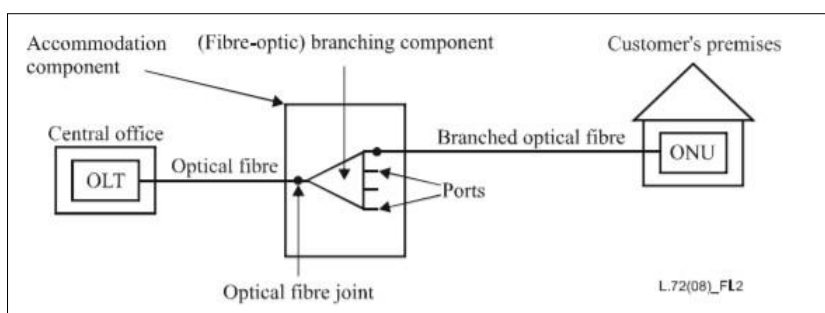
Las redes pasivas únicamente están compuestas por elementos que son pasivos si requerir el soporte de un alimentador externo para su desempeño.

Este modelo de red, al emplear splitters ópticos pasivos posibilita una conectividad a varios usuarios partiendo de un solo modelo de fibra, originando de esta forma una red punto-multipunto; disminuyendo los valores de implantación y aminorando los precios para el mantenimiento de la misma.

En la actualidad, se manejan los dos principales modelos de PON: PON con una cabida para Gigabit (GPON), y PON producida para Ethernet (EPON); sin embargo, su topología es igual y en las dos tienen básicos componentes los cuales son: ONT/ONU, OLT y splitters.

Figura 5

Configuración de PON con Fibra Óptica.



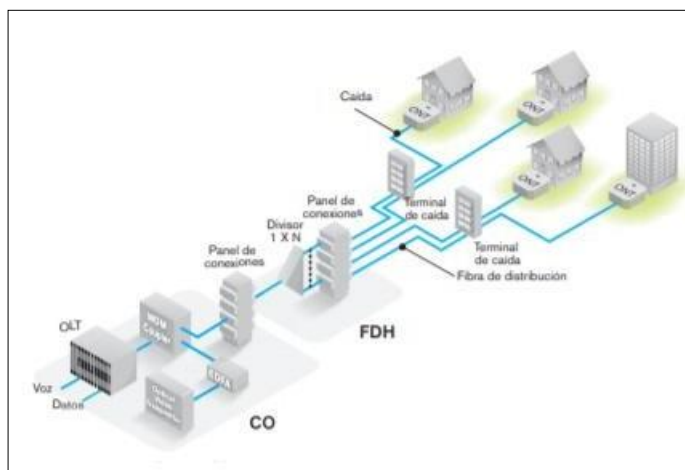
Fuente: (Guevara Henao, 2018).

## Red de Distribución Óptica – ODN.

Los que posibilitan una conexión eficiente entre la OLT y las ONT/ONU son las redes de distribución óptica (ODN); dichas redes están compuestas por la fibra troncal o fibra de alimentación, el punto y la fibra de distribución óptica, el lugar de acceso óptico y también el divisor de fibra.

Figura 6

Configuración ODN pasivo.



Fuente: (Gúzman, 2018).

Para enlazar las fibras de alimentación se ponen en funcionamiento las mufas o mangas, las NAPs son usadas para la distribución, para la conexión de la fibra óptica con las ONU/ONT se emplean los splitters y atenuadores, se dispone de conectores mecánicos o pictails SC/UPC o SC/APC, dependiendo de cuál es la tecnología que se está disponiendo, ya sea GPON o EPON

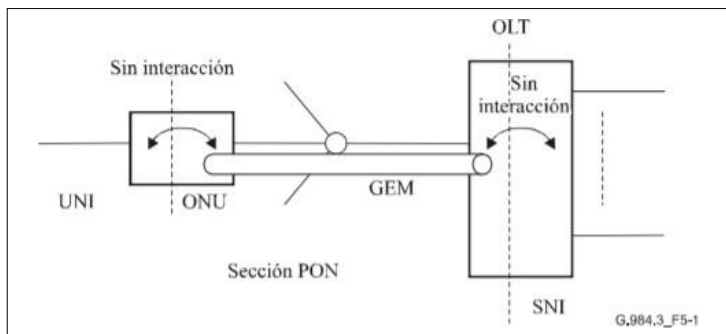
### Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit – GPON.

La tecnología GPN es la que permite, como primer punto, poder tener más cantidad de Spliteo a diferencia de la EPON; como segundo punto, posibilita más banda ancha downstream/upstream de máximo 2.4 Gbps/2.4 Gbps, en comparación a la tecnología EPON con 1.25 Gbps/1.25 Gbps.

El mecanismo GPON emplea un sistema de encapsulamiento denominado GEM, el mismo que puede tolerar cualquier modelo de servicio, sea este ATM, TDM, Ethernet, etc. Efectuando un método de transporte síncrono con periódicos tramos de 125µs.

Figura 7

Configuración de un Sistema GPON. Fuente: Disponible en [16].



Fuente: (Oliveira et al., 2021).

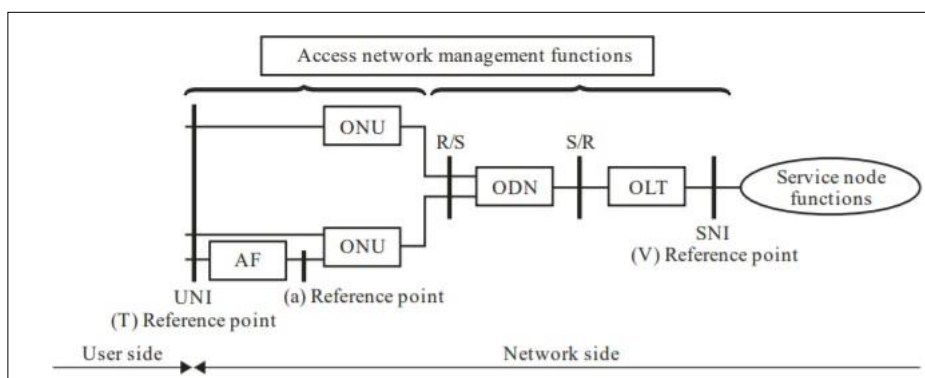
El mecanismo agrupado de GPON es semejante a otros sistemas de servicios de registro, desde la perspectiva de la distribución de la trama.

### Red Óptica Pasiva Preparada para Ethernet – EPON.

EPON se establece de dos formas de operatividad: en la primera distribución, emplea enlaces sitio por sitio bidireccionales (Full-dúplex) para poder vincular las estaciones mediante un switch; en la segunda distribución, la red usa el modelo CSMA/CD para ser manejada.

Figura 8

Diseño referencial de elevado nivel de un modelo EPON.



Fuente: (Santillán Lima et al., 2020).

El modelo Ethernet emplea broadcast en el flujo de distribución, y el diseño EPON, la OLT trasfiere los paquetes broadcast, mismo que se extraen únicamente por el ONU de destino.

### **Equipos**

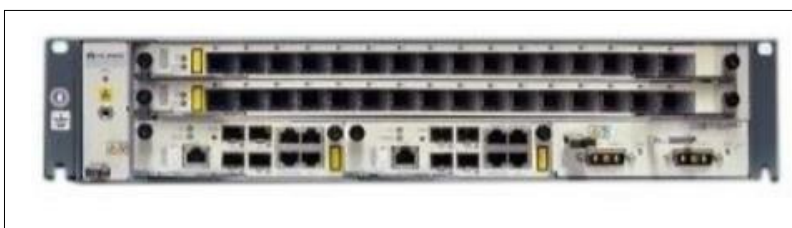
Terminal de Línea Óptica – OLT.

La OLT es la principal máquina que tiene una ODN debido a que de la misma se derivan todas las fibras que van dirigidas hasta los usuarios; su rol principal es llevar la información de forma ascendiente (generando tráfico de datos de navegación de los clientes), y de forma descendiente (generando tráfico de datos de navegación de la MAN)

Los principales factores de las OLT son: la tarjeta PON, el módulo de conmutación, protección de redundancia, módulo de alimentación de -48 VDC, fuente de alimentación 110/220 VAC, contenido en un bastidor, etc.

Figura 9

Terminal de línea Óptica OLT. Fuente: Disponible en [19].



Fuente: (Puerto Leguizamón et al., 2018).

### **Punto de Terminación Óptico – ONT.**

El equipo que está en el domicilio del cliente en las instalaciones de FTTH, es el punto de terminación óptica (ONT) y este es el que tiene la función de transformar la señal óptica que proviene de la OLT en una de banda ancha Gigabit Ethernet que el router pueda interpretar y de esta forma que el usuario puede tener acceso a navegar en internet.

Figura 10.

Terminal Óptico ONT.



Fuente: (Puerto Leguizamón et al., 2018).

### Unidad de Red Óptica – ONU.

En conformidad, la Unidad óptica de red (ONU) es semejante a la ONT debido a que desempeñan la misma función. No obstante, ya en funcionamiento, la distinción de los dos está en donde se ubica en el domicilio de los clientes, según sea su tecnología. Para usuarios con tecnología GPON se aplica la ONT y para usuarios con tecnología EPON se implementa la ONU

Figura 11.

Unidad de Red Óptica ONU.



Fuente: (Puerto Leguizamón et al., 2018).

La Unidad óptica de la red ONU, es ciertamente parecida a la ONT debido a que ejercen igual función; a pesar de ello, en lo que respecta a la práctica, la diferencia de estos dos modelos radica en la ubicación en el domicilio del cliente. La ONT aplica

para usuarios con tipos de tecnología GPON y las ONU para usuarios con tecnología EPON.

### Calidad de Servicio (QoS)

La sigla QoS quiere decir Quality of Service o calidad de servicio, la misma que hace referencia a varios modelos que están programados para poder proteger y asegurar el caudal eficaz dentro de la red, sirviéndose de sistemas de asignación de prioridades a distintos tipos de flujo que necesiten una especial atención. Unos de los retos es poder brindar y garantizar un excelente servicio.

QoS para Internet Service Provider (ISP) se basa en el funcionamiento y el progreso. Los ISP calculan la QoS en modelos de escalabilidad y utilidad para poder otorgar una efectiva conexión en acontecimientos de tiempos reales, como lo son voz sobre el protocolo de internet (VoIP) transferencia de medios como lo es la música, los videos, etc.

De acuerdo con la Union Internacional de telecomunicaciones (UIT) en la REC. UIT-T. Y.1541 puntualiza QoS fundamentada en aplicaciones tipos para poder establecer propósitos de funcionamiento en redes IP.

Tabla 1.

Parámetros QoS.

| PARAMETRO | DESCRIPCIÓN                                                     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|
| IPT       | Latencia de extremo a extremo                                   |
| IPDV      | Jitter, variación de retraso de paquete                         |
| IPLR      | Relación entre tramas enviadas y tramas de respuesta perdidas   |
| IPER      | Relación de error de bit en la recepción                        |
| IPRR      | La proporción de paquetes entrantes que están fuera de servicio |

Fuente: (Cortés, 2019).

## **Redes XGS PON**

El progreso de la tecnología genera que se requiere cada vez más una mejor eficacia y velocidad en las conexiones de red, mismas que puedan hacer frente a los requisitos tecnológicos que se van adquiriendo, ya sea laborales como de ocio en el hogar o en el trabajo. La televisión en streaming que se ve hoy por hoy, llega con mejor calidad con el pasar los años, el teletrabajo a su vez obliga a mantener videollamadas y accesibilidad a los instrumentos corporativos. La realidad virtual se filtra en los hogares, todos los mencionados avances y exigencias impuestas serían muy complejas de administrar con una conectividad deficiente y lenta. Es por lo anterior expuesto que la tecnología XGSPON está presente en ciertos operadores.

El modelo XGSPON origina un efecto contundente a las interrogantes expuestas. Se basa en una tecnología que va a perfeccionar el modelo de fibra óptica a los hogares y lugares de trabajo, la más actual innovación del diseño PON, que posibilita que el servicio FTTH llegue eficazmente hasta las casas. Luego de años sabiendo la su positiva utilidad, se ha podido implantar en algunos países y se va a puntualizar cuales son las ventajas y sus particularidades, por qué esto es considerado como una noticia buena y las razones por la cual va a fomentar acercarse al futuro.

La nomenclatura XGSPON es básica, solo se tiene que resolver las distintas siglas para poder hallarle una resolución a su significado. En lo que se refiere la X es al número 10, Gigabit está representado con la G, la S a Simétrico y por último PON, que es una sigla ya mencionada. Esto quiere decir que, aunque esta sigla no haya sido escuchada es otro acontecimiento no es más que una red óptica que alcanza los 10 Gbps.

Se refiere a una nueva generación de redes, misma que va a poder posibilitar conexiones con capacidad para 10 Gigabit simétricos, que mantenga una máxima rapidez de subida de 9.953 Gbit/s y una máxima velocidad de bajada del 9.953 Gbit/s.

### **Velocidad**



La rapidez es la identidad de la red, pues alcanza y sobrepasa a las anteriores debido a su tecnología para poder brindar esa capacidad de 10 Gigabit simétricos, esto quiere decir de bajada y de subida, por otro lado, las anteriores tecnologías se quedaban atrás.

XGPON que es una red semejante, brinda una máxima capacidad de 10 Gigabit en cuando a descargas; sin embargo, en lo que respecta a la subida se queda muy lejos pues el máximo es de 2.5 Gigabit. Y aún más lejos la anterior red, la GPON que tiene una rapidez de bajada de 2.5 Gigabit y de subida hasta 1.25 Gigabit.

### **Aplicaciones**

El modelo XGSPON uniendo los beneficios del Wifi 6, posibilita un desarrollo en la velocidad, alcance y estabilidad. La conexión de estas redes otorga una ventaja a las casas y lugares de trabajo a diferencia de las anteriores redes, más que todo por las futuras tecnologías que se no se encontraban tan desarrolladas por no tener las debidas capacidades para su implementación. Un ejemplo de ello es que posibilita poder hacer videollamadas de gran calidad sin perder la imagen o sin los cortes.

Así mismo se nota su implementación en poder disfrutar plenamente de la televisión streaming, debido a que las descargas, las subidas y bajadas permiten una visualización de los contenidos en distintos televisores al mismo tiempo. De igual forma sucede con los juegos, la mayor rapidez y la propiedad simétrica de esta tecnología posibilite poder tener una mejor experiencia en el juego, ya sea en partidas online como en las descargas o aquellos que se requiera de una conexión.

Adicionalmente de sus beneficios, para el área laboral, otorga mejor conexión a distancia al lugar de trabajo, permite guardar archivos, permisión a las herramientas remotas de la compañía, XGSPON va a posibilitar que se agilite la aplicación de las futuras tecnologías como lo son los hologramas o la realidad virtual, mismas que van a generar un importante protagonismo a las nuevas velocidades que fomenta este estándar.

A pesar de que la red XGSPON sea innovadora y nueva, se está trabajando en el próximo impacto en la red, la cual va a generar un importante salto cualitativo con respecto a las actuales ofertas. El modelo NG-PON2 (Next-Generation Passive Optical Network 2) del año 2015 posibilita poder incrementar la rapidez de la tecnología FTTH hasta los 40 Gbps, la cual es cuatro veces más rápida que la actual. Fundamentado en un modelo de diseño punto por multipunto, posibilitará un gran incremento en las tecnologías, debido a que, por su gran velocidad, ciertas redes que ahora mismo son aparentemente inalcanzables serán muy comunes como ver una serie en streaming.

### **Tecnología NGPON2**

Dos elementales tecnologías han sido designadas al modelo NGPON2, TWDM PON (Time and Wavelength Division Multiplexing PON) y PtP WDM PON (Point to Point Wavelength Division Multiplexing PON). El modelo ha sido establecido con el principal objetivo de poder facultar redes que sean de un acceso fijo a través de configuraciones TWDM. Sin embargo, si uno de los fabricantes decida diseñar servicios a través de un planteamiento PtP WDM, podría efectuarse respetando los niveles y las limitaciones estipuladas para los flujos TWDM, de tal manera que se evada que los enlaces de servicios dedicados fomenten alguna interferencia con el servicio de acceso fijo.

### **Arquitectura de la red de acceso óptico**

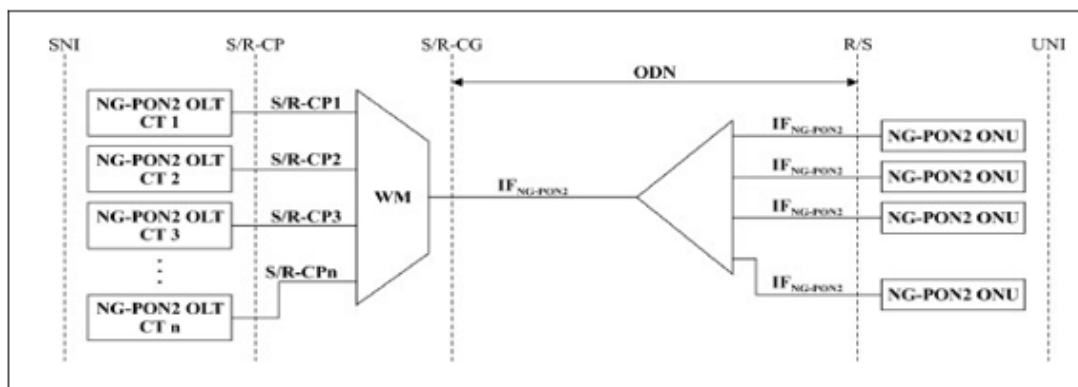
El diseño de un mecanismo NGPON2 principalmente concuerda con la de los modelos GPON y XGPON, esto quiere decir que se acoge un diseño pasivo con manejo PtM así como los anteriores.

## Configuración de referencia

La Figura representa la arquitectura lógica de referencia para un sistema NGPON2.

Figura 12

Arquitectura de referencia lógica NGPON2



Fuente: (Cortés, 2019).

