



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE QOS EN LA TRANSMISIÓN DE APLICACIONES MULTIMEDIA EN UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR ITU-T G987.X”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

AUTOR:

JAIRO ALCIVAR ARCE VILLACRES

Riobamba – Ecuador

2020



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE QOS EN LA TRANSMISIÓN DE APLICACIONES MULTIMEDIA EN UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR ITU-T G987.X”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

AUTOR: JAIRO ALCIVAR ARCE VILLACRES

TUTOR: ING. HUGO OSWALDO MORENO Ph.D

Riobamba – Ecuador

2020

©2020, Jairo Alcivar Arce Villacres.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Arce Villacres Jairo Alcivar, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de marzo 2020



Jairo Alcivar Arce

060408888-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

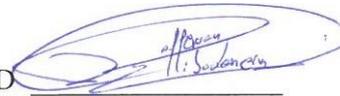
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; dispositivo tecnológico, EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE QOS EN LA TRANSMISIÓN DE APLICACIONES MULTIMEDIA EN UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR ITU-T G987.X, realizado por el señor: JAIRO ALCIVAR ARCE VILLACRES, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Jefferson Alexander Ribadeneira Ramírez PhD



2020-03-10

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Hugo Oswaldo Moreno Avilés PhD

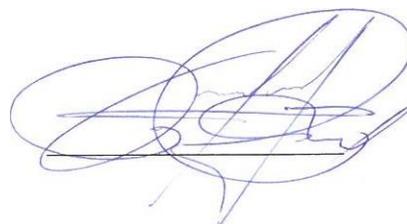


2020-03-10

DIRECTOR DE TRABAJO DE

TITULACIÓN

Ing. Marco Vinicio Ramos Valencia Mgs.



2020-03-10

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres FAUSTO y AYDA que siempre me dieron su confianza y apoyo incondicional en todo momento creyendo en este proyecto de vida que hoy se hace realidad gracias a la constancia, esfuerzo y dedicación. A mi hermano por la paciencia y por ser el apoyo necesario en todo momento. A toda mi familia y amigos que siempre estuvieron pendientes de este proceso académico.

Gracias Familia y Amigos.

Jairo

AGRADECIMIENTO

Agradecido a Dios por sus bendiciones y permitirme cumplir con una de mis metas más anheladas.

Agradezco a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes, a aquellos docentes que tienen la responsabilidad de formar profesionales de calidad y brindar sus conocimientos, pero sobretodo su amistad y confianza.

A mi tutor del presente trabajo de titulación el Dr. Hugo Moreno, por brindarme su ayuda, confianza, conocimientos y experiencias en el desarrollo y ejecución del presente proyecto.

A mi familia y amigos que siempre ha sido un apoyo absoluto en cada paso y decisión en mi vida.

Jairo

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	vi
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE GRAFICOS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
---	--------------------------------	---

CAPITULO II

2	MARCO TEORICO	5
2.1	Servicios Multimedia	6
2.1.1	Tripe play	6
2.1.2	Evolución de los servicios multimedia	6
2.1.3	Transporte de voz/fax a través de redes IP	6
2.2	Medios de transmisión	7
2.2.1	Clasificación	7
2.3	Tecnologías de transmisión	8
2.3.1	La transmisión alámbrica	8
2.3.2	La transmisión inalámbrica	9
2.4	Fibra óptica como medio guiado	10
2.4.1	Fibra Óptica	10
2.5	Calidad de servicio QoS	13
2.5.1	Parámetros de calidad de servicio	14

2.5.2	Requerimientos de QoS.....	15
2.6	Tecnológicas de Red XPON.....	16
2.6.1	APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network)	16
2.6.2	BPON (Broadband Mode Passive Optical Network)	16
2.6.3	EPON (Ethernet Mode Passive Optical Network)	16
2.6.4	GPON (Gigabit Mode Passive Optical Network)	17
2.6.5	XG-PON (10 Gigabit Mode Passive Optical Network)	17
2.7	Norma ITU.T G 987	17
2.7.1	ITU-T G.987.1	18
2.7.2	G.987.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON):.....	25
2.7.3	G.987.3.....	28
2.7.4	G.987.4.....	29
2.7.5	Comparación de Estándares G.984 (GPON) y G.987 (XG-PON-10G-PON).....	30
2.8	Red NGpon	32
2.8.1	Tecnologías de NG-PON1.	33
2.8.2	Tecnologías de NG-PON2.	34
2.8.3	Red óptica pasiva XGPON.....	34
2.8.4	Coexistencia entre XG-PON/GPON	36
2.8.5	Mecanismos de transmisión de XGPON/GPON.....	37
2.8.6	Asignación de longitud de onda XGPON/GPON.	38
2.9	Redes FTTX.....	39
2.9.1	Tecnologías de redes FTTX	40
2.9.2	Características De Las Redes De Acceso FTTx.....	41
2.10	OptiSystem.....	42

CAPITULO III

3	MARCO METODOLOGICO	46
3.1	Metodología de la investigación.....	46
3.1.1	Tipos de investigación	46
3.1.2	Investigación Correlacional	47
3.2	Estudio de demanda	47
3.2.1	Tamaño de la muestra poblacional.....	47

3.3	Diseño de red FTTH	48
3.4	Diagrama de bloques de la Red XGPON	49
3.5	Simulación.....	49
3.5.1	Diagrama de flujo de la Red XGPON.....	49
3.5.2	Normativa CNT para RED GPON	50
3.5.3	Diseño: RED FEEDER.....	52
3.5.4	Cálculo del Cable FEEDER.....	53
3.5.5	Diseño: RED DE DISTRIBUCION	54
3.5.6	Diseño: RED DE DISPERCION.....	55
3.5.7	Balance óptico	55
3.6	Simulación de red	59
3.6.1	Subsistema ONT ONU	60

CAPITULO IV

4	RESULTADOS	61
4.1	Análisis general de las encuestas	74
4.2	Calculo óptico de la ONU más lejana.....	75
4.3	Calculo óptico de la ONU más cercana	76
4.4	Factor Q y Bit Error Ratio (BER).....	79
4.5	Diagrama del Ojo.....	82
4.6	Requerimientos y capacidad de ancho de banda	84
4.6.1	Servicio de Internet	84
4.6.2	Capacidad de ANCHO DE BANDA	86
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES	91
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Parámetro de QoS	15
Tabla 2-1	Requerimiento de parámetros de QoS en ciertas aplicaciones	15
Tabla 3-1	Longitudes de Onda de Operación.....	20
Tabla 4-1	Servicios para XG-PON.....	22
Tabla 5-1	Capa Física XGpon	24
Tabla 6-1	Características del Medio Físico.....	25
Tabla 7-1	Niveles de potencia XGpon a velocidades de 2,4 Gbit/s en sentido descendente y 1,2 Gbit/s en sentido ascendente	27
Tabla 8-1	Atenuaciones en Gpon	28
Tabla 9-1	Características de redes GPON y XGPON.....	31
Tabla 10-1	Tasas de transmisión de los estándares NG-PON.....	33
Tabla 1-2	Perdidas G-PON y XG-PON	56
Tabla 2-2	Parámetros de la interfaz óptica en sentido Descendente	57
Tabla 3-2	Parámetros de la interfaz óptica en sentido Ascendente.....	58
Tabla 4-2	Valores de Atenuación de los elementos de la ODN	58
Tabla 1-3	Porcentaje de personas que tienen servicio de internet	61
Tabla 2-3	Servicios Triple Play	62
Tabla 3-3	Velocidad percibida por el usuario	63
Tabla 4-3	Apreciación acerca del servicio hace un año	64
Tabla 5-3	Apreciación acerca del servicio dentro de un año.....	66
Tabla 6-3	Equipos tienen conexión al servicio de Internet	67
Tabla 7-3	Prueba para verificar la velocidad.....	68
Tabla 8-3	Aplicaciones en las cuales presenta inconvenientes el servicio.....	70
Tabla 9-3	Horario(s) en que presentan problemas	71
Tabla 10-3	Problema con el servicio brindado.....	73
Tabla 11-3	Calculo de presupuesto óptico punto más lejano	75
Tabla 12-3	Cálculo de la Atenuación de la ONU más lejana (banda 1550 nm).....	76
Tabla 13-3	Cálculo de la Atenuación de la ONU más cercana	77
Tabla 14-3	Cálculo de la Atenuación de la ONU más cercana	77
Tabla 15-3	Ancho de banda requerido por MPEG-4.....	86
Tabla 16-3	Capacidad por Abonado	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Cable bifilar.....	8
Figura 2-1	Fibra Óptica características	9
Figura 3-1	Comunicación inalámbrica	10
Figura 4-1	Fibra mono-modo	12
Figura 5-1	Fibra Multi-modo	13
Figura 6-1	Arquitectura de red FTTX.....	19
Figura 7-1	Configuración OAN	26
Figura 8-1	Canal PLOAM.....	29
Figura 9-1	Red XG-PON sin alcance extendido	30
Figura 10-1	Red XG-PON con alcance extendido	30
Figura 11-1	Representación de evolución para NG-PON1 y NG-PON2	34
Figura 12-1	Arquitectura XG GPON	35
Figura 13-1	Evolución de GPON.....	36
Figura 14-1	Coexistencia entre GPON y XG-PON.....	37
Figura 15-1	Canales de Comunicación GPON/XG PON.	38
Figura 16-1	Asignación de longitud de onda XG-PON/G-PON.....	39
Figura 17-1	Clasificación de red FTTx	40
Figura 18-1	Entorno de Diseño de Fibra Óptica	43
Figura 19-1	Diagrama de Amplificador óptico	44
Figura 20-1	Espectro de luz original	44
Figura 21-1	Espectro de luz Amplificado.....	45
Figura 1-2	Diagrama de bloques de RED XGpon.....	49
Figura 2-2	Diagrama de flujo de la red Gpon	50
Figura 3-2	Modelo Masivos/Casas CNT	51
Figura 4-2	Algoritmo para el diseño de red XGpon	52
Figura 5-2	Red Feeder.	53
Figura 6-2	Red de Distribución.....	54
Figura 7-2	Red Dispersión	55
Figura 1-3	BER 1270 nm distancia más cercana.....	80
Figura 2-3	BER 1575 nm distancia más cercana.....	80
Figura 3-3	BER 1270nm distancia más lejana	81
Figura 4-3	BER 1575nm distancia más lejana	81
Figura 5-3	Diagrama de ojo 1575nm más lejana.....	82

Figura 6-3	Diagrama de ojo 1270nm distancia más lejana	83
Figura 7-3	Diagrama de ojo 1575nm distancia más cercana.....	83
Figura 8-3	Diagrama de ojo 1270nm distancia más cercana.....	84

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1-3	Servicio de Internet.....	61
Grafico 2-3	Servicios Triple Play	62
Grafico 3-3	Velocidad percibida por el Usuario	63
Grafico 4-3	Apreciación acerca del servicio hace un año	65
Grafico 5-3	Apreciación acerca del servicio dentro de un año	66
Grafico 6-3	Equipos tienen conexión al servicio de Internet.....	68
Grafico 7-3	Prueba para verificar la velocidad	69
Grafico 8-3	Aplicaciones en las cuales presenta inconvenientes el servicio	70
Grafico 9-3	Horario(s) en que presentan problemas	72
Grafico 10-3	Problema con el servicio brindado	73

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DISTANCIAS ESTABLECIDAS ENTRE LA ONU Y OLT
- ANEXO B:** SIMBOLOGIA UTILIZADA EN EL DISEÑO DE RED
- ANEXO C:** CARACTERISTICAS DEL EQUIPO HUAWEI-SMARTAX-MA5600T-SERIES-OLT
- ANEXO D:** ENCUESTA
- ANEXO E:** DISEÑO DE RED XG-PON

RESUMEN

El objetivo principal fue evaluar la calidad de servicio para la transmisión de aplicaciones multimedia en una red FTTH utilizando el estándar XGPON G987 para medir los parámetros óptimos de calidad de servicio se utiliza la normativa vigente CNT EP sobre la plataforma de simulación Optisystem, en donde se investiga sobre las tecnologías y sistemas de comunicación óptica de igual manera la terminología y definiciones de la red óptica pasiva de capacidad 10gigabit (XGPON), mediante el programa Optisystem se analizó la normativa CNT, la cual permitió obtener parámetros importantes acerca de la infraestructura de red FTTH. El estudio se realizó en la provincia de Chimborazo Cantón Riobamba para la cooperativa de vivienda Chimborazo, donde, se realizó el diseño de red distribución óptica. finalmente se realizó las pruebas respectivas con la ayuda del software Optisystem. los resultados obtenidos en este análisis permitieron medir los parámetros de calidad de servicio para usuarios con demanda de servicios multimedia, también permitió obtener características como mínimo BER y el factor Q, los cuales son satisfactorios y se encuentran dentro del estándar definido por la normativa CNT. finalmente se concluye que la evaluación de la red XGPON es viable, confiable y flexible y brinda un excelente servicio de internet, video y voz. Es recomendable tener una red basada en tecnología GPON, ya que esta cuenta con seguridad de la red, baja inversión y gran ancho de banda, incluyendo también las normativas que definen la calidad del servicio, y además pueden hibridar la tecnología XGPON con GPON a medida que se realice una migración o un nuevo diseño de red.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE 10 GIGABIT (XGPON)>, <OPTYSYSTEM (SOFTWARE)>, <RED DE DISPERSIÓN>, <RED DE DISTRIBUCIÓN>, <RED FEEDER>.

REVISADO

26 FEB 2020

Ing. Jhonatan Parreño Uquillas, MBA
(ANALISTA DE BIBLIOTECA 1)

ABSTRACT

The main objective was to evaluate the service quality for the transmission of multimedia applications in an FTTH network using the passive optical network standard whit 10 Gigabit (XGPON) in order to measure the optimal service quality parameters are used the current CNT EP regulations on the Optisystem simulation platform, where some research is conducted on optical communication technologies and systems as well as the terminology and definitions of a 10Gibabit capacity passive optical network (XGPON), Through the Optisystem program, the CNT regulations were analyzed, which allowed to obtain important parameters about the FTTH network infrastructure. The study was carried out in Chimborazo province, Riobamba canton for the Chimborazo housing cooperative, where the design of optical distribution network was performed. To summarize respective tests with the aid of the Optisystem software were executed and the results obtained in this analysis allowed to measure the services demand, it also permitted to obtain features at BER minimum and Q Factor, which are satisfactory and within the standard defined by the CNT regulation. Finally, it is concluded that the evaluation of the XGPON network is feasible, reliable and flexible and provides excellent video, voice and internet service. It is recommended to have a network based on GPON technology, as this network security, low investment and high bandwidth , including the regulations that define the service quality, and they can also hybridize XGPON technology with GPON as a migration is performed or a new network design.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <PASSIVE OPTICAL NETWORK WITH 10 GIGABIT CAPACITY (XGPON)>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>, <DISPERSION NETWORK>, <DISTRIBUTION NETWOK>, <FEEDER NETWORK>, <PASSIVE OPTICAL NETWORK GIGA (GPON)>.



INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico en el área de telecomunicaciones avanza a gran escala, los procesos que se efectúan en la vida diaria, tanto laborales como personales requieren de una mayor demanda de tecnologías de comunicación TIC, los mismos que para otorgar un alto grado de eficiencia dependen de una mejor velocidad y flujo en la transmisión de datos logrando así que los procesos cotidianos sean ejecutados de manera que mejore la calidad de vida de los usuarios. Por ello un acceso eficaz a este tipo de tecnología no debe de verse limitado, únicamente, a las personas que residen en localidades donde el servicio de datos por fibra óptica sea más rentable, o a su vez por motivos de estrategia no se efectúen proyectos de este tipo de redes en sectores o poblaciones alejadas de las periferia de la ciudad, la calidad de servicio de telecomunicaciones que se debe ofrecer debe de ser eficaz y adaptable a la demanda de los usuarios a su población y a la tecnología actual.

CAPITULO I

1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

La mayoría de prestadores de servicio de internet de área rural no posee procedimientos ni normativas para realizar sus diseños de implementación de redes FTTH o utilizan tecnologías caducas, por consiguiente el dimensionamiento de su red el equipamiento no tiene ningún tipo de cálculo ni de información real obtenida para poder determinarlas, Por tanto en la presente investigación que detalla un estudio de QoS para redes FTTH con el estándar ITU-T G987 se basa en la investigación de: revistas tecnológicas; de profesionales, investigaciones. empresas tecnológicas de servicios de telecomunicaciones, papers de forma de poder agrupar lo más relevante de sus investigaciones en un solo documento.

ANTECEDENTES

Las principales empresas de telecomunicaciones del mundo tales como Vodafone, Telefónica, Verizon y France Telecom entre otras; están ejecutando y definiendo redes avanzadas convergentes las cuales son de banda ancha y están basadas en redes IP (protocolo de internet) los cuales permiten brindar más servicios sobre una misma infraestructura de transporte ,con precios cada vez más competitivos ,además reduciendo la inversión necesaria la cual requiere de equipamiento de red, está convergencia aporta una reducción de costos operativos y de la complejidad de la gestión de redes.

En los últimos años Ecuador evidencia una evolución en las telecomunicaciones, el ministerio de telecomunicaciones y de la sociedad de la información MINTEL ha desarrollado importantes planes para fomentar la universalización y diversificación de las tecnologías de la información y comunicación. Ecuador posee una infraestructura de 60 mil kilómetros de fibra óptica, este despliegue se realizó en el año del 2016 y se obtuvo un incremento del 30% lo que permitió que la mitad de los ecuatorianos tengan acceso a las TIC.

El estándar GPON resulta del progreso de varias características y recomendaciones de redes basadas en la tecnología PON. Una red PON (Passive Optical Network) es básicamente es una tecnología de acceso mediante la ejecución de una red de fibra óptica con elementos pasivos (Splitters o divisores ópticos), es decir, que no necesita de alimentación externa o elementos

activos de interconexión para su funcionamiento al distribuir la información a través de la red. El propósito de tales componentes es de reducir considerablemente los costos y todos los elementos activos existentes entre la central y el cliente, esta es una red punto – multipunto y son utilizados en las redes FTTx.

Con el surgimiento de los nuevos servicios de datos denominados de nueva generación como redes privadas virtuales (VPN), videoconferencias, navegación por internet de alta velocidad, telefonía IP, televisión de alta definición (HDTV) este ha generado un problema al optar por la tecnología la cual pueda soportar y brindar el ancho de banda necesario para abastecer todos los servicios por lo cual se pretende realizar una análisis y evaluación a la situación que presentan las redes de fibra óptica en el Ecuador, en este se realizara el estudio de las tecnologías XGPON tradicionales con el estándar ITU-T G987.x

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influyen los diferentes estándares tecnológicos en QoS en una red FTTH?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existen métodos, políticas y normas para evaluar la QoS de una red FTTH?

¿Cómo influye el uso de un software de simulación de redes FTTH para obtener parámetros de QoS en el estándar ITU-T G987.X ?

¿Qué estándar brinda mejores beneficios a las redes FTTH?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El presente proyecto realizara un estudio comparativo entre los diferentes estándares de tecnología que utilizan fibra óptica como medio de transmisión para redes de acceso, frente a las diversas opciones de tecnologías XGPON que ofrecen grandes ventajas sobre el resto de tecnologías en cuanto a la prestación de servicios, estas tecnologías permiten tasas de transferencia de datos en el orden de los Gigabyte-segundo, por lo que brinda varios servicios a la vez

Algunas ventajas notorias que presta XGPON son: un mayor ancho de banda, ofrece triple play por una misma infraestructura/ arquitectura de red, además, su costo es menor debido a que utiliza elementos pasivos y se puede brindar servicio a lugares remotos y brindar conexión a la nube informática mediante el uso de este nuevo concepto de redes de nueva generación.

Se propone el uso de FTTH debido a que es una red punto-multipunto, es decir, utiliza una multiplexación TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) WDM (Multiplicación por división de longitud de onda) la cual permitirá a los usuarios acceder a varios servicios por un mismo hilo. Se utilizará este sistema de comunicaciones FTTH (Fiber-to-the-home), pues es capaz de soportar una amplia demanda de ancho de banda y mediante fibra óptica permite llegar hasta los clientes o usuarios.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Se realizará la evaluación de los estándares ITU-T G987 para un entorno de red GPON mediante la utilización de software el cual permitirá evaluar una red FTTH tomando en cuenta las políticas, parámetros y normas que manejan los organismos de regulación y control de telecomunicaciones para enlaces con fibra óptica en el país.

Mediante la evaluación será posible determinar el estándar que brinde mejor beneficio al usuario final y poder brindar mejor QoS a todos los servicios demandados por la población, disponer de una mejor calidad y confiabilidad en sus comunicaciones, dando a la empresa una proyección tentativa de los datos necesarios.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

Evaluar parámetros de QoS en la transmisión de aplicaciones multimedia en una red FTTH utilizando el estándar ITU-T G987. x.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar los parámetros necesarios para transmitir aplicaciones multimedia.
- Investigar sobre los estándares de tecnología ITU-T G987.
- Diseñar un entorno de red GPON para la evaluar QoS del estándar ITU-T G987.X
- Evaluar la QoS del estándar ITU-T G987 para una red FTTH utilizando normativa de las empresas vigentes en las telecomunicaciones.

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO

Debido al gran incremento de usuarios y a la gran demanda de servicios convergentes, estos se ven limitados por las diferentes características que presentan los medios de transmisión, la generación de grandes cantidades de datos, los usuarios requieren tiempos reducidos brindados por los prestadores de servicios de internet, estas implementan tecnologías como FTTH-GPON el despliegue y migración de estas redes buscan de esta manera abastecer la demanda de datos de sus usuarios. Sin embargo, por el desconocimiento del funcionamiento de esta tecnología y por abaratar costos muchos de estos prestadores de servicio abaratan costos en el diseño e implementación y de igual manera se realizan de manera anti técnica sin criterio alguno sobre el manejo de tráfico de datos y crecimiento ordenado de futuros abonados.

tratando de brindar acceso a los diferentes servicios que demandan gran ancho de banda a usuarios localizados a distancias que no es posible llegar con tecnologías como xDSL ya que posee limitaciones técnicas en cuanto al funcionamiento de esta tecnología, las nuevas tecnologías disponibles y topologías implementables sobre las redes FTTH.

Las diferentes arquitecturas de redes FTTH con las diferentes tecnologías PON, permiten soluciones de mayor eficacia al transportar información, mayor ancho de banda, la integración de diferentes servicios multimedia como voz datos televisión IP entre otras. comparando las diferentes tecnologías de transmisión de datos como cobre, la fibra óptica ofrece mayor seguridad de la información, estabilidad, menor degradación de la señal, resistencia a las interferencias electromagnéticas, permitiendo así obtener acceso a contenidos multimedia trabajar con grandes volúmenes de tráfico de datos y obtener acceso a los mismos de una manera rápida y confiable, mediante el uso de una red certificada mediante estándares y normas establecidas.

El presente trabajo tiene como objetivo describir una metodología la cual permita certificar las redes ópticas, con el fin de minimizar los diferentes fallos que posee la red FTTH GPON la cual impacta toda la caracterización de toda la red a nivel general, por lo cual se hace necesario explicar los diferentes procesos y los tipos de pruebas aplicando los estándares y especificaciones definidos mediante la norma ITU-T G987.X finalmente para observar y determinar la calidad y la capacidad de trasmisión de datos a través de una red FTTH.

2.1 Servicios Multimedia

2.1.1 *Tripe play*

Los servicios multimedia tripe play se define como el empaquetamiento y comercialización de contenido y servicios audiovisuales (voz, datos y video). el desarrollo de los servicios tripe play es el desarrollo integral de sistemas de comunicación para el hogar el desarrollo actual de los ISP provee una solución única para los diferentes problemas. El acceso a internet, servicio telefónico y televisión interactiva, todo en un mismo servicio y todos los servicios sobre el mismo medio físico basados en tecnologías XDSL.

Triple Play proporciona un salto tecnológico que permite compartir eficazmente y sin perturbación los datos de Internet, la voz y el vídeo en la red existente. La conexión se basa en datagramas IP para todos los servicios La evolución de la tecnología en las telecomunicaciones y la migración de las redes conmutadas tradicionales a redes de transporte por paquetes, ha dado lugar a una progresión y evolución de nuevas aplicaciones. (Gonzalez, 2007 págs. 1-4)

2.1.2 *Evolución de los servicios multimedia*

En la era digital, los nuevos modelos de negocios están empujando el desarrollo de nuevos servicios de telecomunicaciones, el concepto ‘triple play’, no es más que la convergencia de los servicios de comunicación de voz, datos, video y multimedia, concepto que implica nuevas tecnologías como telefonía por Internet, web call center, mensajería unificada, video conferencia al escritorio, las cuales surgen para atender este requerimiento. (Almad, 2017 págs. 10-12)

Internet, la integración de datos, video y voz los cuales provocan un cambio en la estructura de negocios de la compañía, impredecibles para mantenerse vigentes en el mercado. En caso de un ISP por ejemplo tendrán que adaptarse a los nuevos requerimientos de servicios IP convirtiéndose en proveedores de servicios de telefonía e Internet (ITSP). Así mismo diversas corporaciones han estado comprando tecnología la cual permita integrar a sus redes separadas de voz, datos y video en una sola infraestructura de red. (Emerson, 2011 págs. 1-5)

2.1.3 *Transporte de voz/fax a través de redes IP*

Se puede imaginar establecer una llamada telefónica a cualquier lugar del mundo al costo de una llamada telefónica local, esto es posible al utilizar la infraestructura, la tecnología y servicios de Internet, a esto se lo denomina telefonía por Internet o telefonía IP.