Con respecto a la anterior figura se estima que en un modelo PON de longitud de onda múltiple, así como el caso de NGPON2, la OLT está conformada por varias terminaciones de canal (CT-Channel Termination) vinculadas mediante un multiplexor de longitud de onda (WM-Wavelength Multiplexer). El nivel de referencias S/R-CG indica la ubicación donde la OLT envía (hacia la ONUs) y acoge (desde la ONUs) una reunión de pares de longitud de onda que pertenecen a los sentidos de la comunicación ascendentes y descendentes, los cuales se denominan CG (Chanel Group). Por ello, la infraestructura vinculada a la ODN alcanza desde su salida del WM (referencia S/R-CG) hasta lo que sería la entrada de la ONU (referencia R/S)

Un ejemplo, podría ser el diseño de referencia de la red de acceso que compense la definición del modelo NGPON2, sería la mostrada para XGPON en la figura. De igual manera que en XGPON, la ODN en NGPON2 puede radicar en un solo segmento de distribución óptico pasivo (ODS-Optical Distribution Segment), o bien puede estar conformada por un conjunto de ODSs pasivos interrelacionados a través extensores de alcance (RE-reach extenders)

## Bit rate

NGPON2 evidencia tres propuestas diferentes de velocidades para transmitir por cada vía de acceso TWDM, tal como se percibe en la siguiente tabla:

Tabla 2

Tasas de transferencia en NGPON2

|                  | DESCENDENTE | ASCENDENTE |
|------------------|-------------|------------|
| <b>SISTEMA 1</b> | 2.5 Gb/s    | 2.5 Gb/s   |
| <b>SISTEMA 2</b> | 10 Gb/s     | 2.5 Gb/s   |
| <b>SISTEMA 3</b> | 10 Gb/s     | 10 Gb/s    |

Fuente: (Cortés, 2019).

## Niveles de potencia óptica

En la siguiente tabla se muestran los niveles potencia de transmisión y de sensibilidad de lo que concierne al SISTEMA 3 NGPON2 por ser la elección de mayor futuro, conformado por vías TWDM con una rapidez de transmisión de 10 Gb/s simétricos. Las referencias están estipuladas tanto para las ONUs como para las OLTs, con relación a los diferentes tipos de ODN establecidos para NGPON2 y de los modelos de posibles enlaces.

Tabla 3

Niveles de potencia óptica en NGPON2 [29] SISTEMA 3: 10 Gb/s simétricos

| ELEMENTO                            | Uds | VALOR NOMINAL |       |       |       |
|-------------------------------------|-----|---------------|-------|-------|-------|
| OLT                                 |     |               |       |       |       |
| Clase ODN                           |     | N1            | N2    | E1    | E2    |
| Potencia media de transmisión (MIN) | dBm | +3            | +5    | +7    | +9    |
| Potencia media de transmisión (MAX) | dBm | +7            | +9    | +11   | +11   |
| Sensibilidad mínima (S/R-CG*)       |     |               |       |       |       |
| Enlace Tipo A                       | dBm | -26.5         | -28.5 | -31.0 | NA    |
| Enlace Tipo B                       | dBm | -28.5         | -30.5 | -33.0 | -33.0 |
| ONU                                 |     |               |       |       |       |
| Clase ODN                           |     | N1            | N2    | E1    | E2    |
| Potencia media de transmisión (MIN) |     |               |       |       |       |
| Enlace Tipo A                       | dBm | +4            | +4    | +4    | NA    |
| Enlace Tipo B                       | dBm | +2            | +2    | +2    | +4    |
| Potencia media de transmisión (MAX) |     |               |       |       |       |
| Enlace Tipo A                       | dBm | +9            | +9    | +9    | NA    |
| Enlace Tipo B                       | dBm | +7            | +7    | +7    | +9    |
| Sensibilidad mínima                 | dBm | -28           | -28   | -28   | -28   |

Fuente: (Cortés, 2019).

Los parámetros de potencia de la interfaz óptica de transmisión y recepción para los canales TWDM y PtP WDM en NGPON2, están especificados con el propósito de que admitan las cuatro clases OPL definidas en XGPON1. Por ello, las clases OPL especificadas en XGPON1 se mantienen para NGPON2 sin presentar restricciones en cuanto al número y distribución geográfica de los divisores ópticos de potencia a emplear, dentro de los límites de alcance. Esto permitirá la reutilización de la infraestructura de fibra XGPON previamente instalada. Además, las clases OPL XGPON/NGPON2 N1 (14-29 dB) y E1 (18-33 dB) son compatibles respectivamente con las clases OPL GPON B+ (13-28 dB) y C+ (17-32 dB). Esto permitirá la coexistencia de sistemas NGPON2, XGPON y GPON en el mismo ODN, tal y como se verá en detalle en apartados posteriores.

Como una opción de implementación, NGPON2 incluye dos tipos de enlaces TWDM ascendentes, que difieren en sus parámetros de interfaz óptica. Los parámetros del enlace Tipo A se basan en la suposición implícita de no utilizar preamplificadores ópticos en el receptor OLT. Por el contrario, los parámetros del enlace Tipo B están ligados a un receptor OLT ópticamente pre amplificado. Por consiguiente, el enlace

Tipo A requerirá de un transmisor ONU más potente. Por su parte, el enlace Tipo B requerirá una sensibilidad más fina del receptor OLT en el punto S/R-CG, para poder interpretar señales recibidas de baja intensidad a fin de amplificarlas posteriormente.

Cabe indicar que para el caso particular de NGPON2, la sensibilidad mínima está definida en el punto S/R-CG y no en la propia OLT como ocurría en los estándares GPON y XGPON (ver Figura). Por ello, si se deseara mapear este parámetro de NGPON2 con estándares anteriores donde el elemento WM no tiene lugar, habría que considerar las pérdidas insertadas por este dispositivo (3-5 dB aproximadamente) para poder comparar la sensibilidad entre estándares correctamente.

## **ADSL**

El ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrico) es una clase de tecnología que transmite los datos virtuales y el acceso al internet, que se basa en la transferencia a través de los pares simétricos de los cobres de la línea telefónica. Lo cual es un mecanismo de accesibilidad al internet mediante el teléfono, o, en otras palabras, Red Telefónica Conmutada que no imposibilita la utilización normal del teléfono para las llamadas (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

ADSL es una clase de conexión de una banda ancha, y el nombre se deriva del suceso de que el aforo de toda la descarga y de la carga (del ordenador a la red) no coinciden, en su defecto la primera es más que la segunda. En términos concluyentes la gran mayoría de los consumidores de internet, reciben más información digital de la que proporcionan.

Para que ADSL pueda funcionar se requiere tener una línea de teléfono y que cuente con un método de modulación que divida la frecuencia de los datos y de la voz, a través de la implantación de filtros divisores denominados microfiltros, splitters y también de un enrutador de ADSL suministrado por la corporación que otorga el servicio (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

## **Propiedades de la ADSL**

Se trata de una conexión en donde se aplican tres líneas de transmisibilidad independiente entre ellas:

- Conducto de envío de los datos: es por donde se emitirá al internet la información del usuarios (carga o upload)
- Conducto de admisión de los datos: es por donde se receptan los datos del internet de información. De los tres, será el que tenga más banda ancha.
- Conducto del servicio de telefonía normal: medio por el cual, se realizan las llamadas por el teléfono.

Dicha división posibilita a un control diferencial de los datos y de la transmisibilidad e inclusive pueden ser optimizadas de acuerdo a las tres versiones señaladas como ADSL2 Y ADSL2+, en las que se recepta así mismo un canal para la transmisibilidad de acuerdo a la suscripción, es decir, tv por cable y los videos de alta resolución (HD) (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

## **Beneficios del ADSL**

Cada uno de los usuarios tiene un servicio aparte que no se puede transferir y que se emite directamente al hogar.

- No incide en la linea del teléfono: esto quiere decir que tiene un beneficio al momento de señalar el servicios en las casas y en las compañías, debido a que posibilita la autonomía de los dos servicios, algo improbable con el sistema de discado
- Utiliza la infraestructura convencional: no necesita que se realicen grandes ni novedosas inversiones, debido que se beneficia de los cables tradicionales.
- Mas alta que la conexión dial-up: otorga una mejor asociación de los precios/velocidad que los mecanismos de discado, que adicionalmente se ocupan de la linea de teléfono usualmente a 56 kbps, por otra parte, ADSL puede obtener los 4mbps que son 70 veces más eficaces.

- Posibilita los circuitos centrales y personalizados. Debido a que usa cables de telefonía, cada usuario tiene un servicio individual y de no transferencia que se le proporciona directamente a la oficina o al hogar (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

### Desventajas del ADSL

- **No funciona en todas las líneas de telefonía:** no es suficiente con tener una línea de teléfono para implementar el ADSL, debido a que esta tecnología conlleva a un límite de 3 km de longitud de la línea desde donde se realiza la emisión.
- **Deber tener la calidad de cobre:** En naciones en donde dicho material sea costoso o no haya el servicio puede que no sea igual ahorrativo que en otros.
- **Sujeto a aspectos externos:** la calidad del servicio se encuentra sujeta a la eficacia del cableado, la distancia que tienen desde la central y las variaciones del servicio.
- **Es menor a la fibra óptica:** las conexiones de la fibra óptica son más eficientes en rapidez y estabilidad que ADSL (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

### CABLE MODEM

El Cable Módem se considera una clase diferente de un modem estructurado de acuerdo a un modular y demodular la señal de los datos acerca de una base de televisión a través de cable (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

Los cables módems se usan sobre todo para suministrar la accesibilidad al internet que sea de banda ancha, beneficiándose de aquello que no se usa en el sistema de televisión por cable. Los suscritos de un mismo sector comparten la misma banda ancha otorgada por solo una línea que sea de cable coaxial. Por ello, la rapidez de la conexión podría fluctuar sujeto a cuantos sean los equipos que están usando el servicio a un mismo tiempo.



Los módems de cable en conjunto a la tecnología de DSL son las dos clases principales que se consideran al acceso a una banda ancha (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

Existen 3 desventajas al emplear el sistema de acceso a internet a través de cable:

1. Al igual que todas las tecnologías de las redes en los hogares, una misma capacidad de internet se comparte con varios usuarios, como, por ejemplo, en el internet por cable, un sector comparte el mismo cable coaxial. Por ello, la rapidez del servicio puede fluctuar sujeto al número de personas que se encuentren usando el mismo. Sin embargo, es inusual que aquello sea un inconveniente o que provoque pérdidas de conexión.

Cuando más distancia haya entre el repetido o el booster de la señal por medio del cable coaxial más va a ser la pérdida de conexión, lo que repercutirá en la reducción de la velocidad.

1. Otro de los inconvenientes se rige en las segmentaciones de los cables mediante separadores en el hogar del usuario incidiendo en tener fallas en su rendimiento o en la conexión y en algunos casos en la total pérdida de la señal. Aunque los cables módems más actuales ya tienen un router que se encarga de dicha función (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

Pese a ello hay relevantes beneficios:

1. La utilidad de la conexión no se va a encontrar sujeta a la distancia de la central, lo que permite que llegue de manera fácil a la agilidad requerida, tal hecho rara vez sucede con ADSL, razón de reclamo de varios suscritores.
2. Una muy disminuida latencia o del Ping con respecto al ADSL. Con niveles de aproximados entre 5 a 12 en relación a +30ms de ADSL.
3. Datos de la sobrecarga (desgaste del flujo útil) menor al de conexión DSL
4. Probabilidad de más agilidad que sea superior a ADSL (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

## **Diferencias GPON vs ADSL y cable modem**

Como se ha evidenciado, las diferencias entre las dos tecnologías de las redes son varias, más que todo en lo que concierne al mecanismo de la transmisión de los datos. El aforo máximo teórico en lo que respecta a la velocidad de la transmisibilidad hace referencia así mismo a que fluctúan notablemente con la fibra óptica como una evidente vencedora y como una vital tecnología en un futuro.

No obstante, en la actualidad tomando en consideración los actuales requerimientos de los usuarios de los hogares, las dos tecnologías son viables, dado a que proporcionan una óptima conexión con agilidad de más de 100, 200 o de 300 Mbps sin ningún inconveniente. Sin embargo, las grandes capacidades de la fibra óptica van a alcanzar que en unos cuantos años se cuente con la conexión simétrica superando el 1 Gbps, pero algo diferente es que se le pueda sacar ventaja a aquello.

## 4. Materiales y metodología

---

### 4.1 Diseño de la investigación

El propósito de este estudio es el de analizar la incidencia que tiene la utilización de las redes de GPON dentro de Ecuador frente a otras tecnologías del 2022 y su visualización de crecimiento, así como el evaluar el aspecto actual de la organización de las telecomunicaciones en los estándares nacionales para determinar las principales necesidades de accesibilidad a los establecimientos de las telecomunicaciones y analizar las redes de GPON en base a los siguientes lineamientos; QoS, rapidez del servicio, las escalas y los manejos de las redes, señalar las semejanzas y las diferencias con demás tecnologías que se basen en una fibra óptica para que se puedan transmitir los datos, además, por qué GPON contiene más beneficios, presentar los costos de aplicación de la red en base a los elementos y necesidades esenciales. Por lo que se va a implantar el diseño no exploratorio, dado a que se efectúa sin manejar arbitrariamente las variables. Se implementará de forma transversal debido a que se recoge los datos en un solo tiempo y en determinado momento (Oliveira, 2021).

### 4.2 Tipo de estudio

Se empleará la investigación de modo descriptiva para poder categorizar a la población investigada. En la cual se efectúa una exposición de narración, numérica y de gráfica bien especificada e íntegra de la realidad.

### 4.3 Análisis técnico de la tecnología GPON

El crecimiento de las redes ópticas ha creado una propagación de estructuras de la red que posibilitan el incrementar la rapidez y las capacidades con el objetivo de llegar a un abonado con la fibra óptica de FTTx, dichas redes podrían ser punto a punto o también como multipunto (Pereira & Jamhour, 2021).

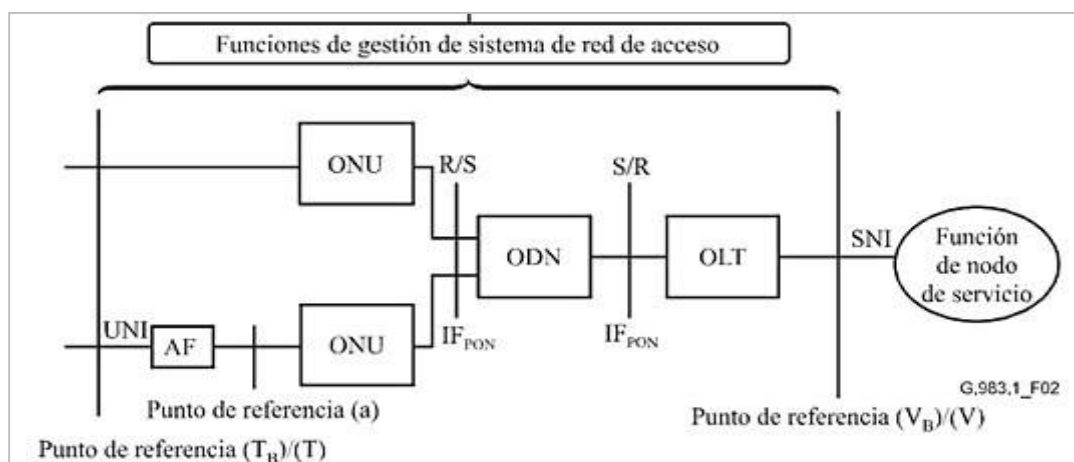
Las igualdades de las redes de un acceso óptico para distintas estructuras generan ambientes comunes con el fin de establecer los parámetros de cada sistema que nace, para optimizar los beneficios de las redes ópticas, sobre todo las pasivas en un ambiente en donde todo está globalizado por las tics y en donde los usuarios necesiten de mayores anchos de banda en los servicios de las telecomunicaciones (Florez & Villegas, 2021). Acorde a este aspecto, se evalúan todos los argumentos y las estructuras para la investigación de las sugerencias de ITU-TG. 984.x referidos de las redes de GPON e ITU-TG. 9807.X, las cuales son las referidas de las redes XGS-PON (Bernardi & Rodrigues, 2021).

#### 4.3.1 Estructura GPON

Las GPON nacen en la base especificada de las recomendaciones de ITU-T G. 983.1, misma que presenta una red que es genérica en la que se pueden ingresar optimizaciones de forma flexible con el propósito de responder a las obligaciones actuales y finales de los usuarios, aunque de forma muy limitada. Dicha red está conformada, a través de una ODN que otorga el tramo de la conexión entre la OLT y la unidad o múltiples de la ONU, mediante cables catalogados como fibra óptica. Es primordial el recalcar que la ONU brinda el método de entrega aplicada a los lineamientos e incorporando a las PDU PON en el borde del abonado (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

Figura 13.

Configuración de Referencia para GPON



Fuente: (Cortés, 2019).

La transferencia visual en la ODN se efectúa de forma descendente en el OLT/ONU y de manera ascendente en ONU/OLT solo con una fibra, partiendo de pasivos componentes, de manera de dúplex o también en fibras y en elementos que se encuentran separados (para poder obtener una comunicación que sea bidireccional), de manera simplex. Para los mecanismos de GPON dúplex, se debe tener un manejo de los componentes, debido a que este método se comporta de forma autónoma en lo que corresponde a la red de acceso. Para poder optimizar la fiabilidad de las redes de acceso se efectúa un método de conmutación mediante la función de OAM, éste podría ser de manera automática impulsando a detectar falencias o a través de la conmutación forzada que se impulsa por acontecimientos de orden administrativa (Cortés, 2019).

Para poder efectuar a la separación de los clientes en una sola fibra, se debe aplicar una comunicación que sea punto a multipunto a través de la multiplexación por la división del tiempo (TDM) para las transferencias de los paquetes dentro de la vinculación descendente, mientras que se aplica el acceso de forma múltiple por la división de tiempo (TDMA) para otorgar una comunicación punto a punto dentro del enlace ascendente. Para la transferencia de modo descendente, la OLT traspasa a los paquetes hacia una red de repartición, cuando el divisor óptico ha sido repartido hacia las demás ONU, cada una de estas efectúa un método de filtración de la información que está recibiendo, con el propósito de separar a los paquetes y tan solo darle el paso a quienes el ONU es el destino. Para el modo ascendente, todas las ONU envían la información a la cadena de distribución determinando una comunicación que es punto a punto a la OLT, misma que maneja el canal, fijando a las ventanas del tiempo de las ONU en concordancia al ancho de la banda señalado (Bances Piscoya & Rojas Puicon, 2019).

#### 4.3.2 Servicios soportados

Los suministros de la GPON, como un requerimiento exhibido dentro de la recomendación de ITU-T G.984.1, tienen que ser compatibles con los demás servicios previamente establecidos y con todas las proporciones de la banda ancha, con el propósito de otorgar el soporte a más servicios, clientes que son residenciales, organizacionales y comerciales. Dichos servicios se segmentan en los siguientes puntos:

- Productos de Datos, regidos en la normativa IEEE 802.3.