La posibilidad de que la voz viajara a través de la Internet se remonta al año de 1995, cuando la compañía Vocaltec, Inc. Introdujo al mercado su producto por medio de un software llamado 'Internet Phone', que permite a un par de usuarios con sus respectivas PC, comunicarse entre sí verbalmente. La solución se basó en la digitalización del audio en paquetes que pueden ser enviados a través de Internet con la misma estructura de la que se disponía hasta el momento; con esto permitieron a los usuarios de Internet poder mantener conversaciones en tiempo real vía Internet, esto es nombrado llamada PC a PC, lo que supone unos costos de comunicación mucho menores que los que supone el circuito de telefónica normal. Telefonía por Internet se refiere al uso de los servicios de comunicaciones tales como fax, aplicaciones de mensajería de voz y voz los cuales son transportados vía Internet, en lugar de ser transportados por la red de telefonía pública (RTPC). La telefonía IP ha venido para quedarse. Los estudios realizados del mercado prevén una importante curva ascendente de la cantidad de llamadas telefónicas que se van a ejecutar mediante el uso de redes con protocolo IP, gracias a la ventaja que supone poder ofrecer servicios de telefonía de bajo costo de teléfono a teléfono, de fax a fax y de PC a teléfono. (Vallejo, 2010 págs. 1-4)

2.2 Medios de transmisión

El medio de transmisión compone el canal el cual permite que la transmisión de información entre los diferentes elementos del sistema de transmisión, esta se realiza mediante el uso de ondas electromagnéticas las cuales son propagadas a través del espacio. al utilizar un medio para realizar una transmisión este medio puede ser físico y en ocasiones no ocupar ninguno, ya que las ondas electromagnéticas pueden ser transmitidas por el espacio vacío.

2.2.1 Clasificación

Dependiendo el canal por el cual se pretende transmitir la señal a través de un medio, estos se pueden organizar en dos grandes grupos:

medios de transmisión guiados

- La fibra óptica
- El par trenzado
- El cable coaxial

medios de transmisión no guiados

- radio
- microondas
- luz (infrarrojos/láser).

Según la trayectoria de la transmisión podemos delimitar 3 tipos diferentes:

- Full-Duplex
- Half-Duplex
- Simplex

También existen diferentes medios de transmisión los cuales se caracterizan por utilizar diferentes rangos de frecuencia de operación.

2.3 Tecnologías de transmisión

Dependen del medio por el que se desea propagar la señal:

2.3.1 La transmisión alámbrica

Esta se efectúa mediante conexiones físicas entre el receptor y el emisor. Utilizando cables distintos según velocidad, ancho de banda y distancia que se requieran sus usuarios.

2.3.1.1 Cable bifilar

El cable bifilar se utiliza en los diferentes medios de comunicación estas son líneas de transmisión en la cual la distancia entre los dos conductores es simétrica y se mantiene constante gracias a que los conductores de los que está formado son paralelos y están separados por un material dieléctrico.

El mismo material dieléctrico mantiene a los conductores con un espaciado constante estos conductores poseen una impedancia característica la cual hacen único al cable bifilar y depende exclusivamente del material dieléctrico del diámetro de los conductores y la distancia que posean entre ellos. (Medios para la Transmisión de Datos y Circuitos de Enlaces, 2018 pág. 8)

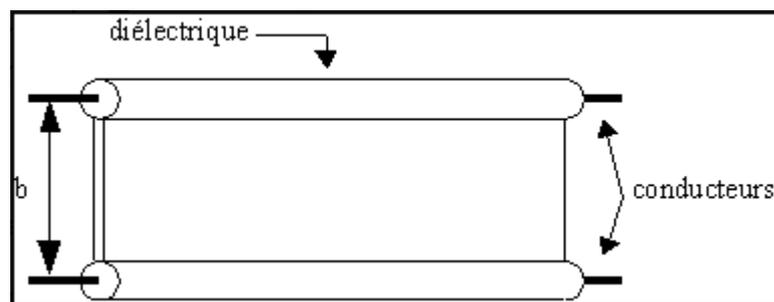


Figura 2-1 Cable bifilar

Fuente: <http://sitejoomla.f8dyd.org>

Este medio de transmisión tiene un coeficiente de velocidad el cual depende del dieléctrico de cinta. Uno de los parámetros importantes del medio bifilar es constante la cual posee una atenuación constante la cual es expresada en dB/m la cual describe la pérdida en potencia transmitida por metro lineal de línea bifilar. Los cables bifilares que no irradian se les denomina

perfectos, ya que estos no generan campo magnético ya que los conductores cancelan la radiación electromagnética al ser de sentido opuesto en sus materiales conductores.

2.3.1.2 Fibra óptica

El alma del cable de fibra óptica, está conformada por un vidrio puro el cual está recubierto también de vidrio el cual lleva un recubrimiento externo de protección. El sistema emisor envía la señal desde un diodo LED o laser, el sistema receptor capta la señal mediante es uso de un fotodiodo. (ALECOP, 2012)

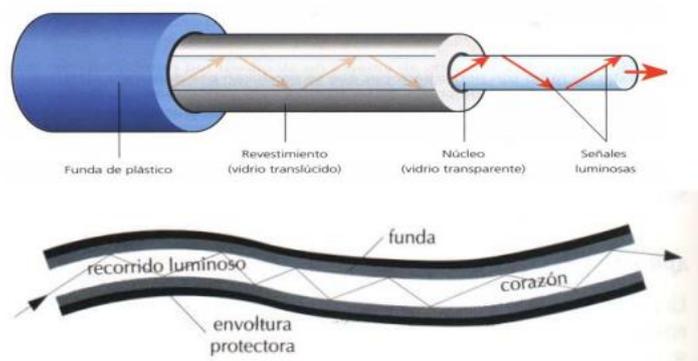


Figura 2-1. Fibra Óptica características

Fuente: <http://beyondtech.us>

2.3.2 La transmisión inalámbrica

Una transmisión inalámbrica se realiza mediante la utilización de medios como el mar, la atmosfera, el espacio exterior o el vacío. Las señales que más son empleadas en este tipo de transmisión son normalmente las ondas electromagnéticas.

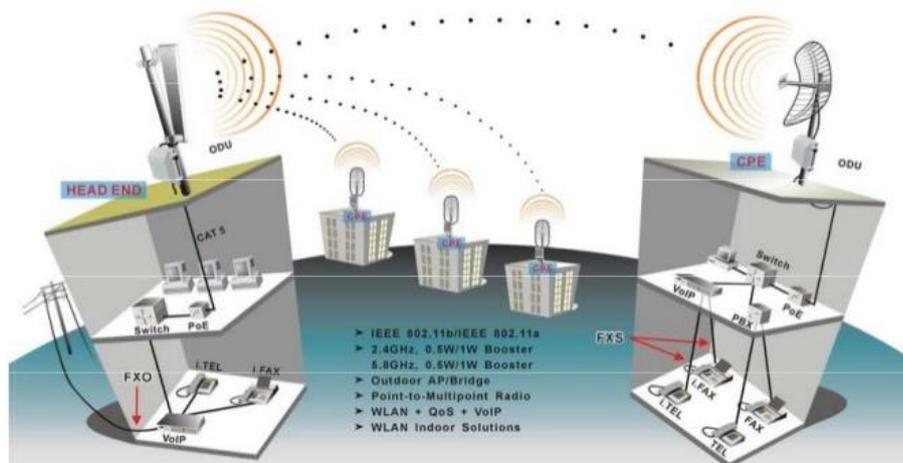


Figura 3-1. Comunicación inalámbrica

Fuente: <http://servalnetworks.com>

2.4 Fibra óptica como medio guiado

La fibra óptica constituye el medio de transmisión para los sistemas de comunicaciones ópticas. Desde las primeras instalaciones de fibra óptica, como líneas de enlace las grandes centrales de conmutación, la fibra óptica se está trasladando su uso hoy en día hasta los mismos hogares, brindando así un gran abanico de uso en diferentes aplicaciones. (Prieto, 2014 pág. 8)

Una fibra óptica tiene un comportamiento como una guía de onda, con la particularidad de poseer una geometría cilíndrica. La fibra en su configuración más extendida (fibra de índice abrupto o de salto de índice), se halla formada por un núcleo cilíndrico de material dieléctrico rodeado por otro material dieléctrico de un índice de refracción ligeramente inferior (cubierta de la fibra). La guía de onda así establecida, facilita la propagación de las señales de manera confinada en su interior. (Boquera, 2005)

2.4.1 Fibra Óptica

Las redes de comunicación están formadas por un conjunto de elementos fundamentales o esenciales sin los cuales la red no podría ser considerada hábil. Estos elementos fundamentales son la fuente, el mensaje, el transmisor, el medio de transmisión o canal, el receptor y el destinatario al cual está dirigido el mensaje. (Boquera, 2005)

La red de comunicación óptica no es más que un sistema de comunicaciones genérico por lo cual está formado por los mismos componentes. Sin embargo, el transmisor debe utilizar una fuente de luz que corresponderá con un oscilador de frecuencias ópticas; el medio de transmisión a

emplearse deberá ser bien un medio guiado de onda óptica o el aire; y su receptor deberá poseer un detector de luz. (Comunicaciones Ópticas, 2002 pág. 25)

En la actualidad la mayoría de las comunicaciones ópticas son difundidas por fibra óptica .la fibra óptica consiste en un fino hilo de vidrio libre de impurezas con un diámetro de cinco a diez micras. para obtener rigidez mecánica, el fabricante realiza un recubrimiento de vidrio o de plástico, el vidrio o plástico que realiza el recubrimiento no posee características para conducir la Luz. Las dos partes que componen la fibra óptica se fabrican con un índice de refracción diferente para que la luz que se transmite sea reflejada siempre al interior y así confinar el haz de luz. Externamente estas poseen un recubrimiento para la protección de agentes externos a la misma. (Prieto, 2014 pág. 9)

Desde sus inicios la fibra óptica enlazaba grandes centrales de conmutación, la fibra hoy en día está llegando hasta los hogares, extendiendo su uso a un gran abanico de aplicaciones, esta función ha desempeñado gracias a las características favorables que esta presenta tales como:

- gran capacidad de transmisión (por la posibilidad de utilizar bandas de frecuencias elevadas y pulsos cortos),
- atenuación reducida en la señal óptica,
- invulnerable a interferencias electromagnéticas,
- cables ópticos con pequeño diámetro de núcleo, flexible, de vida útil mayor a los cables de conductores y ligeros,
- El coste potencial es bajo, por efecto del exceso de material básico empleado en su fabricación de fibra óptica (óxido de silicio).

La fibra óptica se comercializa normalmente de manera agrupada en diversos conjuntos (2,4,8,16, 32...) que a su vez estos se agrupan en diversos cables para facilitar el despliegue de una infraestructura masiva, recubiertos de un revestimiento apto para soportar daños ocasionados por factores externos, la apariencia de esta es la de un cable flexible. (Marchukov, 2011 págs. 16-19)

2.4.1.1 *Fibra mono modo*

Las fibras mono modo poseen un diámetro pequeño de núcleo lo cual permite un solo modo de transmisión .esta posee una atenuación de 0,1 dB a 0,4 dB por Kilómetro, el núcleo mide entre 8 um y 10 um por lo que necesita un acoplamiento de la luz muy confinado y preciso .el diámetro estrecho del núcleo produce que el haz de luz se propague en el medio siguiendo una trayectoria

paralela al eje que posee la fibra por lo cual se evita un desfase a la final de la transmisión y reduce considerablemente la dispersión causada. (Desarrollo de un sistema de fibra optica, 2009)

La dispersión modal no tiene sentido en la fibra óptica mono modo, sí que tiene dispersión cromática .al disponer de un gran ancho de banda crea un problema el cual no todas las longitudes de onda llegan al mismo tiempo a su destino por lo cual la dispersión cromática tiene un efecto muy considerable sobre el diseño. (Marchukov, 2011 págs. 18-19)

El elevado ancho de banda de este tipo de fibras, junto con sus bajas pérdidas y su dispersión modal inexistente, la convierten en una fibra idónea para enlaces de larga distancia. No obstante, esta requiere una cuidadoso mantenimiento e instalación, ya que su diminuto diámetro da lugar a un cono de aceptación sustancialmente menor que el de las fibras multimodo. No fue hasta que se pudo solucionar el problema de acople de señal de luz al núcleo de la fibra óptica mediante el uso de lentes esféricas, perfeccionado así las técnicas de conectorización y empalme de fibras, cuando se inició a trabajar con fibras monomodo para así poder excluir el problema de la dispersión intermodal. Fue de esta manera que la fibra optica permitió el uso de redes de larga distancia mediante comunicaciones ópticas. (Zarpadiel, 2014 págs. 8-9)



Figura 4-1. Fibra mono-modo

Fuente: <http://beyondtech.us>

2.4.1.2 Fibra multi modo

En las fibras multimodo se engloban todas aquellas en las cuales el diámetro del núcleo de este tipo de fibras es amplio, por lo que es capaz de propagar varios modos de transmisión simultáneamente. Poseen una atenuación típica de entre 0,3 dB y 1 dB por kilómetro. El núcleo mide en torno a 50 μm ó 62,5 μm , por lo que el acoplamiento de la luz en sus diferentes modos es más sencillo. Debido a esto, es posible utilizar un LED como fuente emisora, así como conectores más sencillos y una instalación y mantenimiento con menos coste que la fibra mono modo. (Emerson, 2011 págs. 9-13)

Las fibras ópticas multimodo pueden construirse de índice de refracción fijo, o bien de índice gradual. Las fibras de índice de refracción fijo o salto de índice, presentan un salto brusco entre el núcleo y el revestimiento que, además, es constante en ambos. En las fibras multimodo de

índice gradual el núcleo posee un índice que varía decreciendo según el radio desde el eje hacia el exterior. El hecho de que transmitan varios modos simultáneamente, hace que este tipo de fibras posean una dispersión particular llamada dispersión intermodal. Se produce debido a que los haces de luz recorren distancias diferentes y no llegan a su destino al mismo tiempo. Dentro de las fibras multi modo, las de índice gradual poseen menos dispersión intermodal ya que los haces de luz describen direcciones onduladas, de manera que los más cercanos al eje recorren menos distancia, pero son más lentos. Una dispersión intermodal más baja, permite que éste tipo de fibras admitan distancias de propagación mayores que las de índice escalonado. Este tipo de fibra inicialmente fue el más utilizado debido a los problemas mecánicos que se presentaban a la hora de trabajar con las fibras mono modo. Estos problemas estaban relacionados con el acoplo de la señal de luz al interior del núcleo de la fibra, con el cortado y empalmado de las fibras, así como con la conectorización de estas. De ahí, que los primeros sistemas de comunicaciones ópticas empleasen fibras multi modo de salto de índice. Más tarde se desarrollarían las fibras multi modo de índice gradual que paliaron en gran medida el problema de la dispersión intermodal.

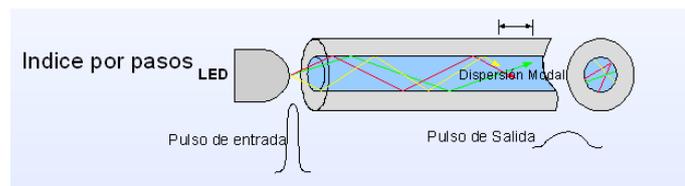


Figura 5-1. Fibra Multi-modo

Fuente: <http://beyondtech.us>

2.5 Calidad de servicio QoS

Nos referimos a calidad de servicio cuando en una red el proveedor ofrece garantiza un valor límite (máximo o mínimo) de los parámetros en QoS, cuando el proveedor de servicios no ofrece ningún parámetro a esto se lo denomina como servicio 'best effort'

El contrato el cual especifica los valores acordados entre el proveedor y el usuario se denomina SLA (Service Level Agreement).

Los parámetros de calidad de servicio son definidos por la ITU-T estos son basados en los diferentes requerimientos de las distintas aplicaciones, los parámetros varían de acuerdo al tráfico y al usuario generado por estos y a los aspectos técnicos de la red de datos.

Los parámetros que se mencionan se pueden utilizar para los diferentes tipos de especificaciones y/o evaluaciones de calidad de servicio (BELKY ROCÍO BOSSIO, 2003 págs. 20-23)

2.5.1 Parámetros de calidad de servicio

Para verificar el servicio brindado por un proveedor se hace necesario establecer parámetros de transmisión los cuales delimitan la calidad de servicio.

Los parámetros a evaluar deberán tener una relación directa con la percepción el cual tiene el usuario final (no necesariamente debe de ser humano) deba tener de la calidad de la conexión. Como usuario final se comprende a cualquier nivel superior de sistema de comunicaciones que tenga necesidades de calidad determinadas por el usuario. Por lo tanto, el proveedor será condicionado por el tipo y los valores de los parámetros que definirán el servicio solicitado, existen análisis de calidad de servicio en los cuales se consideran un conjunto de parámetros de servicio, los cuales se detallan a continuación:

- Retardo medio de los paquetes de información: se define como retardo de capa de paquete a el tiempo transcurrido desde que el bloque de información llega a la capa MAC hasta que es transmitido correctamente por la capa física.
- Ancho de Banda: Es un factor importante, ya que a medida que se aumenta el ancho de banda es posible transmitir más datos por unidad de tiempo lo que resulta muchas veces en incremento de costo ya que en ocasiones resulta imposible su ampliación sin que implique cambiar la tecnología de red.
- Varianza del retardo de los paquetes de información: es el retardo de cada paquete, tal como se ha mencionado en el punto anterior, es una variable aleatoria en la cual podemos obtener su desviación típica y su varianza.
- Retardo Máximo de los paquetes de información: se establece como el tiempo de vida máxima de los paquetes, de tal manera que cuando el retardo de uno de ellos es superior a este tiempo de vida, el paquete es descartado.
- Tasa máxima de paquetes perdidos: es un porcentaje de los paquetes descartados a causa de que su retardo ha superado el tiempo de vida definido para ellos.
- Tasa de error media en los bits de información: puede definirse antes o después de la codificación, en este se indica el numero relativo de bits erróneos (medido en porcentaje o como una probabilidad) estos pueden ser admitidos por una aplicación.
- Velocidad media de transmisión garantizada: esta es medida en Kbps, indica la velocidad media de transmisión para intervalos de tiempo, un intervalo de tiempo se define como un numero suficientemente grande de unidades de tiempo del sistema. Este número debe de ser grande a comparación con el tiempo en el que se puede realizar una variación en las condiciones del trafico ofrecido.

- Velocidad mínima instantánea de transmisión: también medida en Kbps esta nos indica la velocidad mínima de transmisión de datos el cual el proveedor garantizara en las peores condiciones. Si este valor es mayor que cero, indica que se está reservando una cierta cantidad de recursos de transmisión mínimos en exclusiva para la conexión independiente de la carga restante del sistema. (Evaluación de Parámetros de QoS en Redes Wimax que Soportan Voz y Video, 2015)
- Velocidad máxima instantánea de transmisión: indica la máxima velocidad de transferencia que le es permitida a una cierta conexión este valor puede usarse para impedir que una única conexión pueda copar una cantidad excesivamente grande de recursos del sistema y evitar los problemas que de este hecho pudieran suscitarse.(Joskowicz, 2013 págs. 48-52)

A continuación, un breve resumen de los parámetros de calidad de servicio.

Tabla 2-1: Parámetro de QoS

Parametro	Unidades	Significado
Ancho de Banda	Kb/s	Señala el caudal máximo el cual se puede transmitir
Retardo	Ms	Indica el tiempo medio en el cual tardan los paquetes en llegar
Jitter	Ms	la fluctuación que se puede generar en el retardo
Perdida de Paquetes	%	Proporciona la información de paquetes perdidos con respecto a los enviados

2.5.2 Requerimientos de QoS

Los requerimientos de QoS están dependiendo del tipo de aplicación que se esté trabajando, a continuación, se da una tabla de los requerimientos de calidad de servicio en ciertas aplicaciones

Tabla 2-1: Requerimiento de Parámetros de QoS en Ciertas aplicaciones

Aplicación	Jitter	Retardo	Ancho de Banda	Perdida de Paquetes
Television	Medio	Bajo	Alto	Medio
Telefonia	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Video Conferencia	Bajo	Bajo	Alto	Medio
Audio Bajo Demanda	Medio	Medio	Medio	Medio
Acesso Web	Alto	Medio	Medio	Bajo

Correo Electronico	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Transferencia de archivos	Alto	Alto	Medio	Bajo

2.6 Tecnológicas de Red XPON

Las tecnologías de redes ópticas pasivas PON, las cuales han coexistido y otras han sido obligadas apartarse de manera rotunda de las redes PON.

2.6.1 APON (*Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network*)

El estándar ITU-T G983 define como redes APON a la tecnología que utiliza el estándar ATM para la señalización en la capa de enlace de datos. APON se puede implementar y adecuar a varias tecnologías de redes tales como FTTH, FTTA, FTTB y FTTC.

Esta tecnología basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONUs que estén activas, el canal descendente a la trama ATM se introducen dos celdas PLOAM para indicar el destinatario al cual pertenece cada celda y otra más para información de mantenimiento, el inconveniente inicial que presento esta tecnología a sus inicios era la limitación de los 155Mbps la cual más adelante se aumentó hasta los 622Mbps. el ancho de banda de los equipos APON está limitado a 155Mbps repartido entre los usuarios que comprenden en un nodo óptico posteriormente este límite fue ampliado a 622Mbps.

2.6.2 BPON (*Broadband Mode Passive Optical Network*)

definida por el estándar ITUT-T G983 define BPON basado en APON, con la diferencia de que puede brindar soporte a otros estándares de banda ancha. En sus inicios estaba definida con una tasa de 155Mbps fijos tanto en su canal ascendente como descendente, más luego sufrió una modificación para poder admitir trafico asimétrico con un canal ascendente de 155Mbps y trafico descendente de 622Mbps y trafico simétrico con 622Mbps.

2.6.3 EPON (*Ethernet Mode Passive Optical Network*)

La recomendación de IEEE 802.3 define a EPON, esta se caracteriza por el transporte de trafico nativo de red ETHERNET en lugar del clásico ATM.

Esta mejora el trafico IP, la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos. EPON está establecida en dos velocidades bidireccionales de transferencia de 1Gbps en

downstream en 1490 nm y upstream en 1310nm -1550nm reservado para los servicios de extensión, como transmisión de video analógico.

2.6.4 GPON (Gigabit Mode Passive Optical Network)

Las redes ITU-T G984 define a la red GPON con una alta capacidad, proporciona un gran ancho de banda a cada usuario final. El alcance físico actual es de 20 Km. Esta tecnología ofrece una transmisión asimétrica o simétrica bidireccional con una tasa de transmisión de 1.2Gbps upstream /2.4Gbps downstream y 2.4 Gbps tanto en upstream como downstream

Esta tecnología de nueva generación provee de servicio triple play (internet, telefonía y televisión), utiliza arquitecturas como: FTTH FTTN FTTC FFTB, Una gran ventaja que presenta esta tecnología es la compatibilidad con cualquier servicio TDM, Ethernet, ATM entre otros, gracias a su método de encapsulación basado en GEM (Generalized Encapsulation Method)

2.6.5 XG-PON (10 Gigabit Mode Passive Optical Network)

ITU-T G987 series [1-4] define a las redes XGPON, el objeto principal de estas redes es aumentar el ancho de banda, usando infraestructuras ya desplegadas por su antecesor red GPON.

Esta recomendación está dividida en dos fases XG-PON1, donde se obtienen tasas de 10 Gbps en el canal descendente y 2.5 Gbps en al canal ascendente, la segunda es XG-PON2 definida con tasa de transmisión simétrica de 10 Gbps trabaja en longitudes de onda de 1577 nm en enlace descendente y 1277 nm en enlace ascendente, permitiendo coexistir en la misma fibra óptica con GPON.

2.7 Norma ITU.T G 987

Las normas ITU nos permiten tener el sector de las telecomunicaciones bajo control mediante la elaboración de normas internacionales conocidas como Recomendaciones ITU, las cuales actúan como elementos definitorios para la infraestructura mundial de las tecnologías de la información y de la comunicación TIC, el uso de las normas nos permiten tener una interoperabilidad de las TIC, la cual permite el intercambio de los diferentes servicios brindados por las infraestructuras de red, las normas permiten las comunicaciones globales asegurando que las redes y dispositivos de TIC de los distintos países utilizan un mismo lenguaje. (Recomendaciones ITU-T, 2019)

XGPON permite coexistir con las redes Gpon, por lo cual favorece el desarrollo de servicios de nueva generación como es televisión en alta definición, telefonía IP, video conferencia, etc. Incentivando la implantación del servicio Triple Play.

El estándar ITU-T G987 define las siguientes características:

- G.987: Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Definiciones, abreviaturas y siglas.
- G.987.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales.
- G.987.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de capa dependiente del medio físico (Physical media dependent PMD).
- G.987.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 gigabits (XG-PON): Especificaciones de la convergencia de transmisión (TC).
- G.987.4: Redes óptica pasivas con capacidad de 10 Gbit (XG-PON): Ampliación del alcance.

2.7.1 ITU-T G.987.1

Requisitos generales. Esta recomendación determina la elaboración de las capas PHY y TC, identifica requerimientos operacionales y el soporte de aplicaciones.