- PSTN, los servicios de POTS, redes telefónicas públicas, sujetos en el ISDN (BRI) para poder generar una rapidez de portadora de 144 Kbps, por otra parte, para PRI una rapidez de portadora del 1.544 Mbps y de 2.048 Mbps.
- Una línea que sea privada para los servicios que son de T1 y E1, DS3 y E3, que sean compuestas por las velocidades de portadoras concernientes a 1.544 Mbps, 2.048 Mbps, 44.736 Mbps y por último 34.368 Mbps, acorde con los servicios señalados.
- Video digital acerca de la IP de la alta calidad.

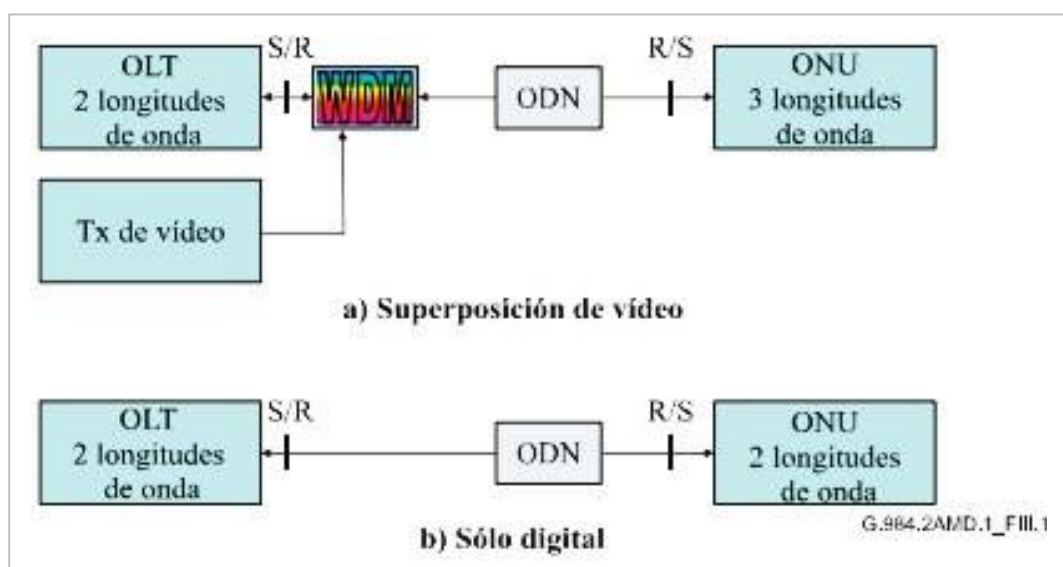
En lo que respecta a los servicios exhibidos, la duración media de retardo del traspaso de la señal, esta tiene que ser menor a 1.5 ms, dicha prolongación será referencial teniendo en cuenta el tiempo de la ida y de la vuelta, de forma continua se tendrá que segmentar para 2. De igual forma, este retardo de transmisión óptica en la fibra es de alrededor de 5 ns por cada metro de la fibra óptica (Ochoa D. F., 2019).

#### 4.3.3 Longitudes de ondas

Las longitudes de las ondas operativas acorde al modo ascendente para los sistemas que son de una sola fibra, se señalan en un rango de utilidad de 1480 a 1550 nm y en el aspecto del modo descendente de 1260 a 1360nm. En la actualidad dentro de los sistemas de GPON posibilita a dos aplicaciones, transferencia de modo simple de la información digital y del servicio con una superposición del video, mismos que se especifican en las recomendaciones de ITU-T G.984.2 (Santillán Lima, 2020).

Figura 14.

Aplicaciones de la tecnología GPON



Fuente: (Cortés, 2019).

En esa línea, se evidencian dos aplicaciones, la primera, es una implementación con la superposición de los videos, en la que se indica de una tercera longitud de la onda de 1550 nm establecida para la difusión de los videos, de igual forma, la normativa determina que, para la superposición de demás servicios se podría efectuar longitudes de las ondas superpuestas indicadas dentro de las recomendaciones de ITU-T G.983.3 (Estevez-Mendoza, 2020).

La segunda implementación, la cual es solo digital, determina una longitud de la onda para el tráfico de los datos de 1490 nm (corriente descendente) y para la corriente descendente el 1310 nm, se eligen dichas longitudes de la onda, dado a la disminuida de la atenuación que estas otorgan. Así mismo, dichas longitudes de onda, se implantan para poder sostener a la bidireccionalidad de la comunicación dentro de una sola fibra, a través del mecanismo de la multiplexación por la división de la longitud de las ondas o de WDM.

En torno a lo señalado, en la tabla se evidencian los lineamientos para la aplicación de las longitudes de onda, señalando un nivel de longitudes de las ondas intermedias establecidas para una utilización a futuro (IPTEL, 2021).

Tabla 4.

Parámetros para la asignación de longitudes de onda

| Elementos                             | Notación    | Unidad | Valor nominal | Ejemplos de aplicación                                                                     |
|---------------------------------------|-------------|--------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Banda de longitudes de onda de 1.3 um |             |        |               | Para uso en el sentido ascendente.                                                         |
| Límite inferior                       | -           | n      | 126<br>0      |                                                                                            |
| Límite superior                       | -           | n      | 136<br>0      |                                                                                            |
|                                       |             |        |               | Para uso Futuro Banda de reserva que incluye bandas de guarda para atribución por la UIT-T |
| Límite inferior                       | -           | n      | 136<br>0      |                                                                                            |
| Límite superior                       | $\lambda_1$ | n      | 148<br>0      |                                                                                            |
| Banda Básica                          |             |        |               | Para uso en el sentido descendente.                                                        |
| Límite inferior                       | $\lambda_1$ | n      | 148<br>0      |                                                                                            |
| Límite superior                       | $\lambda_2$ | n      | 150<br>0      |                                                                                            |
| Banda de mejora (Opción 1)            |             |        |               | Para uso en servicio digital adicional                                                     |
| Límite inferior                       | $\lambda_3$ | n      |               |                                                                                            |
| Límite superior                       | $\lambda_4$ | n      | 156<br>5      |                                                                                            |
| Banda de mejora (Opción 2)            |             |        |               | Para servicio de distribución de video                                                     |
| Límite inferior                       | $\lambda_3$ | n      | 1550          |                                                                                            |
| Límite superior                       | $\lambda_4$ | n      | 1560          |                                                                                            |

Fuente: (Cortés, 2019).



#### 4.3.4 Velocidad de transmisión

Los niveles de bits otorgados por el sistema de GPON generan dos combinaciones para las velocidades de las transferencias, ya sean simétricas como también asimétricas, se señalan como una tasa de 1.2 Gbps de forma ascendente y a la tasa de 2.4 Gbps de manera descendente, estas se efectúan dentro de los despliegues de los GPON actuales. Las tasas de transmisión contienen sus propias transferencias, las cuales son (Gúzman, 2018):

- 1.2 Gbps de manera ascendente y 2.4 Gbps de forma descendente
- 2.4 Gbps de manera ascendente y 2.4 Gbps de forma descendente

Dentro de las recomendaciones de ITU-T G.984.2, se señala una red de acceso de la fibra flexible (de modo de las velocidades de transferencias) que se le añaden servicios que soportan, desde la voz hasta todas las transferencias de los datos dentro de la banda ancha, con las velocidades específicas en los 1244.16 Mbps y 2.488.32 Mbps de modo descendente y además de 155.520 Mbps, 622.08 Mbps, 1244.16 Mbps y de 2488.32 Mbps de modo ascendente. Esta estructura posibilita respaldar a los requerimientos de la banda ancha de los servicios de comercialización y de residencia, acorde al medio físico como se establece a continuación:

- 155.52 Mbps de modo ascendente y 1244.16 Mbps de modo descendente.
- 622.08 Mbps de modo ascendente y 1244.16 Mbps de modo descendente.
- 1244.16 Mbps de modo ascendente y 1244.16 Mbps de modo descendente.
- 155.582 Mbps de modo ascendente y 2488.32 Mbps de modo descendente.
- 622.08 Mbps de modo ascendente y 2488.32 Mbps de modo descendente
- 1244.16 Mbps de modo ascendente y 2488.32 de modo descendente.
- 2488.32 Mbps de modo ascendente y 2488.32 Mbps de modo descendente.

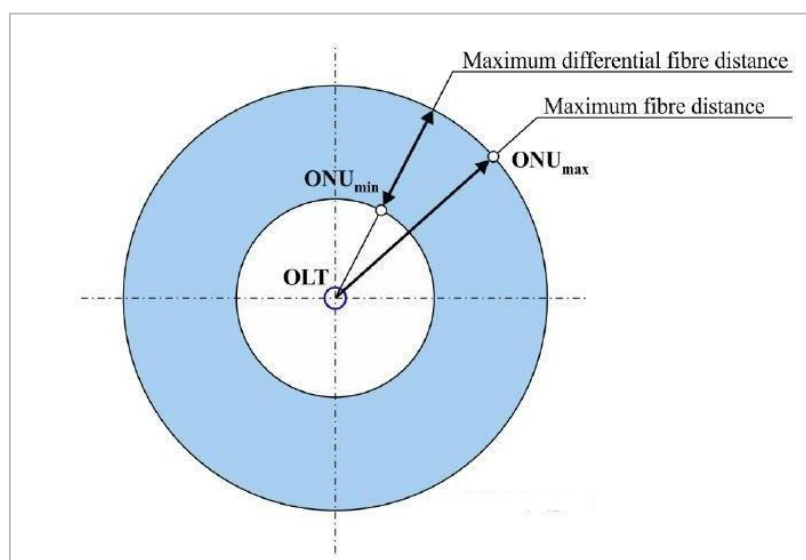
El acaparamiento de convergencia de transferencia de GTC (GPON transmisión de convergencia) concierne el transporte de la duración de 8 KHz y además una señal de informe de 1 kHz que sea proporcional por la OLT de la ONU a través de una señal de manejo, por lo que, las velocidades nominales son las variadas de 8KHz

### 4.3.5 Alcance

El intervalo máximo de diferencia se señala de 20 Km, en otras palabras, que hay una referencia de valores mínimos y además valores máximos para lo que el alcance del ODN puede equiparar una funcionalidad pertinente. Dentro de la figura se evidencia la distancia que debe existir entre la ONUmin y entre la ONUmax (Puerto Leguizamón, 2018).

Figura 15.

Distancias entre ONU y OLT



Fuente: (Cortés, 2019).

### 4.3.6 División de la potencia óptica

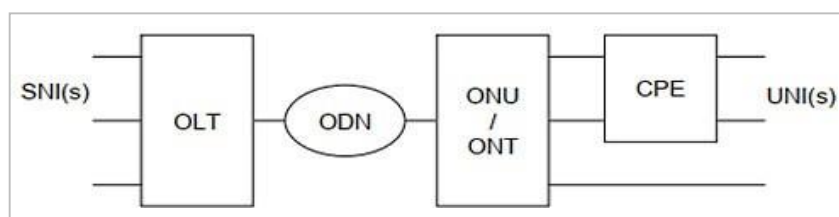
Otros de los aspectos más relevantes es la segmentación de las potencias ópticas dentro de la ODN que se conforman para el agrandamiento del número de usuarios. La normativa señala que la relación de la segmentación es la más adecuada, misma que posibilita a una menor concentración en el presupuesto óptico, así mismo esta relación de la segmentación permite a un ancho de banda pertinente promedio para una garantía de los servicios otorgados. El progreso inmutable de la OLTs mantiene la relación de la división solo hasta 1:128, sin embargo, ya en la práctica las operadoras siguen funcionando a la relación de las divisiones (Rodas, 2017).

### 4.3.7 Arquitectura de sistemas

En base a un sistema de típico de GPON, la recomendación de UIT-T G. 984.1, otorga variantes ya sea para la OLT así también como ONU, con el propósito de generar múltiples servicios (More & Argandoña, 2019).

Figura 16.

Sistema Genérico GPON

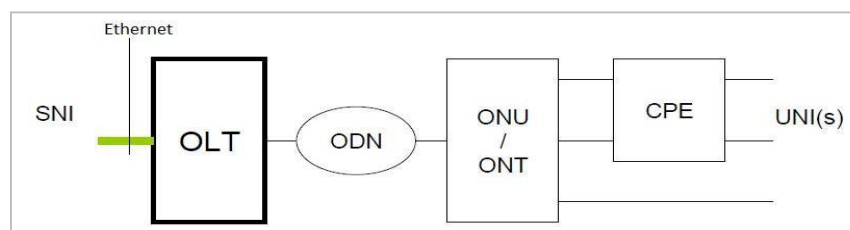


Fuente: (Llangari, 2020).

La manera más sencilla o el aspecto de OLT, es los que una OLT evidencia, que solo genera una operación de adaptación, aunque no se necesita cierta fase de operación de adhesión del Ethernet, como se evidencia a continuación.

Figura 17.

Escenario OLT puro

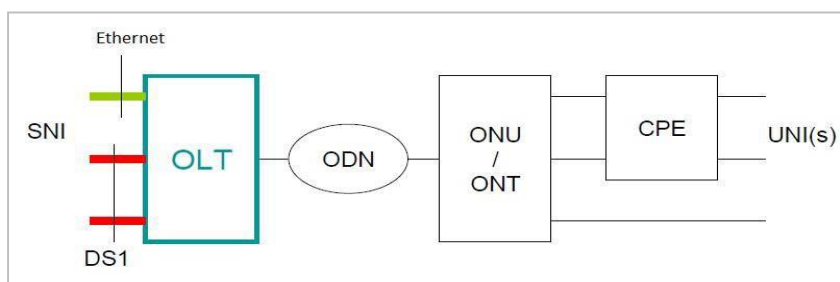


Fuente: (Llangari, 2020).

La variante segunda o el escenario, es más reconocida como la OLT de producción, esta normal función se las constituye para los enlaces de las voces y además la emulación de los circuitos de TDM, como se visualiza dentro de la figura y además evidencia beneficios prácticos y económicos (Priano & Pacheco, 2021).

Figura 18.

Escenario OLT de preparación

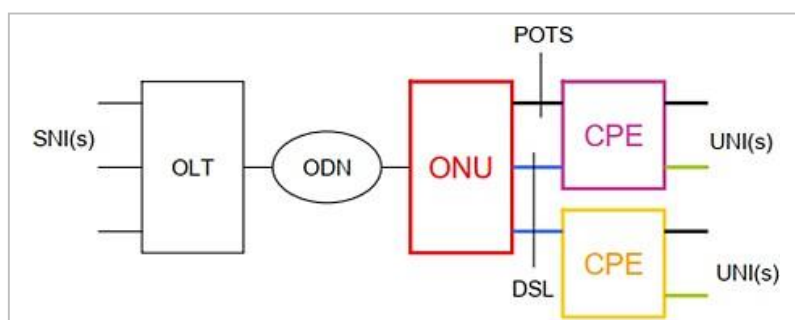


Fuente: (Llangari, 2020).

Las operaciones de las ONUs otorgan diferentes variantes que van a depender de los servicios que se agregan y que se disponen en la reseñas de FTTH, FTTB y FTTC, acorde a las dos últimas, se señalan interfaces que se basan en el cobre, por lo que la normativa señala un ambiente en donde la ONU genera las interfaces de POTS y de VDSL al usuario y al otro, en la que se otorga solo un rango del VDSL, como se visualiza dentro de la figura.

Figura 19.

Escenario ONU VDSL/POTS



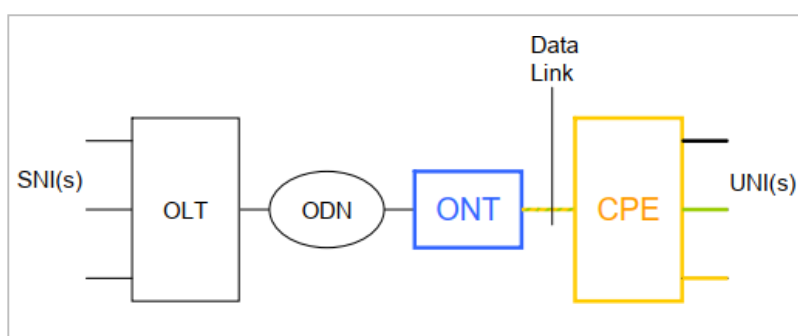
Fuente: (Llangari, 2020).

Para el aspecto de las configuraciones señaladas dentro de la topología FTTH, para la ONU se la podría establecer como un ONT. Para este aspecto se pueden establecer 3 variantes, las cuales son: Modem GPON, ONT integral o como una compuerta

residencial. El aspecto más sencillo del ONT es el efectuado como el modem GPON, el mismo que desarrolla una interconexión y operación de la capa 1 y de la capa 2, entre lo que es la interfaz óptica de GPON y del sistema de los enlaces de datos, como se especifica en la figura. La corriente de los servicios se transporta mediante el enlace de los datos al que es el equipo local del usuario CPE, el cual es quien se encarga del manejo de los servicios (Brasil, 2020).

Figura 20.

#### Escenario Modem GPON

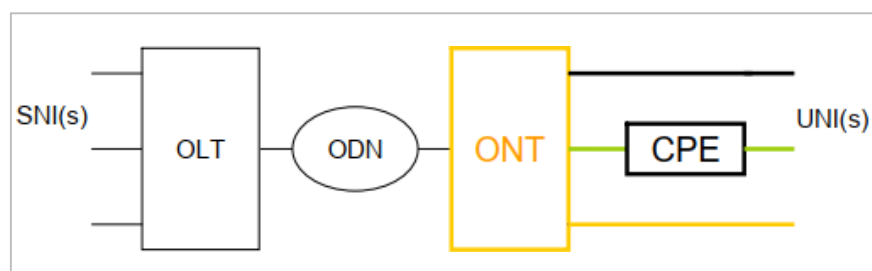


Fuente: (Llangari, 2020).

Otro de los aspectos para la FTTH, es la agrupación del modem de GPON y del CPE, denominado ONT integral. Si bien, dentro de la práctica se sitúa usualmente a un CPE dentro de la morada, este aspecto es el que otorga la adhesión de ciertas operaciones de la gestión para las distinciones de los compromisos dentro del control y del manejo de los servicios.

Figura 21.