2.7.1.1 Arquitectura de la Red de Acceso

XG-PON puede ser aplicada a cualquier tipo de red óptica de acceso

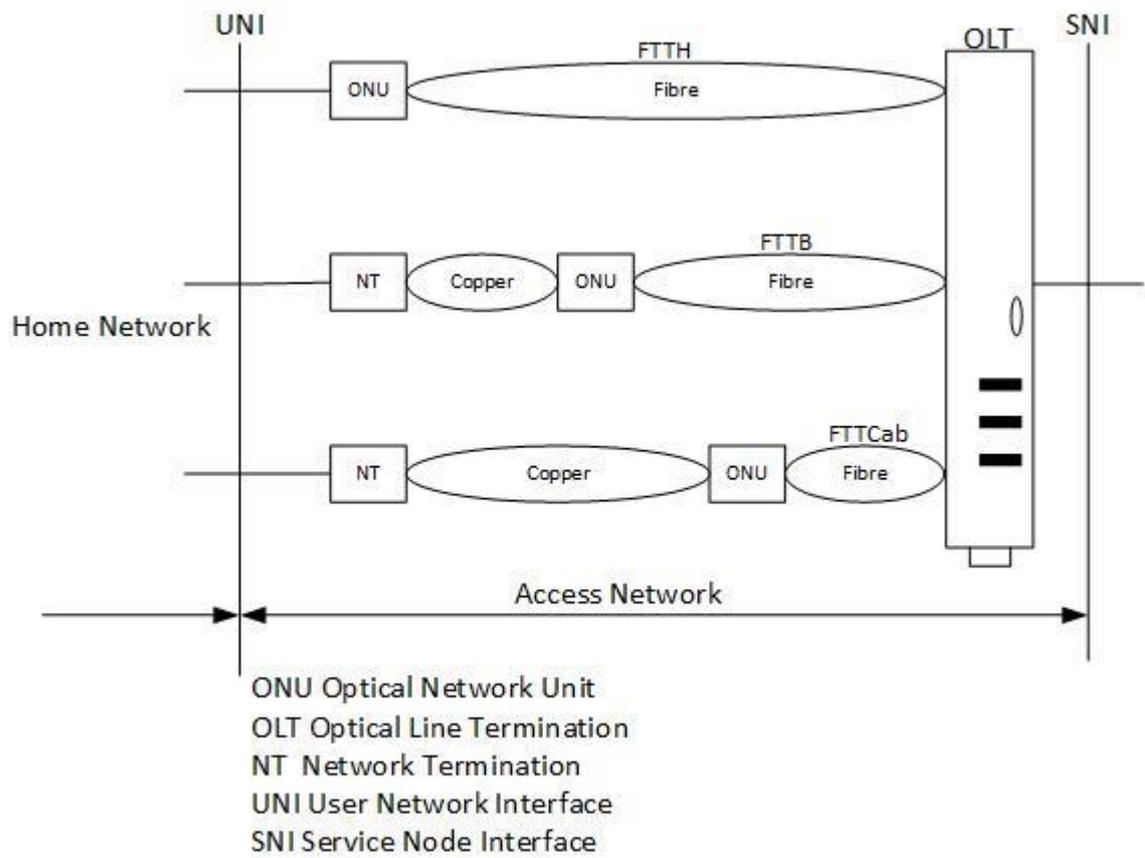


Figura 6-1. Arquitectura de red FTTX

Fuente: <http://telpromadrid.eu>

2.7.1.2 Longitud de Onda de Operación XG-PON

Permite coexistir con la tecnología G-PON existente, a continuación, en la Tabla se muestra una adecuada distribución de frecuencias con respecto a XG-PON y G-PON en el canal ascendente y descendente.

Tabla 3-1: Longitudes de Onda de Operación

Items	Notación	Unidad	Valor nominal	Ejemplo de aplicaciones
XG-PON1 Upstream				
Límite Inferior	-	Nm	1260	Para uso de XG-PON1 Upstream
Límite Superior	-	Nm	1280	
Banda mejorada (opción 1)				
Límite Inferior	1λ	Nm	1290	Para uso de G-PON Upstream (opción reducida: 1290-1330 nm)
Límite Superior	-	Nm	1330	
Banda mejorada (opción 2)				
Límite Inferior	-	Nm	1360 (Informativa)	NOTA: los valores son informativos. La pérdida en esta banda no está garantizada en componentes de ramificación óptica para PON (es decir, divisores de potencia) especificados en [b-ITU-T G.671] ni en fibras ópticas especificadas como ITU-T G652 A&B (fibras de bajo pico de agua).
Límite Superior	-	Nm	1480 (Informativa)	
Banda mejorada (opción 3)				
Límite Inferior	-	Nm	1480	Para el uso de G-PON downstream (1480-1500 nm) y para la distribución de video (1550-1560 nm).
Límite Superior	-	Nm	1560	

XG-PON Downstream (Banda Base)				
Límite Inferior	-	Nm	1575	Para el uso XG-PON1 Downstream (Nota 2)
Límite Superior	-	Nm	1580	
Items	Notación	Unidad	Valor Nominal	Ejemplos de explicaciones
Banda mejorada (opción 4)				
Límite inferior	5λ	Nm	TBD	Para uso futuro.
Límite Superior	6λ	Nm	TBD to 1625	NOTA: el valor del límite superior se determina como una elección del operador desde TBD (por determinar) hasta 1625 nm, considerando los siguientes factores: Pérdida de flexión de fibra óptica que aumenta a longitudes de onda más largas: Pérdida de un filtro que separa / combina una señal de monitoreo y señales de usuario (si se usa un sistema de monitoreo óptico)
NOTA 1 - Se deben considerar las bandas de protección adecuadas en el caso de múltiples longitudes de onda en la misma banda de mejora.				
NOTA 2 - Se permite una banda de longitud de onda mejorada de 1575-1581 nm en el caso de operaciones de OLT en exteriores.				

Fuente: Rec. ITU-T G.984.5 (2014)/Amd.1

2.7.1.3 Estructura de las capas de XG-PON

El modelo de protocolo de esta tecnología se divide en 3 capas: PHY, TC y capa de trayectoria (capa de encapsulamiento X-GEM). La capa XTC se divide en subcapas PON de transmisión y de adaptación que corresponde a la subcapa de convergencia de transmisión de X-GEM al transmitir diferentes tipos de datos. (Diseño de una red 10G-PON Para el Barrio Carcelen Alto 3D, 2013)

2.7.1.4 Escenarios de Migración

Se produce bajo condiciones de coexistencia entre ambas tecnologías 10G-PON Y GPON, de manera que sea imperceptible para el usuario., a continuación, se describen dos tipos de escenarios:

- El operador que posea montada la infraestructura con tecnología G-PON, pero por ciertos usuarios que requieran servicios de mayor ancho de banda, se los migrará a 10G-PON. Hay que tener en cuenta que a pesar que la red sufra algunas variantes en la etapa de transición de G-PON a 10G-PON se debe evitar molestias e inconvenientes por corte o interrupción de servicios hacia los usuarios establecidos en la red existente como parte del primer escenario establecido.
- En el segundo escenario establecido corresponde al no existir una red de G-PON montada sobre un área determinada, se realizarán los trabajos de construcción de planta externa de fibra para la tecnología XG-PON.

2.7.1.5 Requerimientos de Servicios XG-PON

debe soportar múltiples servicios por su gran ancho de banda y por ser la inmediata mejora de la tecnología G-PON, en la tabla 2, se especifica los servicios que puede llevar esta tecnología.

Tabla 4-1: Servicios para XG-PON

No.	Servicio		Observación
1	Telefonia	VoIP	
2		POTS	El tiempo medio de retraso de transferencia de señal entre TV (o (a)V) debe ser inferior a 1,5 ms. La cancelación de eco IF se utiliza en la red, el tiempo medio de retraso de transferencia de señal entre TV (o (a) -V) en el PON basado en el sistema puede ser más largo, si se cumplen los requisitos de demora de transferencia de extremo a extremo. Se debe proporcionar una referencia de 8KHz. (Ver Nota) La señal en el punto de referencia T y el punto de referencia V debe ser continua. Se supone que la emulación y / o simulación, como se define en [UIT-T Y 2201]

3	TV (tiempo real)	IPTV	Para ser transportado usando IP multicast / unicast
		Difusión de TV Digital	Transportado usando la superposición de RF-video([ITU-T G.983.3],[ITU-T J.185] and [ITU-T J.186])
No.	Servicio		Observación
4	Linea Arrendada	T1	La tasa de transferencia es de 1.544 Mbit/s Tiempo medio de retardo de señal entre T-V (o(a)-V) debe ser inferior a 1,5 ms. La emulación se asume principalmente.
5		E1	La tasa es de 2.048 Mbit/s Tiempo medio de retardo de transferencia de señal entre T-V (o(a)-V) debe ser inferior a 1,5 ms. La emulación se asume principalmente.
6	Acceso de a internet de alta velocidad		La UNI es típicamente Gigabit Ethernet
7	Conmutación de telefonía celular		Se admite la sincronización precisa de frecuencia fase y hora
8	L2 servicios VPN		Los mismos requerimientos del servicio Ethernet
9	Servicios IP		Los mismos requerimientos del servicio L3 VPN y VoIP,etc.
Nota: leer [ITU-T G.810],[ITU-T G.813],[ITU-T G,703] and [ITU-T G 8262]			

Fuente: Rec. ITU-T G.984.5 (2014)/Amd.1

2.7.1.6 Requerimientos de la Capa Física XG-PON

Establece ciertos requerimientos para trabajar en su capa física, en la siguiente Tabla 8 se menciona los parámetros específicos para cumplir con la capa física.

Tabla 5-1: Capa Física XGpon

Parámetro	Especificación		
Fibra Óptica	Fibras ópticas mono modo, similares características		
Longitud de onda	Downstream	1575-1581 nm	
	Upstream	1260-1280 nm	
Tasa de Transferencia	XG-PON1	10 Gbps Down	2,5 Gbps up
	XG-PON2	10 Gbps Down	10 Gbps up
Relacion de division	1:32, 1:64, 1:128		
Distancia de Fibra Optica	XG-PON1	MAXIMA DISTANCIA FIBRA 20 Km	
	Capa TC	MAXIMA DISTANCIA LOGICA DE FIBRA 60Km	

Fuente: Rec. ITU-T G.984.5 (2014)/Amd.1

2.7.1.7 Nivel de Requerimiento del Sistema: Autenticación, Identificación y Encriptación

Este nivel de requerimiento está a cargo del operador que presta los servicios de telecomunicaciones, por lo general la encriptación de los datos se da en el sentido descendente, y un medio de identificación para el modo dormido, cuando se utiliza el ahorro de energía.

2.7.1.8 DBA (Dynamic Bandwidth Assignment – Asignación Dinámica de Ancho de Banda)

La Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA), es una técnica por la cual el ancho de banda de un medio de comunicación compartido puede ser asignado de forma adecuada y dependiendo de la necesidad entre diferentes usuarios. Es una forma de manejo de ancho de banda y es básicamente igual a la multiplexación estática, donde la compartición de un enlace se adapta de alguna forma para la demanda del tráfico instantáneo de los nodos conectados a dicho enlace.

Su funcionalidad rescata algunas de las opciones de redes compartidas cuando varios usuarios pertenecientes a una red no se hallen conectados, aquellos que si lo están se benefician con una

mayor capacidad para la transmisión de datos, dando cabida a esa información en los intervalos no utilizados del ancho de banda.

La OLT debe tolerar DBA para realizar una distribución eficiente del ancho de banda de upstream hacia las ONUs identificadas, para lo cual se usan dos métodos:

- **SR (Status Reporting – Reporte de Estado):**

La OLT realiza reportes de ocupación del buffer que solicita el DBA, para luego ser enviadas hacia las ONUs.

- **TM (Traffic Monitoring – Monitoreo de Tráfico):**

El DBA se realiza las comparaciones con las transmisiones ascendentes con la cantidad de tráfico de la OLT.

2.7.2 G.987.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON):

Especificación de capa dependiente del medio físico (Physical media dependent, PMD). Esta recomendación delimita las especificaciones para el manejo de la capa dependiente de los medios físicos (PMD – Physical Media Dependent) para una red óptica con capacidad de transmitir varios servicios entre la interfaz del operador y el usuario

Tabla 6-1: Características del Medio Físico

Parámetro	Especificación	
Velocidad de línea	Upstream	2,48832 Gbps
	Downstream	9,95328 Gbps
Codificación de línea	NRZ	
Frecuencia de Operación	Upstream	1260 - 1280 nm
	Downstream	1575 - 1580 nm

Código FEC	Upstream	FEC debil
	Downstream	FEC fuerte
Características de la Fibra Óptica	Compatible con UIT-T G652 Trasmisión bidireccional utilizando la técnica WDM	
Tipo de Fuente	Laser SLM	

Fuente: Rec. ITU-T G.984.5 (2014)/Amd.1

La OAN (Optical Access Network) permite en esta recomendación que el operador de red brinde versiones mejoradas con la suficiente flexibilidad para satisfacer las necesidades futuras de sus abonados, en particular en la zona de la red de distribución óptica (ODN, optical distribution network).

Se forman puntos de referencia entre el usuario-red y nodo de servicio, para la configuración física de la OAN.

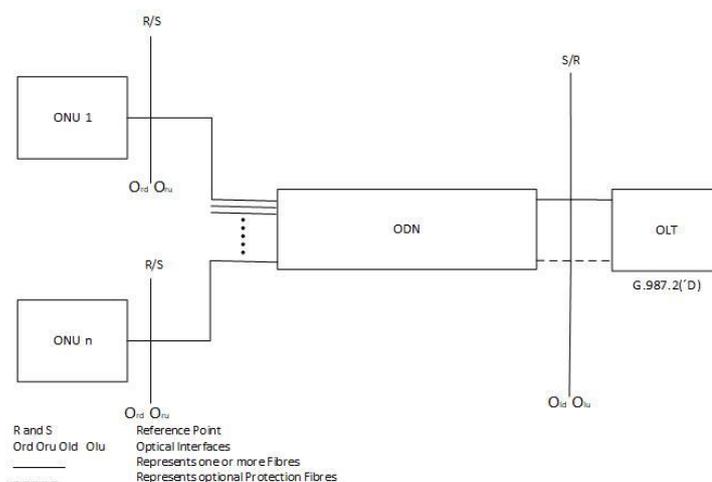


Figura 7-1. Configuración OAN

Fuente: [ITU-T G.983.1]

- R/S (Receive/Send) y S/R (Send/Receive): Puntos de referencia.
- Ord (Optical request-distribution), Oru (Optical request-user), Old (Optical linedistribution), Olu (Optical line-user): Interfaces ópticas entre la red de distribución, usuario y línea.

- Líneas de conexión: Representan a una o más fibras principales y auxiliares basadas en la recomendación G.652.

Al coexistir las tecnologías de 10G-PON y G-PON se tomará de la enmienda 1: Nuevo Apéndice III – Prácticas idóneas utilizadas en la industria para redes ópticas pasivas con capacidad 1,244 Gbit/s en sentido ascendente y de 2,488 Gbit/s en sentido descendente de la recomendación G.984.2

Redes ópticas pasivas con la capacidad de transportar gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos; para los valores de niveles de potencia (Tabla 5) para aumentar la capacidad operativa de la red 10G-PON y los niveles de atenuación estipulados para cada longitud de onda.

Tabla 7-1: Niveles de potencia XGpon a velocidades de 2,4 Gbit/s descendente y 1,2 Gbit/s ascendente

Niveles de potencia		
Características	Unidad	Mono fibra
OLT		
Mínima potencia media inyectada	dBm	+1,5
Máxima potencia media inyectada	dBm	+5
mínima sensibilidad	dBm	-28
mínima sobrecarga	dBm	-8
Degradación óptica en sentido descendente	dB	0,5
ONU		
Mínima potencia media inyectada	dBm	+0,5
Máxima potencia media inyectada	dBm	+5
mínima sensibilidad	dBm	-27

mínima sobrecarga	dBm	-8
Degradación óptica en sentido descendente	dB	0,5

Fuente: Rec. ITU-T G.984.5 (2014)/Amd.1

Tabla 8-1: Atenuaciones en Gpon

Balance de atenuación de sistema G-PON		
Características	Unidad	Monofibra
Mínima atenuación óptica 1490 nm	dBm	13
Mínima atenuación óptica 1310 nm	dBm	13
Mínima atenuación óptica 1490 nm	dBm	28
Mínima atenuación óptica 1310 nm	dBm	28

Fuente: Rec. ITU-T G.984.5 (2014)/Amd.1

2.7.3 G.987.3

Esta recomendación determina las especificaciones de la capa de convergencia (TC – Transmission Convergence), administración del sistema, activación de la ONU y seguridad de redes XG-PON.

2.7.3.1 OAM (Operation Administration and Maintenance – Operaciones, Administración y Mantenimiento)

Facilita al operador la gestión de los equipos de usuario (ONT/ONUs) centralizada, sin la intervención de estos. Permite implantar un punto de demarcación entre el abonado y la red del operador de servicios. la gestión remota de las ONTs (teledescarga de actualizaciones, parámetros

de funcionamiento, etc) Facilita en gran parte la gestión de servicios de usuario y configuración de: ancho de banda, características del servicio de voz, vídeo multicast, etc

2.7.3.2 PLOAM (Physical Layer Operation Administration and Maintenance)

Capa Física de Operaciones, Administración y Mantenimiento, Es un canal habilitado en la trama XGTC para el envío de mensajes entre OLT y ONT/ONU. A través de la gestión PLOAM se configuran y monitorizan parámetros del nivel PMD y XGTC como se muestra en la Fig. 1-7.

- Activación de ONUs (asignación de ONU-ID, Ranging, desactivación de ONU, Password, S/N, etc)
- Configuración de encriptación
- Alarmas (Errores físicos, etc)

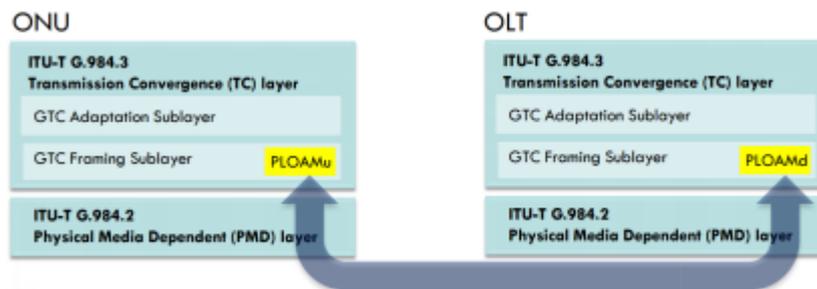


Figura 8-1. Canal PLOAM

Fuente: <https://promax.es>

2.7.3.3 OMCI (ONT Management and Control Interface)

Gestión de la ONT y la Interfaz de Control) OMCI es empleado por la OLT para verificar y evaluar las ONTs y permite:

- Liberación y establecimiento de conexiones con las ONTs.
- Administración y configuración de servicios
- Gestión de averías, rendimiento, seguridad, alarmas, etc.

Los mensajes OMCI viajan en tramas GEM los cuales son encapsulados. Estos han sido desarrollados para facilitar la interoperabilidad entre fabricantes.

2.7.4 G.987.4

Esta recomendación determina las especificaciones de la arquitectura y de interfaz para 10G-PON para un alcance extendido usando un dispositivo de extensión para la capa física, como un generador o amplificador óptico en el enlace óptico entre la OLT y ONT como se muestra en la Fig.9. El alcance máximo es de 60 Km con admisión de pérdidas de más 28,5 dB ser alcanzable en ambos tramos.

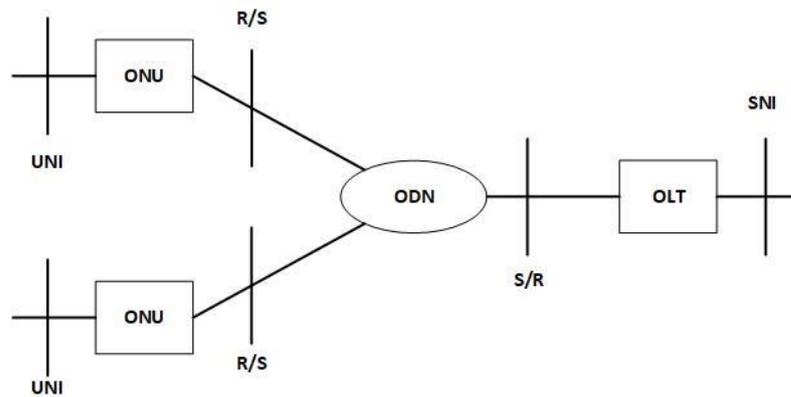


Figura 9-1. Red XG-PON sin alcance extendido

Fuente: <https://www.osapublishing.org>

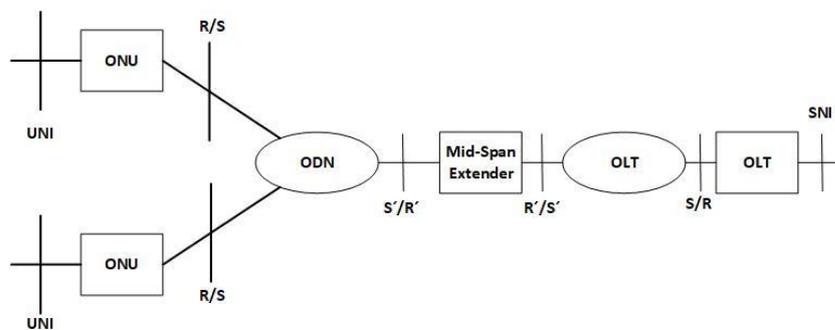


Figura 20-1. Red XG-PON con alcance extendido

Fuente: <https://www.osapublishing.org>

2.7.5 Comparación de Estándares G.984 (GPON) y G.987 (XG-PON-10G-PON)

Ambos estándares pueden coexistir de manera que no deben afectar en la entrega de servicios al usuario final.

En la actualidad, los continuos requerimientos de un mayor ancho de banda para la transmisión de nuevos servicios hacen que GPON pueda migrar hacia redes XG-PON para cohabitar ambas tecnologías y poder usar infraestructura ya puesta por los operadores y poder combinar la planta externa para proveer de los distintos servicios clasificando para corporativos o abonados.

En la Tabla 9-1 se identifica las principales características que determinan la diferencia de ambas tecnologías:

Tabla 9-1: Características de redes GPON y XGPON

Identificación	Características	G-PON	XG-PON1	XG-PON2
Fibra Óptica	Cantidad Para Transmisiones	2	1	1
Canales	Downstream	2,4 Gbps	10 Gbps	10 Gbps
	Upstream	2,4 Gbps	2,5 Gbps	10 Gbps
Capas	Subcapas de Adaptación y Entrada en la Capa TC	SI	añade subcapa PHY	añade subcapa PHY
Tramas	Campos FEC en todas las tramas de todas las subcapas	No en todas	SI	SI
Autenticación	OLT-ONU mediante canal OMCI	SI	SI	SI
Encriptación	Algoritmo AES	SI	SI	SI
Distancia	OLT-ONU/ONT	20-40 Km	20-60 KM	20-60 KM

Atenuación	con respecto a la distancia	27,5 Db	28,5 dB	28,5 dB
------------	-----------------------------	---------	---------	---------

Fuente: Rec. ITU-T G.984.5 (2014)/Amd.1 (05/2018)

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

Una vez especificadas las distintas características principales de ambas tecnologías, para el presente proyecto de titulación se optó realizar el estudio de XG-PON, ya que permite establecer y coexistir con G-PON utilizando la infraestructura existente de los distintos operadores que prevén esta tecnología, como es el caso de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) que permite migrar a sus abonados corporativos y establecer nuevos anchos de banda, como también incluir a las urbanizaciones o barrios de las distintas provincias del Ecuador, como es el caso de la provincia de Loja, Cantón Loja específicamente del barrio el Capulí, Barrio dos Puentes y el Programa de Vivienda —Ciudad Verdel, que mediante este estudio se pretende conocer cómo se aplicaría esta tecnología con los nuevos servicios de telecomunicaciones que son tendencia en este Siglo XXI.

2.8 Red NGpon

La migración de las redes PON a NG-PON muestra la evolución del crecimiento determinada por la tecnología NGPON1 se propone un cambio revolucionario a NGPON2 por lo cual la evolución de la tecnología de nueva generación de PON (NG-PON) se clasifica en dos tipos las cuales son NG-PON1 y NG-PON2

La tecnología NG-PON1 resulta de la evolución de la tecnología GPON permitiendo que las dos tecnologías convivan en una misma ODN facilitando así la transmisión gradual entre estas dos tecnologías, lo cual permite que los clientes puedan actualizar su tecnología de servicio a NG-PON en una misma ODN Y coexistir en comunidad con usuarios de GPON sin interrumpir los servicios de los diferentes usuarios.

la tecnología NG-PON2, plantea un cambio disruptivo de la tecnología NG-PON la cual de ninguna manera permite la convivencia con GPON en la misma ODN, se están realizando investigaciones y estudios los cuales implementan nuevos equipos para definir esta nueva tecnología. (Análisis evolutivo de las redes de acceso de fibra óptica GPON - XGPON, 2018 págs. 40-42)

En la tabla 10-1 se muestra la comparativa de la tasa de transmisión en los canales de comunicación ascendente y descendente.

Tabla 20-1: Tasas de transmisión de los estándares NG-PON

Canal de comunicación	NG-PON1		NG-PON2
	XG-PON1	XG-PON2	
Upstream	2.5Gbps	10Gbps	40Gbps
Downstream	10Gbps		40Gbps

Fuente: <http://researchgate.net>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

2.8.1 Tecnologías de NG-PON1.

NG-PON tiene varias opciones de tecnologías, existen varias superposiciones de múltiples XG-PON a lo largo de un enlace de fibra óptica alimentada con múltiples canales de longitud de onda. XG-PON representa un sistema PON, con capacidad de al menos 10 Gbps en downstream y para upstream dependiendo de las aplicaciones puede ser 2.5 Gbps (XG-PON1) o velocidad de línea simétrica de 10 Gbps (XG-PON2).