#### Escenario ONT Integrado

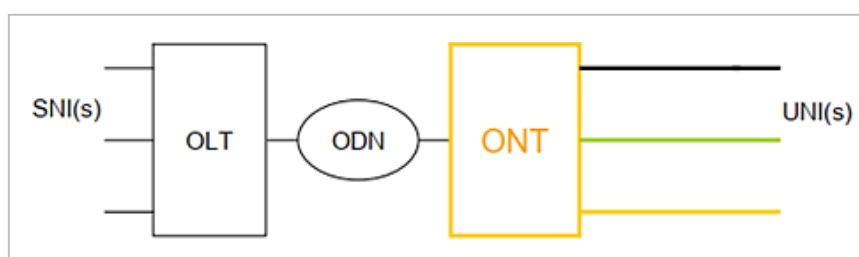


Fuente: (Llangari, 2020).

Para optimizar a la seguridad y a la interconexión, se evidencia el aspecto de la compuerta residencial que añade a las operaciones dentro de la capa 3 en la ONT y que otorga la integración de la CPE en la ONT integral, incorporando un recurso de traslado de firewall y demás, como se evidencia dentro de la figura.

Figura 22.

Escenario ONT Compuerta Residencial



Fuente: (Llangari, 2020).

Dichas variantes señalan ambientes para poder respaldar a la agrupación de los servicios, las corrientes de los datos, los servicios de estos y la integración de los circuitos y demás (D. H. Alustiza, 2020).

## 5. Resultados y discusión

---

El sistema PON ha progresado exponencialmente de manera global, siendo la GPON como esta, la más popular. Dicho mecanismo ha posibilitado el acentuar a las bases de la arquitectura de las telecomunicaciones con las prestaciones de las órdenes de los Gbps, para su aprovechamiento y las velocidades no son las óptimas para brindar una red de acceso adecuada para que se desarrollen los servicios de multimedia en tiempo real y con un elevado control de la transferencia de los datos enfocados: al desenvolvimiento de la tecnología 5G para todos los móviles sistemas y también al IoT. Por otro lado, el sistema de XGS-PON, brinda ventajas, las cuales posibilitan y otorgan mayor calidad y nivel de los servicios para poder garantizar los requerimientos de los clientes. No obstante, el progreso y la dimensión de las soluciones regidas en las redes de PON necesitan que las organizaciones tengan en consideración varios aspectos para su aplicación. Conforme a la recomendación de UIT-TRec L. 42, las compañías deben tener en consideración para elegir o para crear una red de acceso óptica a su progreso (cantidad de las fibras, la longitud de los cables de fibra), dimensión, función (rapidez, trayecto de recorrido) la tolerancia de la red y los valores de construcción y también de mantenimiento (Nevárez-Toledo, 2020).

De acuerdo a lo anterior expuesto, es necesario el otorgar una evaluación de comparación de todos los recursos: como son las interfaces, de los nodos de servicios, de los usuarios, entre otros. Dichos recursos se deben respaldar en una estructura o una topología de las redes de acceso con una coexistencia o migración para los sistemas de GPON y XGS-PON, con el propósito de seleccionar una opción que respalde óptimas prestaciones.

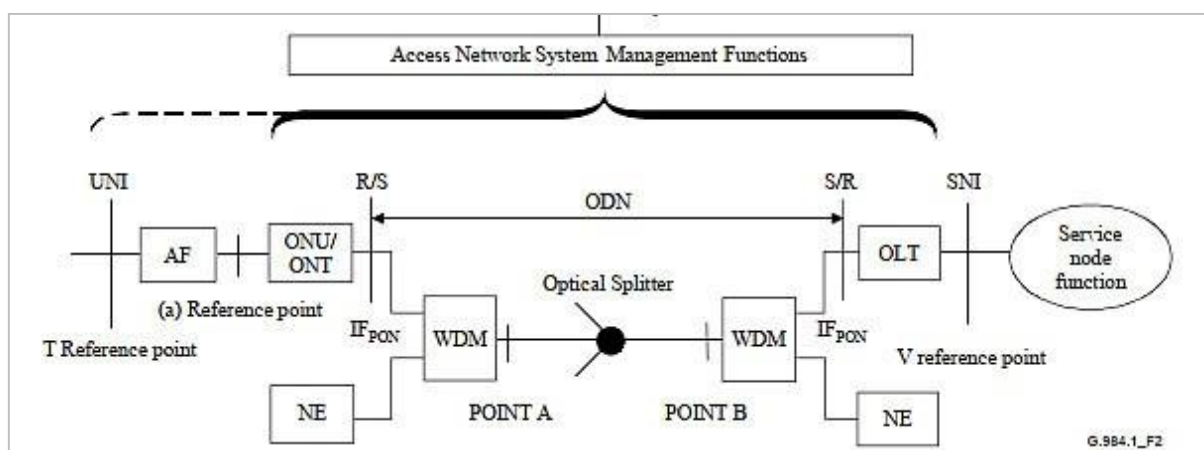
## 5.1 Análisis comparativo de la tecnología GPON y la XGS-PON

Las configuraciones, ya sea en el sistema de GPON como en lo que es XGS-PON, se basan en una red que es flexible. Para GPON, se representa como una estructura sencilla, la misma que tiene una red de acceso óptico que se describe en la ITU-T G. 983.1, por otra parte, para XGS-PON se exhibe como una configuración más extensa o de un nivel más avanzado que se compone de las proporciones mostradas dentro de las recomendaciones ITU-T G. 983.x, G.894.1 y G.987.x (Samaniego-Moncayo, 2020)

Teniendo en cuenta lo revisado previamente, se determina a una estructura parecida y sencilla que se basa en los recursos como OLT, ODN y ONU/ONT, ya sea para la GPON como para que XGS-PON. En torno a ello, GPON incorpora herramientas que posibilitan la adhesión de distintas longitudes de las ondas con el objetivo de incrementar los servicios que se ofrecen como en el aspecto de la superposición de video, por lo que se adhiere un módulo multiplexor como por división de las longitudes de ondas y un recurso de las redes que emplea distintas longitudes de ondas para la anterior mencionada incorporación, en el ingreso de la ODN como para su salida, como se visualiza en la figura (Samaniego-Moncayo, 2020).

Figura 23.

Configuración de GPON



Fuente: (Escallón-Portilla et al., 2020).

El sistema de XGS-PON incorpora esta estructuración y además añade los elementos de alcance, mismos que se han descrito con anterioridad, mostrando una estructura

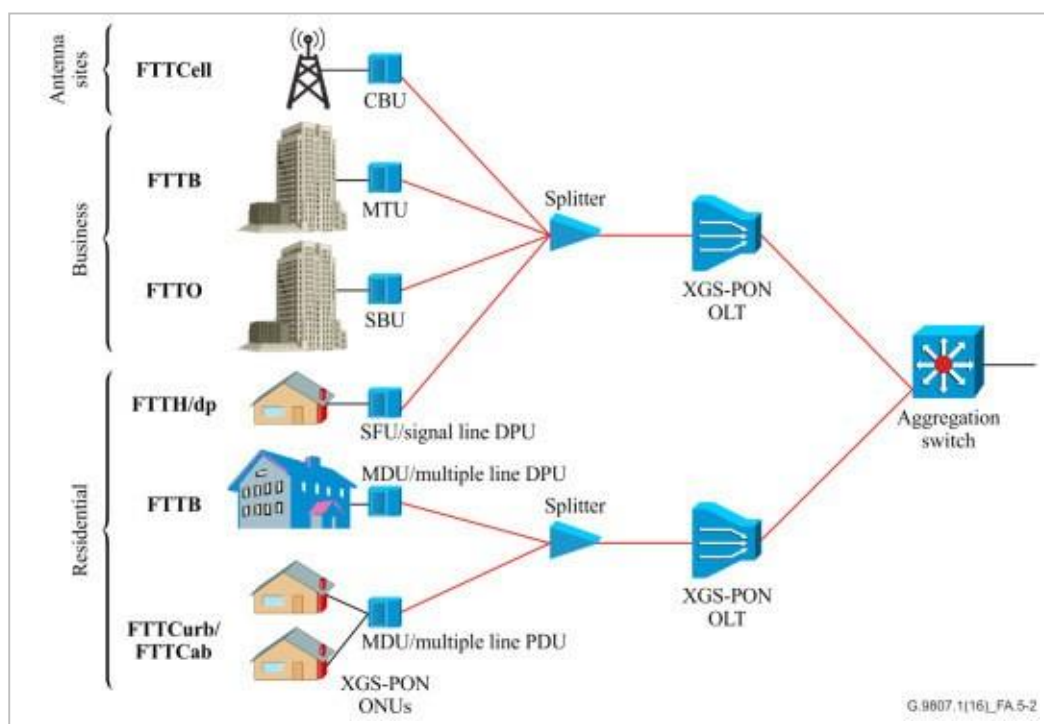


conformada de una ODN mixta en la que se genera divisiones que son específicamente pasivos y divisiones con recursos activos como regeneradores o las amplificaciones ópticas; por ello, se genera una agrupación de propiedades para un desarrollo óptimo entre las distintas tecnologías con el propósito que los ajustes o las actualizaciones no creen las realizaciones de las nuevas adecuaciones de la ONU, sino que incida en una incorporación de innovadores bloques que se complementen.

Por otro lado, la ITU-T dentro de las series G.984.x y G.9807.x representa a una estructura de la red de los accesos ópticos que posibilitan el tolerar distintos servicios y operaciones conforme a una dimensión de las fibras, que va desde la cabecera hasta el abonado y estrechos cercanos, ya sea punto por punto como también punto a multipunto. Por otro lado, GPON tolera ambientes tales como FTTH, FTTB, FTTC y además FTTCab, por otra parte, el XGS-PON generando su potencial tolera a los señalados en el GPON, FTTCcell, FTTO y FTTPdp, como se visualiza en la figura (Veloz-Chérrez, 2020).

Figura 24.

Escenarios XGS-PON



Fuente: (Cortés, 2019).

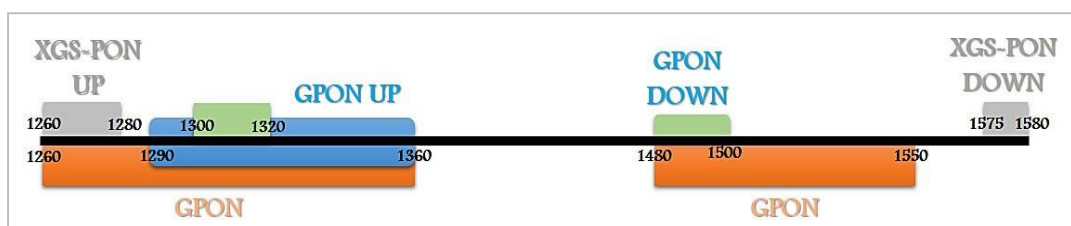
### 5.1.1 Comparación de parámetros técnicos

Los servicios tolerados van a estar sujetos a los escenarios otorgados y los aprovechamientos o las tolerancias de la banda ancha, que añaden a los sistemas con el objetivo de dimensionar su aplicación. Los servicios que se han ofrecido por las dos tecnologías son los servicios asimétricos y los servicios simétricos de la banda ancha son POTS o ISDN, líneas especificadas en E1 y T1, VoIP e IPTV. Junto con la integración de las nuevas escenas, XGS-PON proporciona: servicios que son de calidad como backhaul móvil, conexiones digitales ethernet e internet de elevada velocidad. XGS-PON y GPON compondrán una demora media del 1.5 ms y una demora de transferencias ópticas de 5ns por metro de la fibra óptica, lineamientos que se deben proteger sobre todo en XGS-PON debido a que se requiere mantener una sincronización para impedir que se degrade la transmisibilidad del flujo, por la transmisión de los tramos más extensos.

Dentro de la transferencia se evidencian las bandas de las operaciones ya sea para las GPON así también como para XGS-PON y así lo determinado expuesto por las normativas, posibilitando a una coexistencia de las dos tecnologías (Valdiviezo Black & Valencia Barahona, 2020).

Figura 25.

Rangos de Longitudes de Ondas para coexistencia GPON y XGS-PON



Fuente: (Cortés, 2019).

El nivel de las longitudes que se asocian a las GPON se representan con una coloración naranja, el color azul con un nivel para los enlaces que son ascendente de las XGPON, el mismo que origina una aminoración del nivel de las longitudes de las ondas de GPON, dichos niveles se definen con el fin puntual de otorgar una coexistencia del XGPON, GPON y los servicios del video.

Para el caso de los XGS-PON, el rango de las longitudes de las ondas de las operativas son las provenientes de las GPON y XGPON; en este aspecto se representan a dos agrupaciones o las opciones: dentro del conjunto más sencillo (aspecto gris) que vuelve a utilizar a las longitudes de la onda de XGPON, mediante un modelo TDMA ascendente y TDM descendente; y en la segunda agrupación (aspecto verde) que se basa en una reutilización de la longitud de las ondas de GPON.

El motivo de estas modificaciones dentro de las longitudes de onda es posibilitar la coexistencia de varios servicios en una igual red de PON, adicional a ello de la gestión y de la ejecución de las actualizaciones, dicho movimiento de las tecnologías son inconvenientes, es por ello que sus longitudes de las ondas de XGS-PON son distintos que los niveles establecidos por los antecesores, pero que se encuentran dentro de la ventana de una transmisión general para su incorporaciones, adicional a ello posibilita a una coexistencia mediante una superposición de las longitudes de onda.

### **Especificaciones de atenuación de la ODN**

La exclusividad de las redes, fuera de lo que es el sistema, se cataloga por la revisión de los siguientes lineamientos: la máxima diferencia de desgastes entre los trayectos ópticos dentro de la ODN, el máximo valor de las pérdidas de los trayectos permitidos, fruto de la diferencias entre lo que es la mínima potencia de salida dentro del transmisor y la máxima sensibilidad del aceptador, el mínimo valor de las pérdidas que se admiten, fruto de la diferencias entre lo que es la potencia máxima de salida de la transmisión y la mínima sobrecarga del receptor (Parada Medina, 2019).

Las escalas apropiadas de las pérdidas para la ODN se pueden computarizar añadiendo a las pérdidas de los demás elementos ópticos en lo extenso del tramo, como se visualiza en la tabla, la amplitud de los valores de perdidas dentro de la ODN ya sea para GPON como XGS-PON.

Tabla 5.

Clases de pérdidas en el trayecto óptico (ODN)

| Parámetro        | GPON       | XGS-PON         |                   |
|------------------|------------|-----------------|-------------------|
|                  |            | Conjunto Básico | Conjunto Opcional |
| Pérdidas mínimas | 10 a 15 dB | 14 a 20 dB      | 13 a 17 dB        |
| Pérdidas máximas | 25 a 30 dB | 29 a 35 dB      | 28 a 32 dB        |

Fuente: (Cortés, 2019).

### Velocidad de transmisión

GPON se compone por la rapidez de la transmisibilidad la cual es 2.4 Gbps ya sea ascendente como descendente y de 1.2 Gbps ascendente y de 2.4. Gbps de orden descendente, por otra parte, XGS-PON otorga a las velocidades aún más superiores, dentro de los 10 Gbps ya sea ascendente como descendente y en los aspectos propuestos por el 2.5 Gbps ascendente y además 10 Gbps descendente (D. Alustiza, 2019).

XGS-PON genera más velocidades por los tramos de XGEM los cuales son aptos para transmitir 155520 bytes dentro de 125 us, la cual corresponde a una velocidad de 10 Gbps, y, por otra parte, las transmisión de GEM que tienen una menor dimensión de los bytes.

Para que pueda XGS-PON obtener velocidades que sean de 10 Gbps de forma simétrica a las longitudes de las ondas específicas, dentro de la normativa IUT-T G.9807.1 se sugiere la utilizations de los detalles de la capa estructural y de los módulos ópticos PR30, mismos que se describen dentro del convenio IEEE 802.3bk. Los lineamientos inciden que las pérdidas del retorno óptico contengan una mínima de 20 dB, con el fin de soportar a las reflexiones. Otros de los puntos a tener en consideración es la relación con la señal de codificación digital que se genera por el óptico transmisor, de 6 dB. Dicha propiedad posibilita a su vez que, XGS-PON pueda funcionar con más de 20 km de fibra.

Esta optimización dentro de la velocidad de transmisión posibilita el añadir servicios de las redes de una generación próxima que se rige en paquetes, en conjunto a los servicios de TDM y POTS empleando una simulación o emulación de estos (Fernandez, 2019).

### Niveles de potencia de dispositivos OLT y ONU

Los rangos de atenuación de la potencia óptica que se recomiendan para XGS-PON, se ubican dentro de la clase N1, debido a que señalan menos pérdidas, por otro lado, para GPON se recomienda operar con la clase B+ por su eficaz enfoque en método de atenuaciones. Por tal motivo es que se comparan estas dos maneras, en las que se puede evidenciar que la máxima potencia ingresada dentro de la OLT contiene un valor semejante para GPON y para XGS-PON, pero si se elige un tipo como E2, la potencia es e +11 dBm, incrementando el valor del tipo B+. La sensibilidad y el exceso dentro de la OLT son casi iguales ya sea para la clase N1 y para el B+ (Pérez Almeida & Puerto Leguizamón, 2018).

En lo que respecta a la ONU, es más evidente en lo que concierne a la mínima y a la máxima proyección que se inyecta, en donde la intensidad de la potencia que respecta a la clase N1 es 8 veces más activa que la densidad en la clase B+. La sensibilidad y además la sobrecarga dentro de la ONU son casi semejantes para ambos sistemas de GPON y de XGS-PON. Los valores antes mencionados se pueden detallar dentro de la tabla.

Tabla 6.

Niveles de potencia óptica para GPON y XGS-PON

| Características                 | Unidad | Valor   | Valor    |
|---------------------------------|--------|---------|----------|
| <b>Tecnología</b>               |        | XGS-PON | GPON     |
| <b>Clase de ODN</b>             |        | N1      | B+       |
| <b>OLT</b>                      |        |         |          |
| Mínima potencia media inyectada | dBm    | +2      | +1.<br>5 |
| Máxima potencia media inyectada | dBm    | +5      | +5       |

|                                           |     |     |      |
|-------------------------------------------|-----|-----|------|
| Mínima sensibilidad                       | dBm | -26 | -28  |
| Mínima sobrecarga                         | dBm | -5  | -8   |
| Degradación óptica en sentido descendente | dB  | 1   | 0,5  |
| <b>ONU</b>                                |     |     |      |
| Mínima potencia media inyectada           | dBm | +4  | +0,5 |
| Máxima potencia media inyectada           | dBm | +9  | 5    |
| Mínima sensibilidad                       | dBm | -28 | -27  |
| Mínima sobrecarga                         | dBm | -9  | -8   |
| Degradación óptica en sentido descendente | dB  | 1   | 0.5  |

Fuente: (Cortés, 2019).