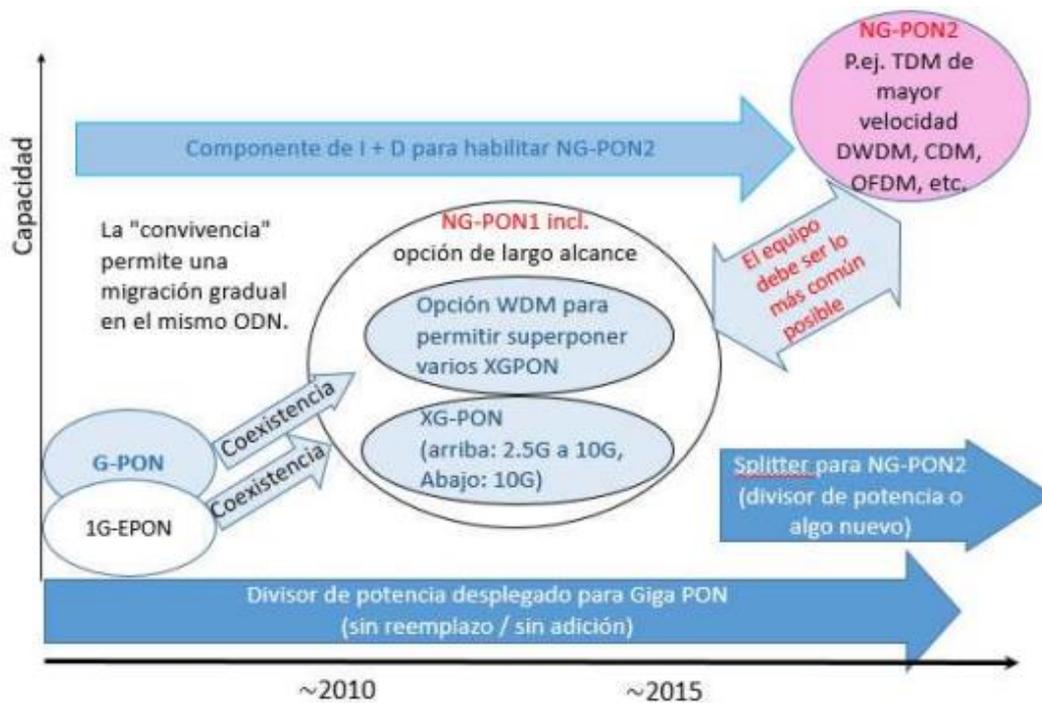


Figura 21-2. Representación de evolución para NG-PON1 y NG-PON2

Fuente: <https://medium.com>

2.8.2 Tecnologías de NG-PON2.

NG-PON2 es una solución a la propuesta por la tecnología NG-PON1, esta se presenta como una solución a largo plazo con un costo eficaz. NG-PON2 este tipo de tecnología no está restringido por los requisitos de coexistencia. Para la implementación de esta tecnología existen varias opciones, una de estas es la tecnología es la multiplexacion por división de longitud de onda densa (Dense WDM, DWDM), la primera generación de plotters y fibra óptica puede ser compartida tanto por GPON así también como NG-PON1 dada la asignación del espectro óptico. la tecnología NG-PON2 utiliza diferentes splitters y fibras las cuales en un futuro se podrán utilizar en diferentes dispositivos en lugar de los actuales splitters como las rejillas de guías de ondas agrupadas (Array Waveguide Grating AWG)

2.8.3 Red óptica pasiva XGPON.

Las tecnologías de redes de acceso han incrementado la velocidad de transmisión, siendo este uno de los factores de la evolución de las redes ópticas pasivas PON, organismos de investigación y regulación como FSAN e ITU-T han realizado especificaciones para las nuevas tecnologías de red óptica pasiva de nueva generación NG-PON las cuales ayudaran a proteger la inversión de los operadores los cuales utilizan la tecnología de red GPON.para poder ejecutar una migración a estas nuevas tecnologías se intenta realizar en dos etapas una de ellas es la tecnología actual XGPON1 y posteriormente a XGPON2.

La tecnología XGPON1 es conocida muy comúnmente como XGPON la cual está definida por la normativa ITU-T G987.

XGPON ofrece nuevos y diferentes servicios y está basada en su antecesor GPON la cual ha sido implementada, con el fin de facilitar la migración a este nuevo estándar de tecnología y evitar costos muy elevados, XGPON reutilizara los dispositivos y la infraestructura en el cual se planea aumentar el alcance y la capacidad, así como también poseer una mejor relación de división existente y asi contribuir con la solución de problemas ópticos. (Sánchez Ortega, 2018)

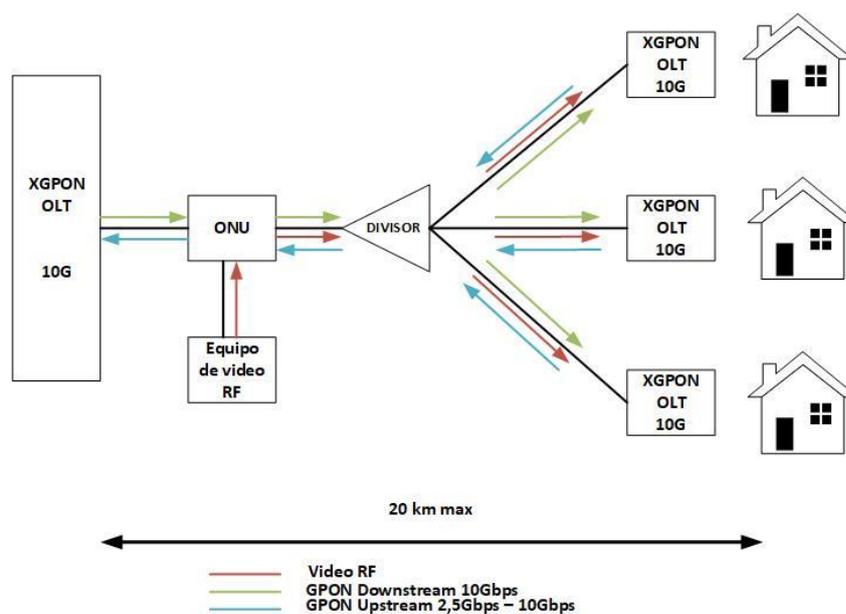


Figura 22-1. Arquitectura XG GPON

Fuente: Rec. ITU-T G.984.5 (2014)/Amd.1 (05/2018)

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

Los modelos de la capa física están definidos por la norma ITU-T G987.1:

- XG-PON1: esta tecnología presenta una velocidad de 2.5 Gbps en asedente, mientras que en la parte descendente ofrece Hasta 10Gbps de velocidad de transmisión, esta presenta una velocidad simétrica en el canal de comunicación ascendente la cual está basada en la normativa ITU-T G984 (GPON).
- XG-PON2: esta posee una velocidad simétrica la cual soporta recepción y transmisión de datos 10Gbps, la tasa de transmisión de datos a 10Gbps implican diferentes desafíos técnicos como el control de dispersión, la sensibilidad de los receptores y relaciones con la potencia las cuales son necesarias para tasa de velocidad tan elevada que esta posee.

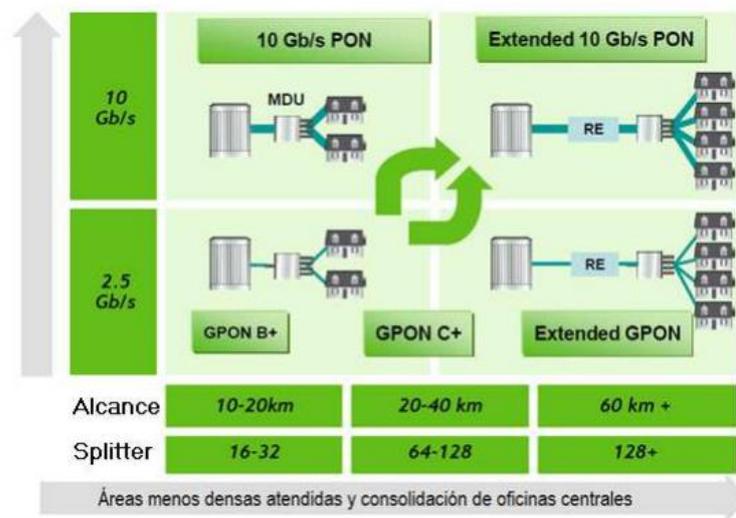


Figura 23-1. Evolución de GPON

Fuente: <https://www.aleashop.es>

con la utilización de estas tecnologías se podrá ofrecer servicios los cuales cubran una mayor distancia entre enlaces, un mayor ancho de banda y simetría por usuario, aumentando también la relación del divisor óptico.

existen dos escenarios de migración posibles lo cual el primero ofrece una evolución manteniendo la relación de 38 por el divisor y el alcance, y solo después de evolucionar hacia una arquitectura de larga distancia y de relación de divisor superior o evolucionar hacia la arquitectura de un mayor alcance de relación de divisor elevada y solo después de aumentar la capacidad de la red.

2.8.4 Coexistencia entre XG-PON/GPON

La tecnología Gpon actualmente en auge, con la evolución de XGPON es necesario migrar a esta nueva tecnología con una migración de bajo costo y sencilla, reutilizando la infraestructura y equipos para proteger las inversiones de los operadores que utilizan la tecnología GPON.

En la figura 13 se muestra el diagrama esquemático de la coexistencia entre GPON y XGPON

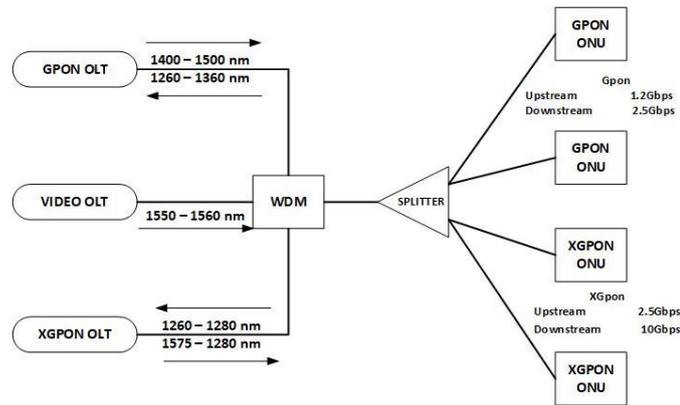


Figura 24-1. Coexistencia entre GPON y XG-PON.

Fuente: <https://www.researchgate.net>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

La tecnología XGPON como GPON pueden convivir con diferentes arquitecturas, inclusive estas pueden compartir una misma red de distribución para brindar un servicio en común de video.

GPON tanto como XGPON pueden compartir una misma ODN mediante la utilización de multiplicación WDM para lo cual se utilizan filtros de bloqueo de longitud de onda (Wavelength Bloking Filters WBF).

Los equipos WDM tiene como función principal combinar o aislar las longitudes de onda de las diferentes tecnologías XGpon, Gpon, así también como para la difusión de video con sus respectivas longitudes de onda tanto para Downstream como para Upstream, estos mecanismos se encuentran situados en las mismas OLT así también como en los equipos terminales ONT, en las ONUs se utilizan WBFs los cuales son filtros de 41 longitudes de onda las cuales interfieren o delimitan las señales enviadas a la OLT estas señales también pueden ser de transmisión de video. (Sánchez Ortega, 2018)

2.8.5 Mecanismos de transmisión de XGPON/GPON.

En la transmisión XGpon se utilizan mecanismos que utilizan la multiplicación en tiempo, TDM esto se realiza en sentido Downstream, mientras que en el sentido de Upstream se utilizan mecanismo de acceso múltiple TDMA independientemente de las tecnologías que se implementen en este estándar de tecnología.

Las señales de color morado son las señales GPON y de color amarillo son las señales XGPON. En el caso de un cliente GPON, éste recibe y envía señales GPON (cliente de color azul). En el caso de un cliente XGPON1, recibe señales XGPON y envía señales GPON (cliente de color rojo). En el caso de un cliente XGPON2, éste recibe y envía señales XGPON (cliente de color verde). Se trata entonces de la coexistencia de varias tecnologías en la misma red de distribución de acceso, que sólo es posible ya que las diferentes tecnologías operan a frecuencias diferentes. En el canal de comunicación en sentido descendente, se observa en la figura 14 la implementación del equipo WDM1r, el mismo que combina señales emitidas en diferentes frecuencias, procedentes de algunos OLTs que tiene incorporadas diferentes tecnologías.

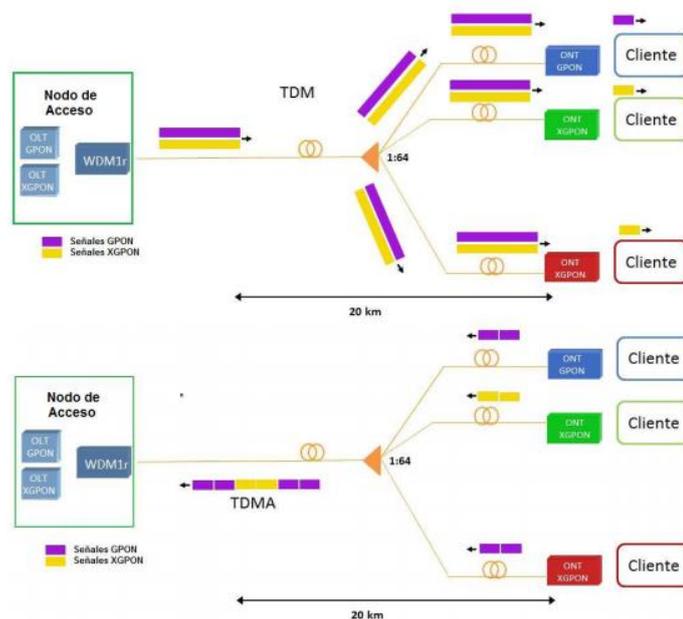


Figura 25-1. Canales de Comunicación GPON/XG PON.