### Alcance

Las dos tecnologías señalan que la distancia permitida es de 20 Km, en el aspecto de GPON, se determina un alcance físico que va desde 10 a 20 km. Para el caso de XGS-PON, la cubierta de XGS-PON TC debe otorgar el respaldo de las necesidades de XGPON con una máxima distancia que es de 60 km que posibilita el estructurar la distancia de la máxima fibra diferencial con un traspaso de 20 km, sujeto a las alternativas de la configuración señaladas, conforme a la utilización de los extensores (Carlesso & Ahlert, 2018).

La máxima distancia diferencia entre las ONUs por los lineamientos de sincronización, van a depender de los 20 km. Si se llegase a pasar los 20 Km de diferencia, es complejo y casi imposible que se pueda sincronizar por las distintas demoras que se producen por las ONUs. Por otro lado, las OLTs dentro de XGS-PON posibilitan que se realice la configuración de la ONU a una prolongación de hasta 40 km, pero para poder garantizar dicha sincronización se requiere que se reduzca el nivel de la división de la óptica con el propósito de ajustar los rangos de la disminución de la ODN.

### **División de la potencia óptica**

La práctica ha creado configuraciones de la ODN que se relacionan con la segmentación de 1:32 a 1:64, la cual es la sugerencia para la GPON, ab diferencia de XGS-PON como un requerimiento básico, necesita de 1:64. Para los ambientes de optimización en la capacidad general de XGS-PON se podría efectuar una extensión de alcance para optimizar el presupuesto óptico y posibilita una mayor división (Guevara Henao, 2018). Dentro de la práctica, estos desarrollos se deben al ingreso de estructuras de divisor desproporcional, mismos que dividen de manera desigual lo que es la potencia óptica entre los puertos del divisor, posibilitando que, al incrementar los niveles de la potencia óptica, la relatividad de la división se modifique, creando más efectivo el beneficio de la energía para otorgar los servicios que se ofrecen por las redes a las distancias más prolongadas.

### **Arquitectura de elementos activos**

Las estructuras tradicionales, ya sea para la OLT como la ONU, presentan varias semejanzas para GPON y XGS-PON ya que se rigen del diagrama sencillo de los recursos de una red que es de acceso óptico y plantean una flexible red para que las distintas tecnologías puedan coexistir para el beneficio del crecimiento de las redes y que, posibiliten una despliegue con más velocidades de transmisibilidad y prestaciones de los servicios más dimensionados, sin el requerir efectuar una modificación total de todas sus redes y sus elementos (Tinini, 2022).

La semejanza entre las estructuras se basa a que las tecnologías GPON y XGS-PON mantienen sus arquitecturas bases para las implementaciones de la planta externa, esto se debe a que las operaciones básicas se enmarcan en las máquinas de capa 2 y con ciertas operación de capa 3, mismas que tienen referencia al Ethernet para que otorguen conexiones junto con conmutadores en la cabecera, con el objetivo de generar fiabilidad y alejar a los protocolos para una correcta operación de estos.

## **Integración de los servicios y tráfico de los datos**

En relación a los flujos de datos, para las dos tecnologías los flujos de Ethernet dentro de la ONU se derivan de la capa TC, si bien ciertas cubiertas pueden efectuar un enlace con proceso de direcciones MAC y se emplean iguales servicios de XDSL (Ionos, 2019).

XGS-PON para optimizar a la interoperabilidad de la cual GPON otorga una señal de la funciones señaladas de la VLAN ya sea para OLT como ONU, debido a que estos tienen la responsabilidad de todo el nodo de acceso de la VLAN. Para el aspecto de la OLT, se determinan las funciones de VLAN, en cambio, las ONUs proporcionan Servicios Ethernet, organizaciones que se rigen en VLANs. Dichos VBES posibilitan una admisión de las etiquetas a las rutas no etiquetas posibilitando que se realice un flujo de datos entre la ONU y la OLT, en una puntual dirección para que la transmisibilidad se efectúe desde la OLT hacia la red, mediante una interfaz de Ethernet a través de las conexiones a los dispositivos que son de enrutamiento de los bordes o de la agregación.

XGS-PON se añade al servicio de G. fast la misma que brinda una posibilidad de rapidez de 1 Gbps acerca de redes que existen de cobre, que, en conjunto con la expansión de fibra hasta un punto de acceso, armoniza a los mejores aspectos de dicho medio y de la tecnología de DSL, mediante la gestión dual de la ONU para la UNI.

Para lo que concierne el servicio de la multidifusión, el servicio lógico se proporciona mediante la UNI Ethernet, la señal que genera la IETF IGMP, dentro de las versiones de 2 o de 3 para la Ipv4 ya sea para GPON como también para XGS-PON, para XGS-PON se incluye a MLDPv2 y para IPv6.

Los servicios de la voz se gestionan de igual manera, teniendo en referencia a los criterios de la ITU-T G. 984.4 para lo que respecta a GPON e ITU-T y para lo que concierne a XGS-PON. La diferencias de las dos redes, es que por una parte GPON dentro del punto POST UNI añade un punto ISDN de una velocidad completa para la garantía de los servicios del rango físico y este bloquee señales a entidades de manejo de un Inter funcionamiento.

Por parte de la emulación de los circuitos, el modelo de GPON diferencia opciones que otorgan el servicio del TDM con transmisiones de unidades de SDH mediante los puertos de GEM que se aplican cuando el servicio de TDM finaliza en la OLT, mientras que el manejo de la ONU lo efectúa la OMCI.



Para el aspecto de la XGS-PON, de la parte del transmisor, la subcapa de incorporación admite los usuarios, efectúa a la división y señala a un ID de puerto XGEM de los tramos de los datos de clientes y el nivel de las interfaces del manejo y del control de la ONU; para la parte del receptor, dicha subcapa admite una carga útil de los tramos, efectúa la delineación de las tramas de XGEM y las traspasa para la operación de los ID de puerto. De la subcapa del entramado efectúa la construcción y la evaluación de los campos generales.

La operación, el mantenimiento y el manejo de la ONU se efectúa a través de: un OAM de forma integral, de una PLOAM y además de una OMCC, por otro lado, las ONU y las OLT emplean a los puertos de XGEM para tolerar el flujo señalados de manera lógica para administrar el tráfico para cada cliente. Para el aspecto de las corrientes IPTV o de los servicios que se basan en los lineamientos de encaminamiento RIP, habrá diferentes puertos de XGEM específicos compartidos por las ONUs

Para el aspecto de la sincronización de la ONU, se identifican estructuras que posibilitan la coexistencia de las tecnologías de PON, para esto emplea una estructura que es de 32 bits, de los que, 4 de ellos señalan al canal desconcentro que otorga la longitud de las ondas para una coexistencia, para el aspecto de la red 100% XGS-PON, estos, se transforman en 0 todos en los dos sentidos, tanto ascendente como descendente para poder configurar a la sincronización de las ONUs.

La fuente de protocolos que se transporta por las diferentes clases de tráfico de XGS-PON otorgan a superiores prestación, en comparaciones de la GPON, por ejemplo, de la utilización del protocolo de la conmutación de las etiquetas (MPLS), que, en base a las sugerencias de la ITU-T G. 9807.1 posibilitan no solo al uso de las troncales redes sino de las redes de acceso (Dias, 2018).

### **Análisis de la coexistencia de GPON y XGS-PON con las redes en la actualidad**

Las estructuras PON normalmente han progresado para optimizar las velocidades de los datos y como efecto, los servicios otorgados, debido a los requerimientos de los clientes. La aplicación de la tecnología dentro del Ecuador se ha enfocado en dar servicio de banda anchas, sujetas a las redes de GPON (Leal Romero, 2020).

La aplicación de las tecnologías de la familia PON, comprenden a la identificación de los requerimientos de las estructuras tecnológicas que existen para la prestación de los

servicios, mismos que cumplen con toda la exigencia del servicio, calidad y a su vez contenga una cobertura de territorio, mediante una ampliación y topología, misma que se considere como inversión y que tenga en cuenta a las propiedades de referencia ya sea a CAPEX y a OPEX, comprendiendo por la primera como los expendios, en otras palabras el mantenimiento y la ampliación, por otra parte el OPEX son los valores que se gastan en la explotación que se le atribuyan a los precios de servicios: infraestructura o sistemas, teniendo en consideración también los valores de los trabajadores y demás gastos de función de las instalaciones.

Para asegurar a las inversiones, quienes son los proveedores de los servicios tienen que manejar cuales son las actualizaciones que pueden funcionar en la ODN que existe en la coexistencia con la tecnología obtenido, en este aspecto, dicha tecnología es la de GPON, siempre y cuando se asegura al mecanismo de no tener mínimos impedimentos o falencias (García-Algarra, 2018).

### **Lineamientos y escenarios de coexistencia**

XGS-PON fusiona a las elevadas velocidades de los datos y de la eficacia de CAPEX, misma que es compatible con la de XGPON o de GPON, la cual posibilita a una reutilización y convivencia total de la estructura existente pasiva. Es necesario explicar, si bien, en la actualidad la tecnología más innovadora es la de XGPON2 de la familia de PON, la migración más gradual con los precios accesibles es lo que se ofrece en GPON a XGS-PON, dado a que esta última posibilita cuatro veces más la cabida en las direcciones ascendentes a un precio semejante debido a la utilización de una red de acceso igual.

El desarrollo clásico gestiona que se logre una agrupación de longitudes de ondas, las cuales posibilitan a una coexistencia sin disconformidad de las dos tecnologías, dado que no solo genera ambientes de una total migración sino también de coexistencia. Es decir, se requiere de elementos que sean de coexistencia e inclusive de los grupos de trabajos y de quienes lo han elaborado con el fin de que las distintas longitudes de ondas podrían ser compatibles, aspecto que genera una posterior evolución (Prieto, 2018).

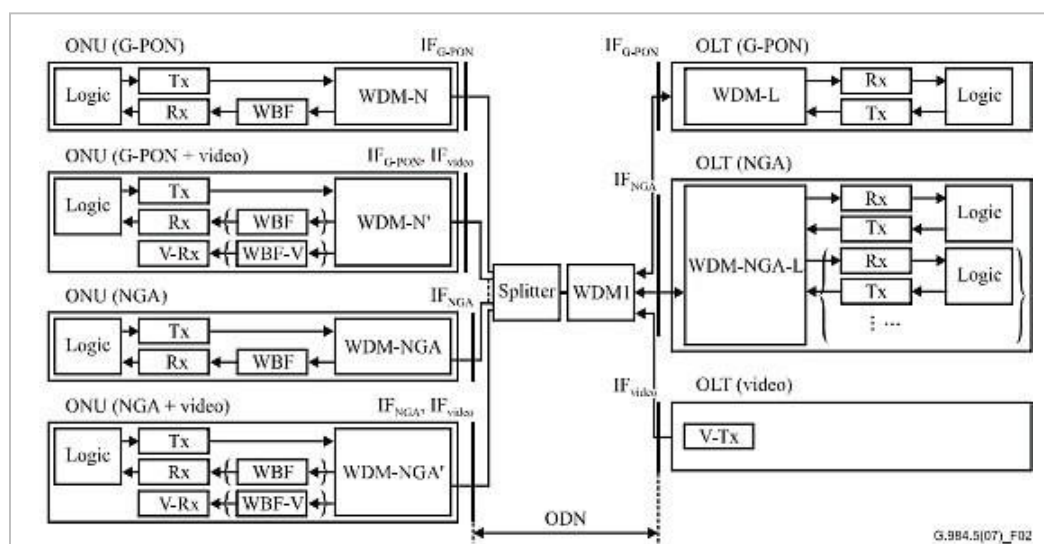
Los ambientes principales que se presentan están enfocados a una rentabilidad, orientados en la OLT con el fin que se aplique a través de un equipo que sea independiente o con el ingreso de los bloques dentro de los racks existentes, mismos que permiten una ampliación gradual.

La sugerencia de la ITU-T G.9807.1 muestra ambientes referenciales de la migración como lo son brownfield o greenfield, de los dos, el primero otorga escenarios de aplicación en la cual ya hay mecanismos de PON, por otro lado, greenfield, otorga la sustitución de una infraestructura que ya existe de cobre o de la aplicación de un mecanismo que es totalmente innovador.

Así mismo se puede orientar en el de brownfield, cuya finalidad es el de beneficiarse de la estructura de una fibra que ya existe para otorgar servicios que tienen mayores de la banda ancha y que tienen mayor velocidad, además que cumpla con toda la coexistencia de GPON y de XGS-PON dentro de la misma fibra, se reduzca la complicación del servicio para los usuarios y que no ingrese en la ventana de actualización, adicional, que XGS-PON acepte o derogue a todos los servicios provenientes de GPON para lo que concierne una completa migración. La recomendación de la ITU-T G. 984.5 señala a un diagrama de estructura dentro de la red de acceso óptico para efectuar una coexistencia de GPON con las redes de acceso NGA, DOCSIS y para las redes de HFC, FTTx, entre otras, además servicios de distribución de los videos, visualizados en la figura (Costa, 2019).

Figura 26.

Diagrama de la arquitectura de la red de acceso óptico



Fuente: (Cortés, 2019).

El diagrama determina referencias en torno a los elementos que se consideran como requerimientos para los ajustes en lo que concierne a la ODN y de los flujos de los

bloqueos de longitud de las ondas (WBF- Wavelength Blocking Filter) con el objetivo de impedir que la ONU pueda recibir señales de ópticas no requeridas con distintas longitudes de las ondas, no impidiendo por los diseños o las aplicación en el futuro.

Es relevante el destacar, que dentro de la figura, se visualiza a la ODN el dispositivo de WDM1 con el propósito de señalar cual es la red de acceso, misma que puede ser sustituida por el filtro WDM1r, una herramienta de coexistencia CE o una herramienta de multiplexor, los cuales que pueden tener diferentes configuraciones en relación a qué clase de servicio generan.

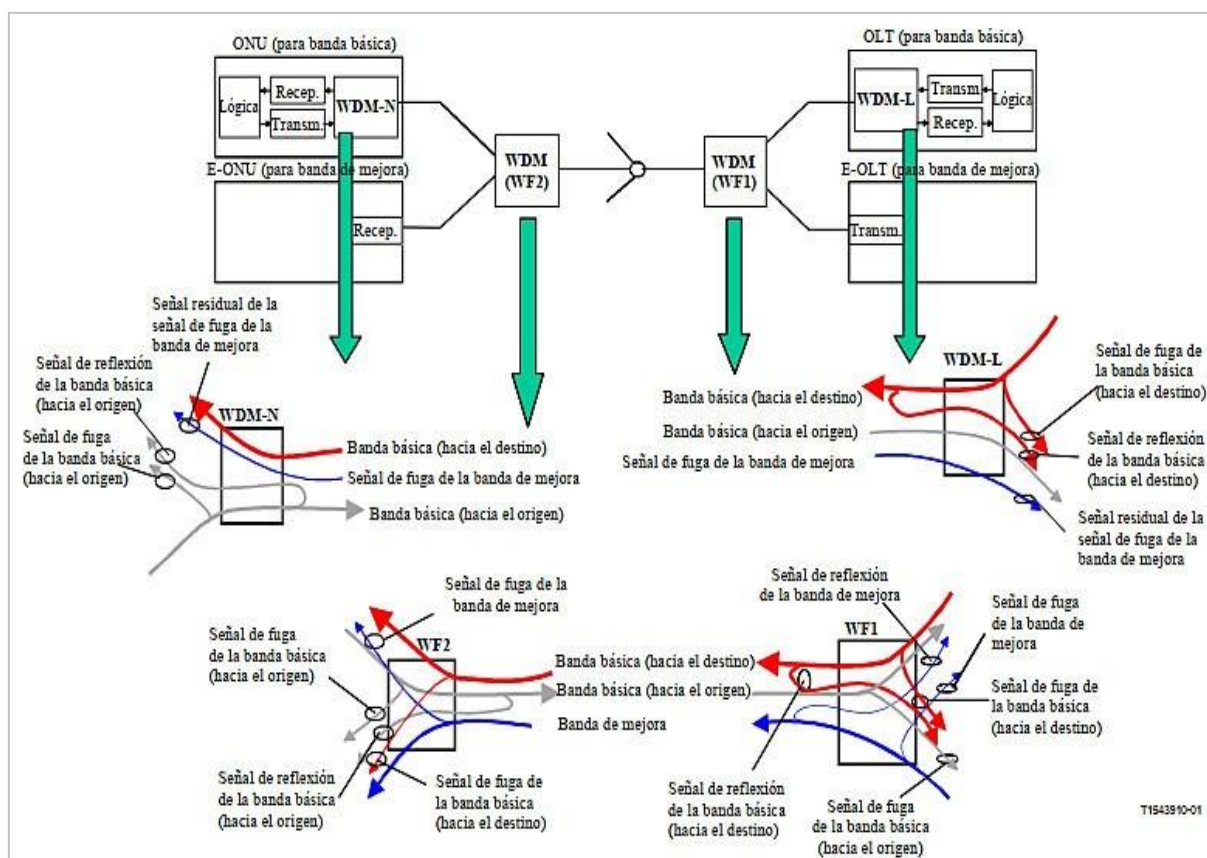
Los conectores WDM1, WDM1r, CE y CEM son dispositivos empleados para poder fusionar y separar a las longitudes de onda de GPON y XGPON, GPON y NGA, NGPON e indicaciones PON otorgadas; e indicadores TWDM PON, PtP WDM PON y PON, sujetos al servicio que generan, pudiendo ser uno de superposición de un video o de OTDR (Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo)

WDM1 es considerado como un dispositivo que no tiene mayor utilidad debido a las incompatibilidades en los planos de longitud de onda para los mecanismos de accesos a una próxima generación, y por otra parte el WDM1r se usa para la proyección de la tecnología NGA, en la que se incluyen una innovadora longitud de la ondas, especificando una interfaz de NGA para una única fibra y otra para la doble fibra. El elemento de la coexistencia permite a una coexistencia de NGPON2, entretanto el CEM añade operación del CE y de un multiplexor de longitud, el cual es de onda parcial que fusiona y separa a las bandas de los productos de una multiplexación por la segmentación del tiempo y longitud de ondas para las redes pasivas como (TWDM PON) y además la modulación de una longitud de la ondas de WDM PON para los mecanismos de punto a punto. La distribución de la ONU GPON señalada en la figura además, por la modulación de las longitudes de onda, WDM PON para los mecanismos que son de punto a punto. La configuración de las ONU PON teniendo en consideración la figura, que concierne a la ONU se usa como un transceptor de clase de triplexor, el mismo que se basa como un transmisor óptico de clase de ráfaga y además dos receptores, en el cual uno está en modo continuo y el otro se complementa con sistemas que no existen e incorpora un filtro de video integral en la que se sitúa el WDM N, para poder combinar y separar a las longitudes de las ondas ascendentes y también descendentes se puede agregar un filtro de WBF para interrumpir a las señales de la interferencias dentro de la

recepción. Por otro lado, las ONU GPON + video se usan para el WDM N que separa de manera adicional las señales de los videos y del filtro de los bloqueos WBF-V para bloquear a las señales de una interferencia con las recepciones del video. De igual manera se usan los filtros de WDM NGA y de WDM NGA junto con los filtros de bloqueo WBF y WBF-V que agrupan a los bloques de los sistemas de acceso a una innovadora generación. El modelo de aislamiento que se ofrecen por dichos filtros se visualiza dentro de la figura (Granada Torres, 2018).

Figura 27.

Esquema de aislamiento ofrecidos por WDM-L, WDM-N, WF1 y WF2



Fuente: (Cortés, 2019).

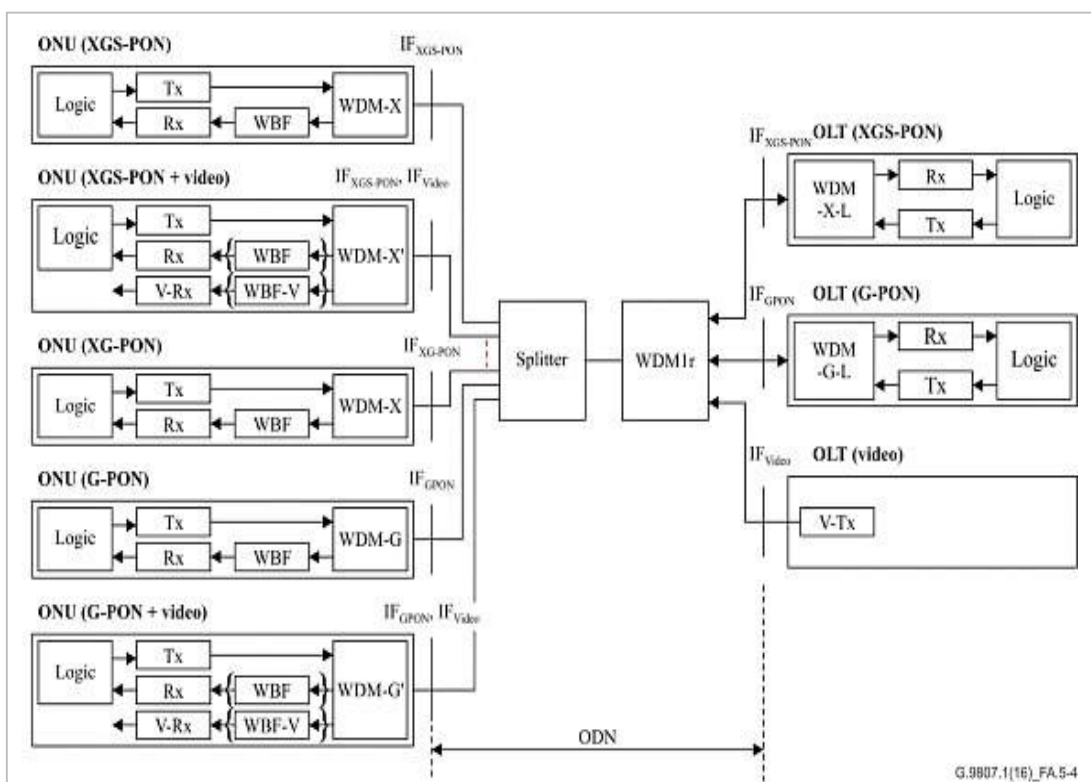
Los dispositivos que se señalan en la figura son fundamentales, debido a que el transmisor del video opera cerca del borde del efecto no lineal establecido como un Esparcimiento Estimulado de Brillouin (Brillouin Stimulated Scattering - BSR), mismos que se puede señalar en la fibra, pudiendo restringir a la potencias del flujo creando una banda dimensionada a otra frecuencia y se menciona que las señales del video y de la

banda se superponen a una frecuencia eléctrica, pero en ciertos casos, el video podría estar fuera de la banda en su totalidad, lo que originaría un ruido en la señal de la banda y se requiere disminuir el aislamiento. Dichos valores de aislamiento se modifican acorde a los tipos de ODN.

En base a lo previamente señalado, la configuración de la referencia de ITU-T G. 984.5 y señalando a XGS-PON como un mecanismo de acceso a las nuevas generaciones de NGA, como se visualiza dentro de la figura, se describen cuatro ambientes de coexistencia con la GPON, dos dentro de la reutilización de la longitud de la onda habilitada a través de las optimizaciones dentro del plan de la banda de longitudes de onda y generando de manera adicional una alternativa suspensión para la transmisión de TV y otros dos, enfocados en las estructuras con la introducción de extensores de alcance.

Figura 28.

Configuración de referencia, coexistencia GPON y XGS-PON



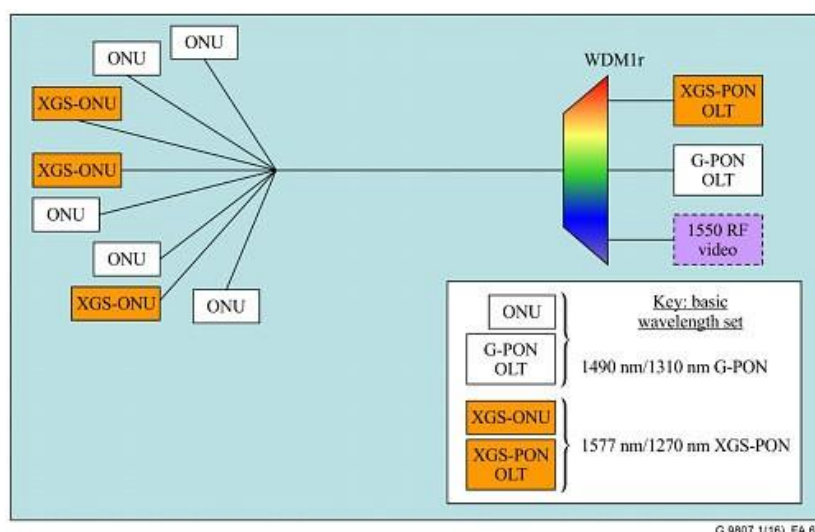
Fuente: (Cortés, 2019).



En el primer ambiente descrito en la figura se presenta a una configuración de las referencias junto con las coexistencias de XGS-PON mediante WDM1r con una agrupación de las longitudes de las ondas básicas para el sistema XGS-PON, éste emplea un puerto señalado de forma nominal, posibilitando una migración sin dificultades con la superposición de todas las longitudes de onda de óptica mediante el sistema de WDM, el mismo que se debe aplicar en todas las ONU. Se requiere de instalar una red de filtros WDM1r, para las paralelas operaciones de GPON y de XGS-PON (IPTTEL, 2021).

Figura 29.

Escenario 1: Coexistencia GPON y XGS-PON



Fuente: (Cortés, 2019).

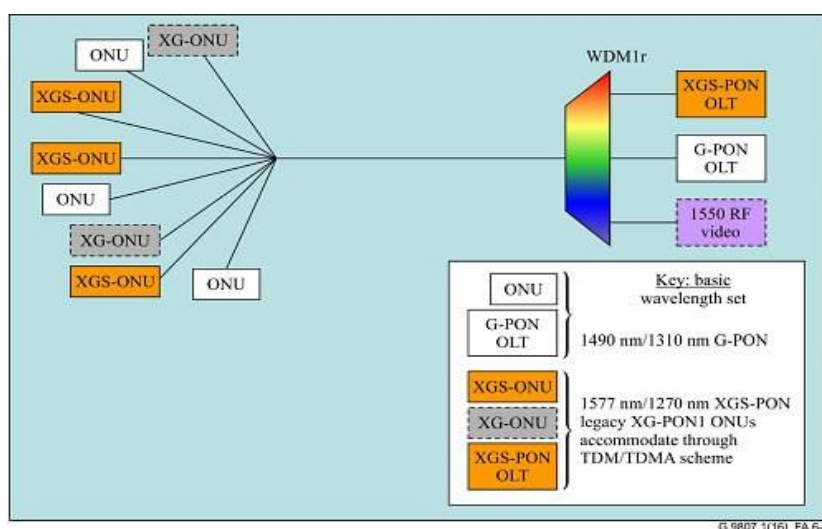
En este aspecto se distinguen las longitudes de las ondas para XGS-PON y para GPON, es por ello que se implantan diferentes OLT, por la tecnología vinculada a una WDM1r, consiguiendo el coexistir de una igual ODN, varias clases de la ONU de diferentes tecnologías.

En el segundo aspecto se evidencia a la coexistencia de GPON, de XGS-PON y de XGPON mediante un WDM1r, en el cual XGS-PON utiliza el puerto del XGPON y cohabita con XGPON en el mecanismo de TDMA/TDM. El directo despliegue de la XGS-PON en la parte del OLT posibilita a subdividir GPON y XGS-PON asimilando a la coexistencias de la red

GPON, XGS-PON y XGPON, esto se admite, dado que OLT XGS-PON puede ser compatible con las ONU XG-PON y XGS-PON tal y como se visualiza en la figura.

Figura 30.

Escenario 2: Coexistencia GPON y XGS-PON



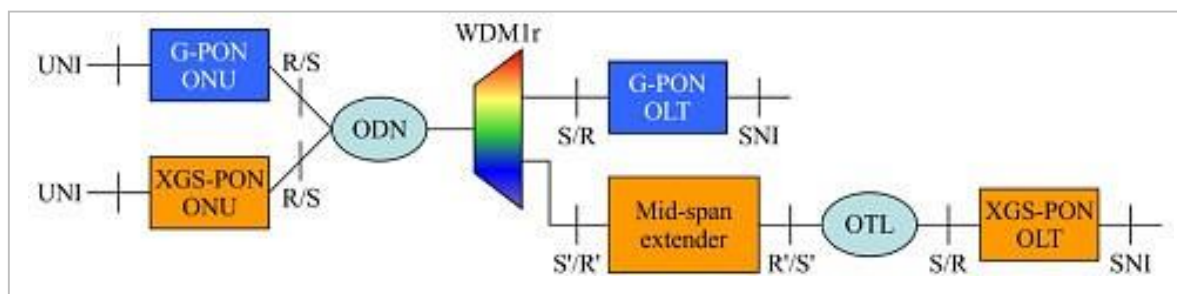
Fuente: (Cortés, 2019).

En este aspecto se distinguen a las longitudes de las ondas de XGS-PON y XGPON, pero empleando a las longitudes de las ondas de GPON para la red de XGS-PON. Este escenario no es aconsejable para la migración dentro de Ecuador dado a que no se han efectuado los despliegues de XGPON a nivel nacional. El tercero y cuarto escenario conciernen al uso de los extensos de alcance, como alternas aplicaciones que generan un óptico presupuesto añadido con una operatividad tal y como si no hubiese el extensor. En el tercer escenario, como se observa en la figura se alcanza al migrar GPON al XGS-PON, el mismo que sí usa el extensor sin la necesidad de alguna modificación en los requerimientos de los activos equipos para impedir inconvenientes de una interoperabilidad.



Figura 31.

Escenario 3: Coexistencia GPON y XGS-PON con uso de RE

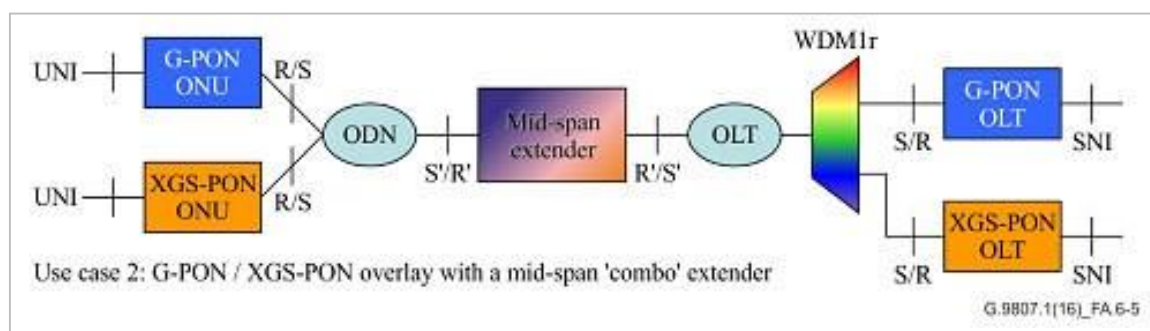


Fuente: (Quisnancela & Espinosa, 2016).

El cuarto escenario se refiere a los mecanismos que tienen desplegados a los extensores de dimensión en la red GPON, y tienen el aforo ya sea para la GPON como para XGS-PON o tienen que ser sustituidos por uno que tenga más capacidad, como se ilustra en la figura (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

Figura 32.

Escenario 4: Coexistencia GPON y XGS-PON con extensores de alcance



Fuente: (Cortés, 2019).

### Tendencias globales sobre coexistencia de GPON y XGS-PON a nivel mundial

Desde el año 2016, las corporaciones como la telefonía de España y Huawei han enlazado sus experiencias con la finalidad de emplear más redes ópticas pasivas con las potencias del orden de 10 Gbps simétricos. Este aspecto ha posibilitado que se incremente las capacidades de un despliegue de la red de telefonía con alrededor de 2,5 millones de clientes de FTTH. XGS-PON se seleccionó como el sistema de las

actualizaciones de redes GPON, debido a que otorga semejanzas y posibilita a una compatibilidad con la red proveniente, la cual garantiza un desarrollo a un extenso periodo (Llangari, 2020).

La corporación Huawei, misma que es el líder de las telecomunicaciones en el mundo, presenta a sus opciones de OLT que admiten tarjetas fusionadas o híbridas, ya sea para GPON, XGPON y XGS-PON para el apoyo de muy elevadas tasas de tráfico para los usuarios de empresas y para los gamer, cuyas necesidades son un elevado ancho de banda y una baja latencia. Así mismo, genera a todos los elementos requeridos para una red de acceso y las máquinas de los finales usuarios certificando de esta forma a la compatibilidad.

En el ámbito comercial, Huawei brinda un chasis de OLT XGS-PON, las cuales admiten tarjetas OLT ya sea para GPON como también para XGS-PON y alternativas de desarrollo junto con la multiplexación WDM1r externa, tarjeta híbrida PON y un módulo óptico fusionado TDM PON COMBO.

Los chasis de la nueva generación conforman estructuras distribuidas que posibilitan el procesar a los servicios de cada una de las tarjetas OLT, de manera semejante a un router y no en las tarjetas de controles como lo realizan los más antiguos chasis. Esta operación optimiza la capacidad de conmutación, el rendimiento y la viabilidad. Los chasis provenientes de los MA5800 posibilitan el ingreso de las tarjetas ya sea GPON como 10GPON, dando una probabilidad de progreso masivo hasta que sea NGPON2.

WDM1r externo, esquema comercializado como WDM1r 1201, como se puede observar en la figura se evidencia como un pasivo dispositivo, que genera hasta 16 brechas en las que se puede introducir un módulo de WDM1r.

Cada uno de estos módulos permiten dos entradas de GPON y dos XGS-PON. Si bien, es una solución que es muy rentable, propone procedimientos de actualización que son más complejos, con el requisito de añadir a los filtros que ciertas ONU no contienen y señales ópticas que se aminoran (León Vilema & Martínez Guashima, 2021).

Figura 33.

## Módulo WDM1r

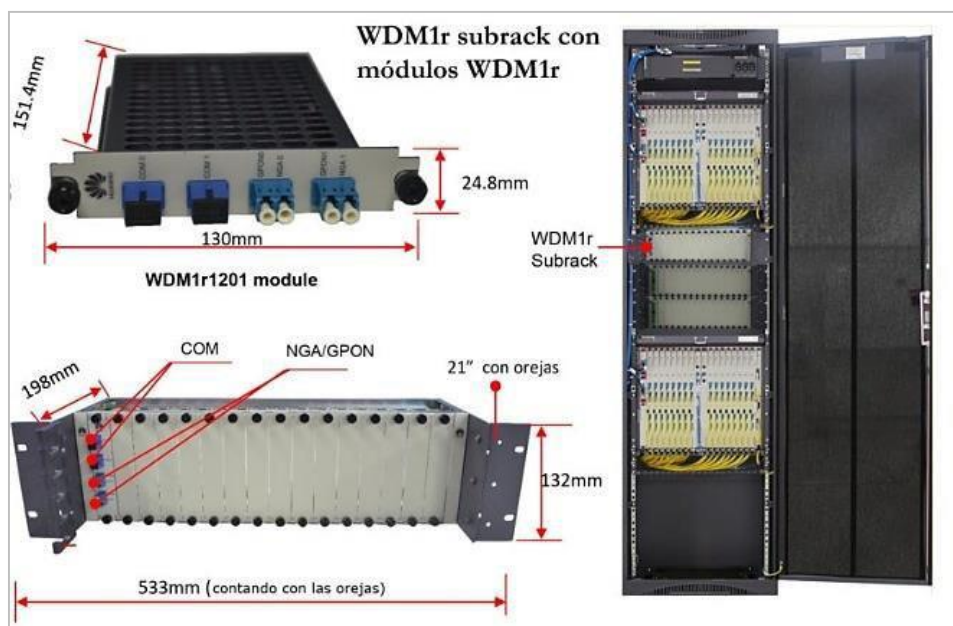


Figura: (Quisnancela &amp; Espinosa, 2016).

Soluciones de la integración como la WDM PON, mismas que consisten en un puerto de PON que añade a GPON, 10GPON y WDM1r, es sencillo el aplicar, no se necesita de un adicional espacio o de un dispositivo WDM1r, sin embargo, se evidencian los mismos inconvenientes del WDM1r (Estevez-Mendoza, 2020).

La resolución de TDM PON COMBO de una multiplexación por la repartición del tiempo, permite el progresivo crecimiento de las redes de PON, posibilitando alinear a todos los procedimientos y disminuir la atenuación de la potencia provocada por los WDM1r, resumir a las actualizaciones de la red y de un seguro progreso de las actuales redes para brindar una garantía de más anchos de bandas. La resolución de TDM PON funciona a modo de la recepción de los enlaces de manera ascendente del WDM PON a otra recepción TDM, lo que hace que se efectúe una transmisión por los turnos del sistema. Por otro lado, AT&T en el año 2018, efectuó evaluaciones de coexistencia entre GPON y XGS-PON en una red digitalizada, evidenciando que se pueden otorgar elevadas velocidades y proporcionar una experiencia en los videos sin interrupciones. Por su lado, la empresa tenía previsto el aplicar como complemento, una red de fibra de 5G, lo que

hará que se ofrezca el internet de velocidad potencial a más de 50 millones de ubicaciones con las prestaciones dentro de gigabit (Estevez-Mendoza, 2020).

Dentro del documento que se titula “Migración protegida a la futura generación con un acceso a la banda ancha de óptica”, la corporación de Eslovenia, Iskratel brinda una evaluación del constante crecimiento de las estructuras de PON, en el que se expone que las empresas de telecomunicaciones desean migrar a XGS-PON y NGPON2 de manera más segura y en forma progresiva, además que dicha transición se genere a través de niveles, manteniendo la compatibilidad de los sistemas de las nuevas generaciones con las provenientes, de tal manera que la ODN no se sienta perjudicada y teniendo como líder a la tecnología GPON. Esta migración de parte de esta compañía reconoce a las normativas internacionales y a lo presentado dentro de los ambientes técnicos como en la compatibilidad en la que, durante la primera fase de la actualización, tiene que ver con el ingreso de XGS-PON, y en la que dicha compatibilidad se debe lograr en base a un elemento que pueda sustituir al transceptor del triplexor, la cual necesita que el equipo también sea compatible junto con la tecnología de NGPON2, misma a la que la compañía dispone como una fase número dos de dicho progreso.

De igual forma, la aplicación se puede efectuar con la implementación de la OLT XGS-PON dentro de la cabecera o de los bloques que están adicional a las OLT que existen, siendo el ultimo el que se considera como más rentable. Para la fase número dos se necesita que se incorporen multiplexores de longitud de onda externa para tolerar a XGPON2 (Estevez-Mendoza, 2020).

De igual forma, Ocular, corporación de origen mexicano que se dedica a mejorar la utilización de las fibras ópticas con la tecnología que es pasiva, considera que la coexistencia de la PON se presenta como la mejor resolución para una preparación de futuras aplicaciones y señala las siguientes ventajas:

- Mejorar la fibra óptica implementada
- Utilización del ODN actualizado, mismo que impide su manipulación y posibilita una disminución de los costos destinados a la inversión
- No se perjudica a los servicios de la tecnología proveniente de la GPON
- Al obtener los elementos que son activos dentro de la cabecera se posibilita a un traspaso progresivo con el reemplazo de equipos de los incorporados y nuevos despliegues, de manera simultánea.

## 5.2 Actualización de las redes ópticas de banda ancha en el Ecuador

### Situación actual de Ecuador

Ecuador, se destaca entre los países de América Latina que por la administración y el manejo del anterior gobierno y al crecimiento de los Planes Nacionales de las Telecomunicaciones y de tecnologías de la información, contienen una elevada implementación de la fibra óptica, misma que ha sido señalada desde el 2006, en la que se comprendían solo 3.500 km abarcados, en el 2015 se calculaba ya 60.000 km, en el 2020 mes de junio, a nivel nacional se registraba con el 110.813 km de la fibra óptica (CNT EP, 2022).

Dentro del documento de estadísticas de ARCOTEL en el año 2020, se señala que las redes de esta fibra óptica se fundamentan por generar servicios de FTTH, señalando a las provincias la cantidad de suscriptores, como se evidencia en la figura (ARCOTEL, 2021).

Figura 34.

Cantidad de Cuentas de Internet a través de Fibra Óptica en el Ecuador

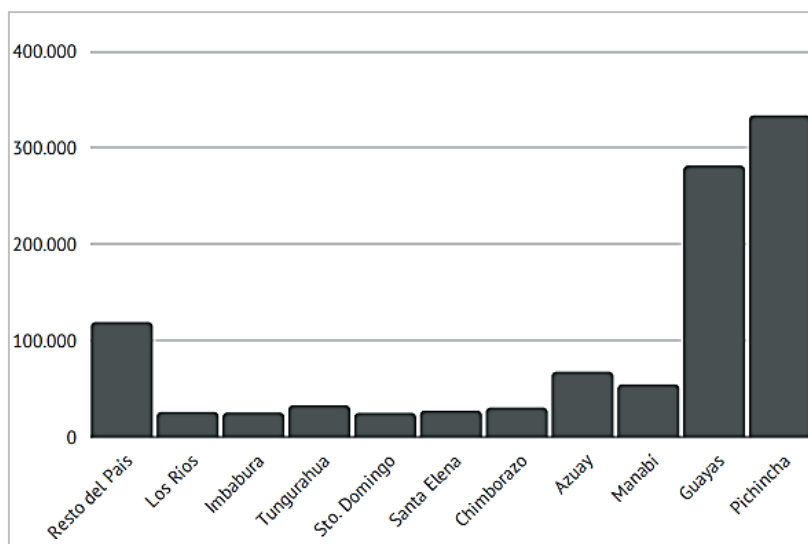


Figura: (Quisnancela & Espinosa, 2016)

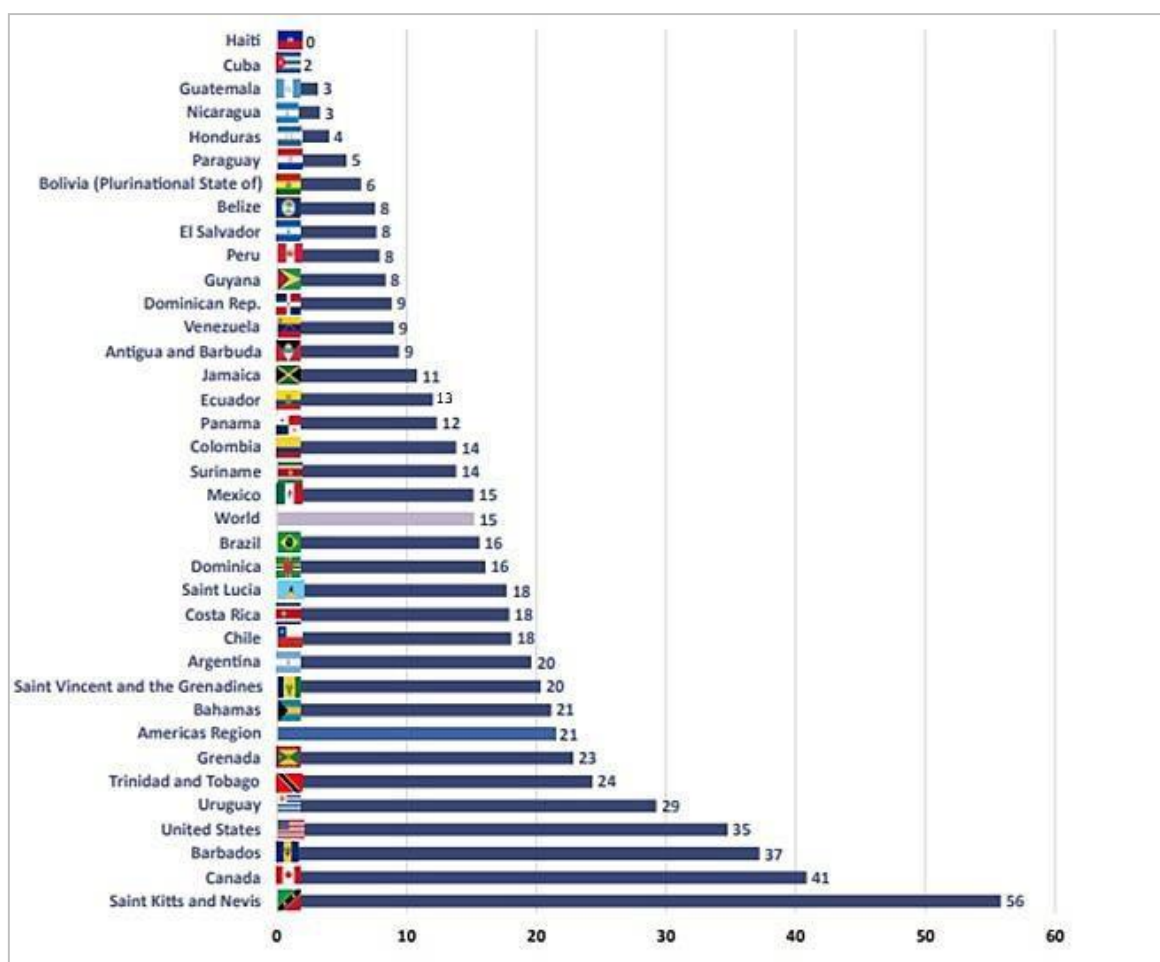
Con lo anteriormente señalado, en el informe que se había presentado por el Banco del Desarrollo en el año 2020, se indica que la incorporación de los servicios de banda ancha en relación a la transformación de los sectores más productivos ha aumentado en la

elaboración interna a nivel nacional, lo que quiere decir que hay un desarrollo de tecnología de forma transversal que provoca una inversión y una promoción dentro del sector ARCOTEL, indica que entre los años 2012 y del 2018, la cantidad de conexiones de la última milla mediante los medios ópticos se incrementó en una multiplicación por 10 de la cantidad antes señalada, siendo así las redes que más generan un crecimiento y siendo relevante con las empleadas en la FTTH y GPON.

En un informe presentado por la empresa, en referencia al tercer trimestre del año 2021, se establece que en septiembre del 2021 las conexiones suponían una cantidad de 2.518.916 y las móviles 10.012.838. dentro de las fijas se denotan que la utilización de la fibra óptica ha aumentado del 33,65% al 37,03% y las de inalámbrico de 7,43% al 21,89% con cable coaxial (ARCOTEL, 2021).

Figura 35.

Suscriptores de internet de banda ancha fija



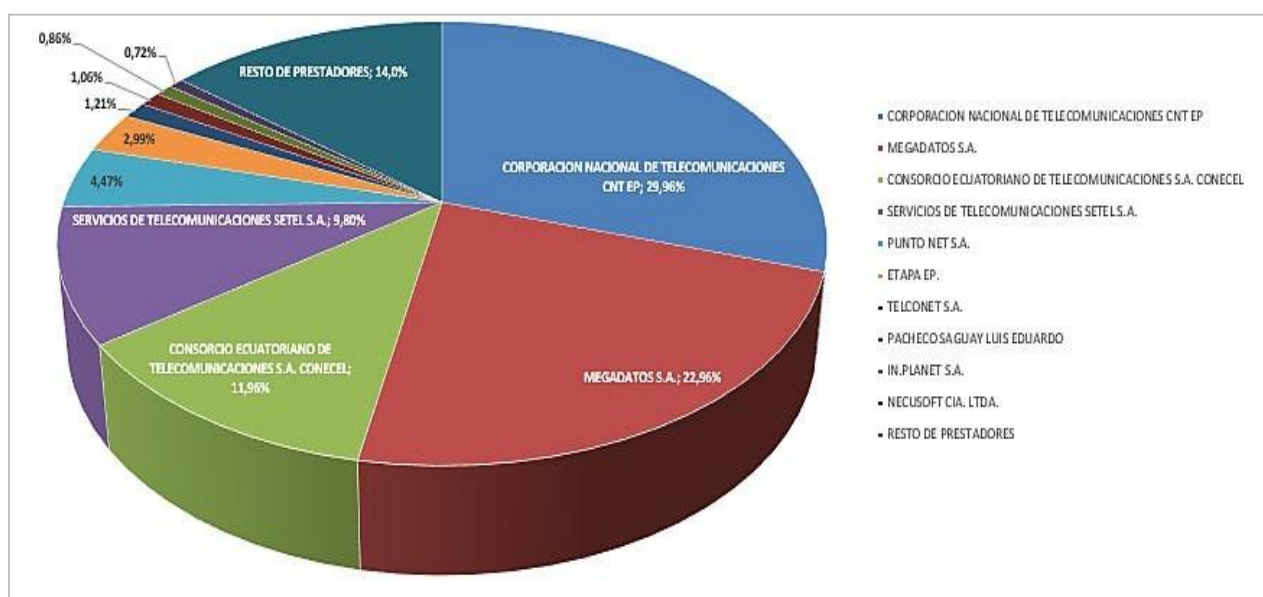
Fuente: (ARCOTEL, 2021).



En lo que respecta al ámbito del internet fijo que otorgan sus servicios en distintas clases de medios de cobre y de fibra y que brindan tecnologías como lo es ADSL, ADSL2, DOCSIS, FTTH y GPON, las organizaciones públicas como lo es CNT y EP contienen el 29,96% de la gran parte del mercado. Se observan a continuación como se poseionan por sobre las privadas:

Figura 36.

Distribución del Mercado de Internet fijo en Ecuador



Fuente: (ARCOTEL, 2021).

Por otro lado, Ecuador está ubicado en el lugar número 7 de 11 naciones en lo que son las suscripciones fijas de internet, encima de demás naciones como lo son Venezuela, Perú, Paraguay y Bolivia; Ecuador, contaba con el 10% que tiene de densidad para el año 2017 y del 11,5% para el año 2018 como se ilustra en la figura.

El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) como un fundamento de las política que son públicas en el ámbito de Ecuador, ha simbolizado sus mecanismos para perfeccionar a la cobertura de internet a nivel nacional, mediante el plan de Ecuador Digital, al paralelo con el Plan Nacional del Desarrollo 2016-2021 y que demuestra tres mecanismos de acción como son en el Ecuador conectado, Ecuador eficaz y que sea sobre todo ciberseguro y competente (MINTEL, 2021).

Los propósitos del plan recomiendan que se direccionen a las guías de cobertura de accesibilidad y de utilización con el objetivo de tolerar a los lineamientos de los tres núcleos señalados de forma anterior y por lo que completa un objetivo: una incorporación del 97% de las ciudades que tiene una fibra troncal para el año 2021, una introducción del 59% de una banda ancha establecida dentro de los hogares con el aproximado de 34% de los enlaces de fibra óptica.

### GPON en el Ecuador

CNT, desde el año 2015, cuando se implantó la Ley Orgánica de Telecomunicación y ha estado señalando la pauta en la admisibilidad de las concesiones para el desarrollo de las redes que son GPON dentro del Ecuador (figura). En una fase temprana se incorporaron alrededor de 800 km de fibra troncal y de colocación, mismos que posibilitaron el desarrollo y la capacidad de la red que va de 1 hasta 10 Gbps dentro de las provincias de Napo, Pichincha y Orellana (MINTEL, 2021).

Figura 37.

Red GPON en el Ecuador



Fuente: (MINTEL, 2021).

Para el año 2021, la red de la fibra óptica de forma nacional se planteó que llegue a más de 110.813 km y a alrededor de 120 nodos de conexiones, pudiendo brindar el internet a los hogares mediante el FTTH con una introducción en las zonas urbanas del 37% y del 16% en los sectores rurales.



Corporaciones como lo son ALFASAT, REDECOM Y PUNTO NET, disponen despliegues que GPON en la actualidad propone con una fibra óptica y en constante ampliación de la tecnologías en distintas provincias del país, ya sea en las zonas rurales, como en las zonas urbanas.

Por otro lado, ALFASAT, aplica redes GPON dentro de los edificios, urbanizaciones y las redes de los servicios que son punto por punto, adicional a ello, otorga proyectos para la ampliación y crecimiento, mismas que se sitúan en Quito y PUNTO NET con el servicio de Celerity que genera que el internet de fibra óptica de incrementada velocidad para las casas que tengan la tecnología FTT/GPON, ésta se encuentra en varias provincias y en alrededor de 15 ciudades del país. Dichas organizaciones son relevantes por sus dimensiones y además por los precios competitivos.

Las soluciones de FTTH se ofrecen de igual manera por Netlife, la cual tiene una velocidad del 20 Mbps y que se caracteriza por contener una velocidad que es simétrica, con el beneficio que se ha ubicado en las ciudades como Quito, Guayaquil, Manta, Ambato, Salcedo y Santo Domingo. Así mismo internacionales compañías otorgan soluciones GPON, tales como Claro, la cual tiene cobertura en todo el territorio nacional. Por lo anteriormente expresado, Ecuador ha evolucionado en un estado digital con un plan establecido y enfocado al progreso de una estructura de tecnología amplia, con las redes de acceso a la tecnología PON. La actual expansión del GPON posibilita el otorgar una red que se encuentre en crecimiento con los cimientos consolidados y con la compatibilidad de XGS-PON.

### **XGS-PON en la situación mundial**

Con el alcance del desarrollo masico a nivel global, GPON ha completado el cimiento para poder tener un mercado en crecimiento con la tecnología XGS-PON transformándose dentro de la variante de PON de 10 gigas las cuales van a sobrepasar a GPON en un futuro. Las modificaciones en el mercado dentro de la tecnología PON han sido establecidas por las redes de telecomunicación chinas. Un ejemplo de ello fue la aplicación de forma masiva de GPON, la cual sobre paso a EPON como el sistema base para el crecimiento de la estructura FTTH a inicios del 2010 (Bernardi & Rodrigues, 2021).

En julio del 2021, la Corporación Chunghwa Telecon ha finalizado con éxito en Taiwán la primera red de acceso con la integración de varias operadoras que se asocia con los principales distribuidores del sector para conformar un mecanismo FTTH. Dicho sistema otorga el acceso a una banda ancha de más velocidad, añadiendo OLT XGS-PON, ONU y Alpha, operaciones con un software que esta digitalizado en los distribuidores internacionales como Radisys, Netsia y STL.

Corporaciones como lo es Huawei, tienen equipos que son de tecnología XGS-PON dentro del mercado global, Nokia es la compañía que lidera todo el mercado de XGS-PON con 300.000 puertos de OLT y además del millón de terminales de la ONU, la cual posibilita las tarjetas de líneas multi-PON las cuales pueden admitir GPON, XGS-PON y a las innovadoras tendencias.

De los variados modelos dentro de las divisiones de PON, el sistema de XGS-PON está incorporando más terreno de forma rápida en el sector chino, por ello se espera que en el 2024 se transforme en la tecnología líder y con esto la consolidación de Nokia.

## 5.3 Análisis de costos

Previamente cabe indicar que, las principales tecnologías adoptadas actualmente son GPON y XG-PON. Tanto GPON como XG-PON son PON asimétricas. El ancho de banda de XG-PON es de 2,5 Gbps de subida y 10 Gbps de bajada. En cuanto a GPON, el upstream es de 1,25 Gbps y el de downstream es de 2,5 Gbps. Además, la velocidad ascendente de la PON asimétrica es relativamente baja y el costo de componentes de la ONU, como los láseres, también es bajo, por lo que el costo total del equipo es bajo. Pero con la llegada de servicios como la transmisión en vivo y la videovigilancia que requieren un mayor ancho de banda ascendente y enlaces ascendentes/descendentes simétricos, XGS-PON está cobrando importancia. XGS-PON es un PON simétrico con velocidades de subida y bajada de 10G. Es una evolución de GPON y XG-PON, que admite acceso a GPON ONU, XG-PON ONU y XGS-PON ONU

En esa línea, observamos un comparativo.

Figura 38.

Comparativo Red GPON – XGPON – XGS-PON

| Specifications                         | GPON                                                                                           | 10G GPON                                                                                       |                                                                                                |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        |                                                                                                | XG-PON                                                                                         | XGS-PON                                                                                        |
| Wavelength                             | Downstream: 1480-1500 nm                                                                       | Downstream: 1575-1580 nm                                                                       | Downstream: 1575-1580 nm                                                                       |
|                                        | Upstream: 1290-1330 nm                                                                         | Upstream: 1260-1280 nm                                                                         | Upstream: 1260-1280 nm                                                                         |
| Center wavelength                      | Downstream: 1490 nm                                                                            | Downstream: 1577 nm                                                                            | Downstream: 1577 nm                                                                            |
|                                        | Upstream: 1310 nm                                                                              | Upstream: 1270 nm                                                                              | Upstream: 1270 nm                                                                              |
| Maximum Line Rate                      | Downstream: 2.488 Gbit/s                                                                       | Downstream: 9.953 Gbit/s                                                                       | Downstream: 9.953 Gbit/s                                                                       |
|                                        | Upstream: 1.244 Gbit/s                                                                         | Upstream: 2.488 Gbit/s                                                                         | Upstream: 9.953 Gbit/s                                                                         |
| Maximum Physical Transmission Distance | 60 km                                                                                          | 100 km                                                                                         | 100 km                                                                                         |
|                                        | NOTE:<br>The physical reach is defined by split ratio, optical module size, and fiber quality. | NOTE:<br>The physical reach is defined by split ratio, optical module size, and fiber quality. | NOTE:<br>The physical reach is defined by split ratio, optical module size, and fiber quality. |
| Maximum Split Ratio                    | 1:128                                                                                          | 1:256                                                                                          | 1:256                                                                                          |
|                                        | NOTE:<br>The actual split ratio depends on the optical module model and fiber distance.        | NOTE:<br>The actual split ratio depends on the optical module model and fiber distance.        | NOTE:<br>The actual split ratio depends on the optical module model and fiber distance.        |

Fuente: (Estevez-Mendoza et al., 2020).

A continuación, se efectúa una breve evaluación técnica económica para establecer los costos simulados de una implementación.

### Activos

En las siguientes tablas se detallan a los activos fijos que son tangibles de este estudio, y se indican los equipos y requerimientos de la red GPON, a modo de ejemplo

Tabla 7.

#### Equipamiento

| <b>Equipos para redes GPON</b>                       |                  |
|------------------------------------------------------|------------------|
| Bastidor repartidor de fibra óptica de 19"           | 3000,00          |
| OLT para 10Slots                                     | 38527,88         |
| ONT indoor con salida 4 puertos ethernet 10/100/1000 | 221241,24        |
| ODF de 19" de 96 puertos SC/APC                      | 700,00           |
| ODF de 19" de 48 puertos SC/APC                      | 450,00           |
| ODF de 19" de 12 puertos SC/APC                      | 300,00           |
| Subtotal                                             | 264219,12        |
| IVA 12%                                              | 31706,29         |
| <b>Total</b>                                         | <b>295925,41</b> |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8.

#### Resumen

| <b>Resumen de materiales para construcción de redes GPON</b> |                   |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|
| Cables de Fibra óptica                                       | 29158,21          |
| Herrajería                                                   | 22269,33          |
| Materiales para redes GPON                                   | 295143,60         |
| <b>Total</b>                                                 | <b>346571,138</b> |

Fuente: Elaboración propia.

### Activos intangibles

Son los activos que no se encuentran cuantificables de forma física, son inmateriales pero que podrían darle un aprovechamiento a la institución, cuya permanencia es más

de un año, partiendo del instante del origen, amortizándose con cargo a costos y posteriores ejercicios.

Como activos fijos que son intangibles:

- Software del servidor a un precio de \$20.000 en adelante.
- Publicidad que propone costos mensuales alrededor de \$2000 a \$5000, los cuales incluyen el marketing, la logística, entre otros.

## 6. Conclusiones

---

### **Conclusiones**

Dentro de la actual investigación se ha mostrado un estudio técnico comparativo sobre las redes GPON, en dicho procedimiento se ha conformado una visión de la teoría y de las normas referentes, la cual acapara las consideraciones técnicas y de operación, posibilitando el reconocimiento de los más fundamentales lineamientos para luego efectuar las comparaciones técnicas.

Determinando los cimientos teóricos más relevantes con relación a los sistemas antes mencionados, sus elementos y lineamientos se demostraron en las semejanzas que se dan por las normas internacionales que se sustentan en la unión internacional de las telecomunicaciones, mismas que generan un desarrollo progresivo y de compatibilidad entre las nuevas y las anteriores tecnologías, lo cual brinda a que exista un crecimiento a modo gradual con las inversiones pertinentes, primero se efectúan cambios arriba y luego se mejoran los servicios.

Las redes de PON han crecido por el requerimiento de otorgar una accesibilidad más eficaz que posibilite dar una calidad mejor del servicio a los clientes ya sea para las conexiones como las instalaciones y reproducciones de todo el sistema multimedia junto con la eliminación de los elementos activos en las redes de distribución.

XGS-PON propone un óptimo rendimiento en lo que respecta a los servicios y los ancho de las bandas para los clientes en una arquitectura que sea semejante a GPON, ya sea en sus propiedades de funciones como en la configuración. Este escenario posibilita a GPON y XGS-PON puedan coexistir y progresar a modo más simple, por lo que es relevante que se planifique de una buena forma debido a que se puedan relacionar en la misma ODN y funcionando de modo de multiplexación por la segmentación de las longitudes de onda y los beneficios de la OLT de admitir módulos de las dos tecnologías y dar servicios, compartiendo el tráfico de la información

El aspecto 1 de los modelos de la coexistencia, generan un mecanismo protegido para hacer crecer a las redes de acceso ya aplicado con la tecnología GPON ya sea en el nivel

nacional como mundial, dando una red de distribución mejorada para moverse a otras tecnologías a nuevas generaciones como lo son XGS-PON misma que se señala para ser la líder.

Las condiciones que se ofrecen en las actuales redes en paralelo con los dispositivos ópticos y junto con la acentuación en América Latina han anunciado una compatibilidad de GPON junto con XGS-PON, la misma que da cuatro veces más la capacidad, empleando un cuadro de volúmenes, así como la incorporación de más servicios con nuevos usuarios de XGS-PON.

## **Recomendaciones**

Luego de efectuar toda la evaluación de las comparaciones de las tecnologías dentro de esta investigación, se extraen las recomendaciones demostradas que posibilitaran una investigación y crecimiento de dichas tecnologías.

Se sugiere el efectuar un análisis de modo económico junto con el modelo de accesibilidad con la coexistencia de GPON y de XGS-PON a modo de los diseños, con el propósito de complementar la evaluación técnica efectuada. Se tiene en consideración la coexistencia y crear un óptimo modelo que genere más bondades y por un costo más mínimo.

Se sugiere el evaluar toda la infraestructura de las redes en beneficio de las modificaciones futuras con la ampliación de las redes XGS-PON sobre GPON.

Por cómo se encuentra en la actualidad el internet fijo en el Ecuador se sugiere el crear una propuesta con una planificación de coexistencia de las redes de acceso a nivel nacional, que posibiliten a las operadoras a orientarse y concentrarse en dimensionar las tecnologías y que se contribuya a una migración total para las GPON y la XGSPON.

Se sugiere poder analizar todas las partes lentas y las falencias que puedan existir para poder cambiar los fabricantes y no dañar los servicios de IP, además de dar fiabilidad en los datos.



## Referencias

- Alustiza, D. H., Russo, N. A., & Villagrán Zaccardi, Y. A. (2020). Aplicación de Redes de Período Largo en Fibras Ópticas para la Sensorización de Materiales Cementíceos. *AJEA*, 5. <https://doi.org/10.33414/ajea.5.668.2020>
- Alustiza, D., Mineo, M., Aredes, D., & Russo, N. (2019). Fabricación local de sensores de fibra óptica aplicables al sensado de magnitudes relevantes en ingeniería civil. *Ingenio Tecnológico*, 1.
- ARCOTEL. (2021). *Estadísticas telecomunicaciones en Ecuador*. Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones.
- Bances Piscocya, J., & Rojas Puicon, W. (2019). DISEÑO DE UN SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA UTILIZANDO REDES GPON PARA DEMOSTRAR LA MEJORA DE LA SEGURIDAD CIUDADANA EN EL DISTRITO MOTUPE-LAMBAYEQUE. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.
- Bernardi, E., & Rodrigues, M. F. (2021). ANÁLISE DE VIABILIDADE DE REDES GPON PARA IMPLEMENTAÇÃO DE FTTH EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL. In *A Plurivalência da Engenharia da Computação e seu Amplo Campo de Aplicação*. <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142103053>
- Brasil, R. G. A., Oliveira, L. F., Valença, M. F. P., Lins, C. S., Amaral, M. C., Chaves, L. A. D. O., Silva, U. A., & Machado, F. S. (2020). Proposta de plano de gerenciamento de resíduos sólidos do processo de reparo de redes de fibra óptica. *Brazilian Journal of Development*, 6(6). <https://doi.org/10.34117/bjdvn6-478>
- Carlesso, L., & Ahlert, E. M. (2018). SISTEMA DE GERÊNCIA E DOCUMENTAÇÃO PARA REDES PON (FTTX). *Revista Destaques Acadêmicos*, 10(4). <https://doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v10i4a2018.2044>
- NORMATIVAS DE INSTALACIONES PARA CLIENTES FINALES EN REDES FTTH-GPON, *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (2022).

- Cortés, A. (2019). Planificación de las topologías de las redes de acceso Fiber to the Home con tecnologías Gigabit Passive Optical Network. *Prisma Tecnológico*, 10(1).  
<https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2165>
- Costa, U., Santos, R., Almeida, R., Moritsuka, N., Francês, C., & Costa, J. (2019). *Análise da influência do monitoramento OTDR em uma rede WDM-PON*.  
<https://doi.org/10.14209/sbrt.2013.83>
- Dias, L., Santos, A., & Assis, K. (2018). *Planejamento Eficiente de Redes de Acesso PON Utilizando Algoritmos Genéticos*. <https://doi.org/10.14209/sbrt.2018.126>
- Escallón-Portilla, A. F., Ruiz-Guachetá, V. H., & López-Perafán, J. G. (2020). Evaluación del desempeño físico de un sistema FTTH-GPON para servicios Quad Play después de la incorporación de un módulo RoF. *TecnoLógicas*, 23(47).  
<https://doi.org/10.22430/22565337.1391>
- Estevez-Mendoza, Y. E., Medina-Delgado, B., & Camargo-Ariza, L. L. (2020). Automodulación de fase en redes ópticas pasivas de próxima generación, utilizando modulación por desplazamiento cuaternario de fase. *Respuestas*, 22(1).  
<https://doi.org/10.22463/0122820x.818>
- Fernandez, M. P., Bulus Rossini, L. A., Morbidel, L., & Costanzo Caso, P. A. (2019). PON Monitoring Technologies based on OTDR Techniques: State of the Art and Trends. *2018 IEEE Biennial Congress of Argentina, ARGENCON 2018*.  
<https://doi.org/10.1109/ARGENCON.2018.8646139>
- Florez, S., & Villegas, E. (2021). Servicios de telecomunicación por fibras ópticas en Colombia. In *Revista CINTEX* (Vol. 10).
- García-Algarra, J., González-Ordás, J., Arozarena, P., Afonso, R., & Carrera, A. (2018). Un enfoque probabilístico en la auto reparación de redes G-PON. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 11(1).  
<https://doi.org/10.1016/j.riai.2013.11.005>
- Granada Torres, J. J., Alvarez Guerrero, J., Serpa Imbett, C. M., Varón Durán, G. M., & Guerrero González, N. (2018). Análisis del desempeño de la transmisión de datos en banda base y RF sobre redes PON de largo alcance. *ITECKNE*, 9(1).

<https://doi.org/10.15332/iteckne.v9i1.61>

Guevara Henao, J. S. (2018). Tecnologías de redes Pon. *Consulta Tecnologías de Redes PON*.

Gúzman, A. (2018). Aplicación De La Filosofía Lean Construction En La Planificación, Programación, Ejecución Y Control De Proyectos. *Pontificia Universidad Católica Del Perú*.

Hernandez Suarez, C. A., Gutierrez, V. S., & Espinosa, D. M. (2020). IMPACTO Y MASIFICACION DEL USO DE LAS REDES GPON EN COLOMBIA FRENTE A OTRAS TECNOLOGIAS. *Redes de Ingeniería*, 2(1).

<https://doi.org/10.14483/2248762x.7186>

Ionos. (2019). Tipos de redes informáticas | WAN, LAN, MAN y GAN. In *18 De Julio De 2019*.

IPTEL. (2021). ¿Qué es GPON? In *Iptel*.

Juan Francisco, R. G. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE REDES DE FIBRA ÓPTICA HASTA EL HOGAR. *Вестник Росздравнадзора*, 4.

Leal Romero, W. (2020). La Fibra Óptica: Redes y Aplicaciones. *Universidad de La Laguna*.

León Vilema, D. A., & Martínez Guashima, O. G. (2021). Red FTTH utilizando tecnología ITU G984.x para la migración de una red ADSL en la ciudad de Alausí. *I2D Revista Científica*, 1(1). <https://doi.org/10.55204/i2drc.v1i1.4>

Llangari, N. (2020). Redes de Acceso GPON. *Redes Ópticas*.

López Bonilla, M., Moschim, E., & Rudge Barbosa, F. (2019). ESTUDIO COMPARATIVO DE REDES GPON Y EPON. *Scientia Et Technica*, XV.

MINTEL. (2021). Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021. *Sector de Telecomunicaciones y Tecnologías de La Información*, 1.

More, J., & Argandoña, D. (2019). Redes de fibra óptica y microondas en el Perú. In *Osiptel*.

- Nevárez-Toledo, M. R. (2020). Redes Inteligentes y Energías Renovables. *Polo Del Conocimiento*, 5(8).
- Ochoa D. F. (2019). Diseño de redes ODN para GPON en el sector Clodoveo Jaramillo de la ciudad de Loja. In *Tesis de Pregrado*.
- Oliveira, A. P. B. da S., Maciel, K. A., Magalhães, A. L., & Menezes, J. W. M. (2021). Projetos FTTH utilizando a ferramenta de georeferenciamento Autocad. *Research, Society and Development*, 10(5). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14406>
- Parada Medina, R. (2019). La revolución industrial: FTTH y 5G. *Universitat Oberta de Catalunya (UOC)*.
- Pereira, F. C. D. L., & Jamhour, E. (2021). Proposta de Algoritmo de Posicionamento de Divisor de Potência Ótica para Redes GPON / Proposal for an Algorithm for Positioning of Splitter Optical Power to Networks GPON. *Brazilian Journal of Development*, 7(4). <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-687>
- Pérez Almeida, S. A., & Puerto Leguizamón, G. A. (2018). Diseño de red óptica de larga distancia reconfigurable. *Visión Electrónica*, 12(1). <https://doi.org/10.14483/22484728.13309>
- Priano, G., & Pacheco, F. (2021). Análisis de latencia en modelo FANS para servicios IoT. *Revista Tecnología y Ciencia*, 41. <https://doi.org/10.33414/rtyc.41.34-56.2021>
- Prieto, J. (2018). Diseño De Una Red De Acceso Mediante Fibra Óptica. In *Universidad Politécnica De Madrid*.
- Puerto Leguizamón, G., Vallejo Avellaneda, J. A., & Ramírez Ochoa, J. J. (2018). Un estudio sobre distribución dinámica de longitudes de onda para redes gigabit ópticas pasivas. *Revista Tecnura*, 18(40). <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.2.a01>
- Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016). Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. *Enfoque UTE*, 7(4). <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.111>
- Radicelli, C. D., Pomboza, M. del R., Samaniego, N. S., & Villacres, E. P. (2019). Red óptica pasiva para proveer de Internet a la ciudad de Riobamba - Ecuador. *Revista Espacios*, 40.

- Samaniego-Moncayo, B., Herrera-Tapia, J., Ponce, J. P., Carlos Sendón-Varela, J., & Henríquez-Coronel, P. (2020). Análisis del despliegue y uso de la tecnología celular en Ecuador. *Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 29.
- Santillán Lima, J. C., Llanga Vargas, A., & Chafra Altamirano, G. (2020). Metodología para diseño de infraestructura de telecomunicaciones para campus universitarios medianos, caso La Dolorosa-UNACH. // Methodology for design of telecommunications infrastructure for medium-sized university campuses, La Dolorosa-UNACH case. *CIENCIA UNEMI*, 10(23).  
<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol10iss23.2017pp133-146p>
- Tinini, R. I., Santos, M. R. P. dos, Kamienski, C., Figueiredo, G. B., & Batista, D. M. (2022). *Alocação Eficiente de vBBUs e VPONs em uma Arquitetura Cloud-Fog RAN Virtualizada sobre TWDM-PON*. <https://doi.org/10.5753/sbrc.2021.16710>
- Valdiviezo Black, A. G., & Valencia Barahona, R. (2020). Cierre de la brecha digital: mecanismos de priorización para el despliegue y posibilidades para las redes comunitarias. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital*, 1.  
<https://doi.org/10.53857/xoqy3100>
- Veloz-Chérrez, D., Ramos, V., Santacruz, F., & Cabrera, F. (2020). Migración tecnológica utilizando VDSL/FTTX para mejorar los servicios de telecomunicaciones de una red de acceso en Guano/Technological migration using VDSL/FTTX to improve telecommunications services in an access network in Guano. *KnE Engineering*.  
<https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6262>