Fuente: <https://conectronica.com>

2.8.6 Asignación de longitud de onda XGPON/GPON.

La tecnología XGPON, la transmisión en sentido ascendente utiliza una banda de 1260 nm a 1280nm y en sentido descendente de 10 Gbps se limita a una banda de transmisión de 1575 nm a 1580 nm en este sentido descendente las bandas de transmisión están delimitadas y se superponen permitiendo así un reparto de esta región del espectro que se caracteriza por poseer una baja dispersión cromática ,este recurso necesita una separación en el dominio del tiempo para

los canales TDMA la gama 1550 nm a 1560 nm es reservada para video, mientras tanto la tecnología GPON en su transmisión en sentido ascendente se limita a una banda de 1260 nm a 1360 nm y posee una banda de transmisión para sentido descendente de 1480 nm a 1500nm.

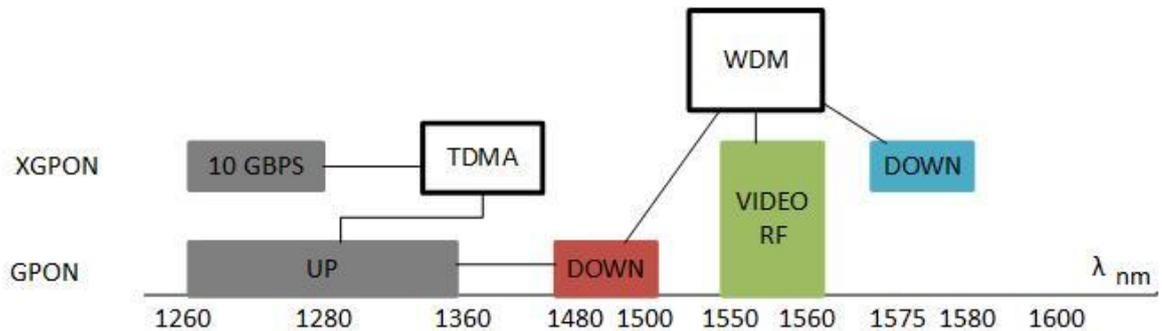


Figura 26-1. Asignación de longitud de onda XG-PON/G-PON.

Fuente: <https://promax.es>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

2.9 Redes FTTX

El gran desarrollo de la fibra óptica con su considerable capacidad de transmisión, ha dado inicio a un despliegue de redes ópticas de tipo punto a punto. El uso de la fibra óptica como remplazo del par trenzado de cobre ha permitido aumentar de forma significativa la calidad de servicio (QoS) la cual nos brinda mejores beneficios sin padecer un mayor costo de servicio permitiendo de esta manera que más usuarios obtengan este servicio. (Marchukov, 2011)

Sin embargo, a pesar de las ventajas que brinda la fibra óptica, esta no es muy utilizada en tramos finales, es decir, que en porciones de red desde el nodo central hasta el bucle de abonado .es por esto que en esta sección de red normalmente se utiliza cobre y los usuarios tienen limitaciones de las líneas de suscripción digital xDSL y las de líneas de fibra-coaxial (HFC).la otra manera podría ser la utilización de enlaces inalámbricos, tomando en cuenta la alta atenuación y las interferencias presente en este tipo de medio de transmisión. (Marchukov, 2011)

Por eso el rendimiento de las tecnologías en vigencia tiene los siguientes inconvenientes:

- Tienen una limitada capacidad de transmisión, a la vez que hay un crecimiento explosivo de la demanda de ancho de banda y otros servicios de altas velocidades.
- Utilizan aparatos y herramientas que requieren un mantenimiento continuo.
- El proveedor no permite ofrecer datos, video y voz al mismo tiempo a los usuarios de una manera económica.

Por las prestaciones que presenta la fibra óptica esta queda libre de las limitaciones antes mencionadas, tiene un obstáculo que interfiere con el desarrollo de servicios ópticos al sector residencial y al pequeño comercio que es el elevado costo de la conexión de cada abonado al nodo central. Tal cantidad de interconexiones del tipo punto a punto requiere la utilización de un mayor número de componentes activos, cable de fibra óptica y al mismo tiempo aumentaría el coste del propio despliegue.. (Abreu, 2009)

2.9.1 Tecnologías de redes FTTx

La arquitectura de una red FTTx (Fiber-to-the-x) ofrece diferentes tipos de soluciones interesantes para este tipo de problemas. Con FTTx, las redes pasivas (PON) de alta velocidad, permiten tener un enlace a varios usuarios al mismo tiempo, sin la necesidad de utilizar elementos activos, es decir, los componentes electroópticos que aumentan o regeneran la señal. Las redes FTTx se pueden diferenciar en varios tipos de redes que se clasifican dependiendo de la distancia entre el tramo de fibra y el usuario final. (Abreu, 2009)

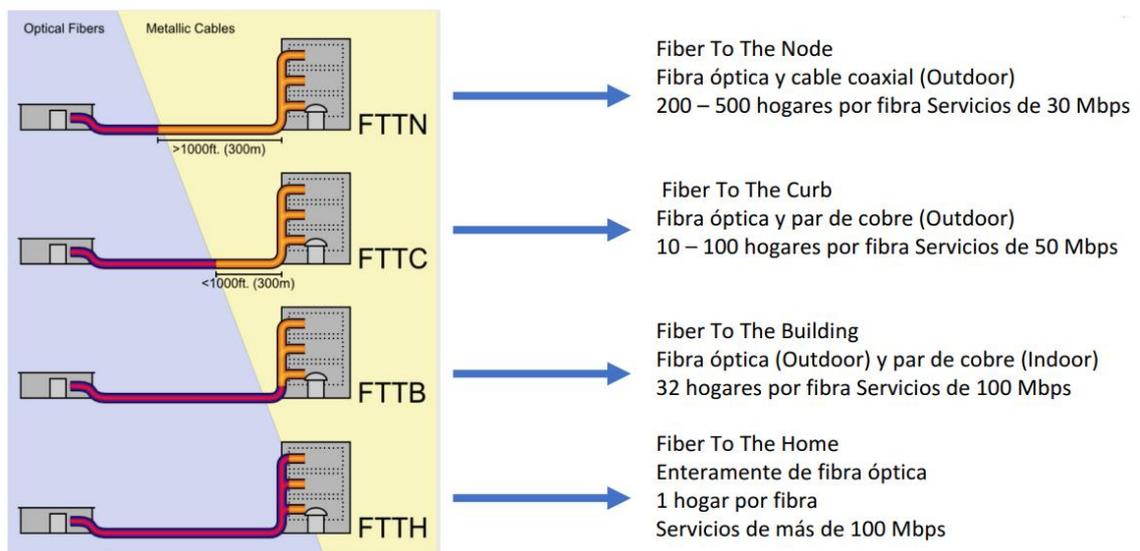


Figura 27-1. Clasificación de red FTTx

Fuente: <https://www.adslzone.net>

2.9.1.1 FTTB

Fibra hasta el edificio. Se utiliza para designar el recorrido o tramo de la fibra óptica desde las instalaciones del operador hasta la ubicación del abonado, pero la fibra óptica acaba antes de

alcanzar el espacio habitable. En esta configuración, la fibra llega hasta el límite de una construcción, como el sótano o en Centro Comercial, y luego la conexión final llega hasta el usuario, a través de otra tecnología complementaria (Cable, DSL, powerline PLC, etc). Se divide en dos escenarios, uno en el cual se considera múltiples unidades de vivienda (MDU) y el otro para las empresas. Cada uno de los escenarios tiene la categoría de servicios.

2.9.1.2 FTTH

Fibra hasta la antena es una nueva generación de conexión de alto rendimiento de la estación hasta la antena, en el marco del despliegue de nuevas redes móviles 4G/LTE por los operadores de telecomunicaciones. En el presente trabajo centraré el estudio sobre redes GPON usando la topología FTTH (Fibra hasta la casa).

2.9.1.3 FTTC

Fibra que termina en un gabinete ubicado típicamente en la calle, aproximadamente entre 300 y 600m de las instalaciones del cliente.

2.9.1.4 FTTN

Es muy similar a FTTC, pero el gabinete de la calle está más lejos de los locales del usuario. El recorrido de fibra termina en una cabina en la calle situada a una distancia de 1,5 a 3 km del abonado. El tramo de fibra óptica va, en este caso, desde la ubicación del operador hasta un punto alejado del usuario que luego se definirá en red FTTB o FTTH. La dirección de acceso entre el punto de abonado y de intermedio no es la fibra óptica, sino otro medio de transmisión. En este caso se insertaría en una especie de intermediario entre el usuario y el cable.

2.9.2 Características De Las Redes De Acceso FTTx

Con el fin de brindar servicio con un gran ancho de banda a usuarios localizados a distancias remotas en las cuales los servicios xDSL no lo puede brindar por las limitaciones que esta presenta en cuanto a su tecnología y funcionamiento, para poder acercar el servicio xDSL a la zona a brindar el servicio se puede implementar una red FTTC, en este caso las redes con tecnología de acceso mediante fibra óptica hasta el domicilio son las FTTH. (Desarrollo de un sistema de fibra optica, 2009)

Con este tipo de redes se tiene diversas topologías y diversas tecnologías las cuales se pueden implementar a fin de obtener un despliegue de infraestructura de acceso mediante fibra hasta el hogar, este tipo de redes se clasifican en:

- Redes activas: poseen elementos activos fuera de la central, como en el caso SDH-NG, o una red metro ethernet distribuidas de tal manera en la cual se pueda conectar directamente a los clientes a la red, estas redes cumplen la función de red de acceso y no de transporte como es en la actualidad. (Desarrollo de un sistema de fibra optica, 2009)
- Redes pasivas: son redes en los cuales sus componentes son enteramente pasivos en la fase de red de distribución, exceptuando en la central y el domicilio. estas redes son denominadas PON, estas permiten a varios usuarios utilizar una misma fibra. (Desarrollo de un sistema de fibra optica, 2009)

2.10 OptiSystem

OptiSystem es un software de simulación de redes de comunicaciones ópticas muy innovador investigado y desarrollado por Optiwave que tiene como propósito principal satisfacer los requerimientos tanto de diseñadores de sistemas ópticos como académicos, de igual manera el de los ingenieros de comunicaciones ópticas e investigadores. Este software añade diferentes modos de diseño, prueba y optimización todas estas funciones de diseño de capa física de red óptica de banda ancha. Este software permite realizar una conexión óptica virtual.

este software de simulación de redes ópticas posee en su librería de herramientas una gran cantidad de elementos de red óptica pasivos, activos, energía longitud de onda, así como también tiene otros parámetros los cuales nos permiten manipular las ganancias y pérdidas de los sistemas o elementos. Este simulador tiene la capacidad de brindar al usuario módulos de manipulación de parámetros los cuales permiten optimizar y escanear datos específicos de la red, dispositivos y del rendimiento de los elementos que conforman el sistema de comunicación óptico.

Este software es una herramienta de diseño de red óptica y de sistemas ópticos de gran utilidad ya que posee grandes entornos de simulación, componentes y sistemas reales de definiciones de clasificación. este se basa en un simulador de nivel real de comunicación de fibra óptica, el rendimiento de este software puede conectarse a la biblioteca de interfaz de usuario del dispositivo y posee la capacidad de ampliarse completamente y así complementar las librerías para convertirse en una herramienta ampliamente utilizable. Así convirtiéndose en una herramienta muy útil para los requerimientos de diseño e implementación de sistemas ópticos. (Yang, 2010)

OptiSystem posee módulos de enseñanza alternativa los cuales permiten el entendimiento de los sistemas de comunicaciones ópticas y realizar conferencias de fibra ópticas.

este software permite a los estudiantes aprender varios conceptos importantes ya sea como implementación estudio o posteriormente como trabajo, este nos permite entender el funcionamiento, teorías subyacentes y características de la fibra óptica, fuente de luz y de los foto detectores de luz utilizado en los sistemas de redes fotonicos .con la utilización de este simulador se puede obtener experiencia en la evaluación y construcción de componentes fotonicos ,ancho de banda para el sistema de comunicación óptica y presupuesto de potencia, mediante el diseño de red óptica y de los elementos que la conforman. (Mohd, y otros, 2013)

A los estudiantes este software de desarrollo permite equipar con un producto de investigación y de enseñanza, además posee una comunidad la cual posee una gran cantidad de usuarios de informes sobre los nuevos logros y estudios usando esta herramienta de simulación y de diseño de redes ópticas, siendo de fácil acceso y utilización este software de simulación. (Mohd, y otros, 2013)

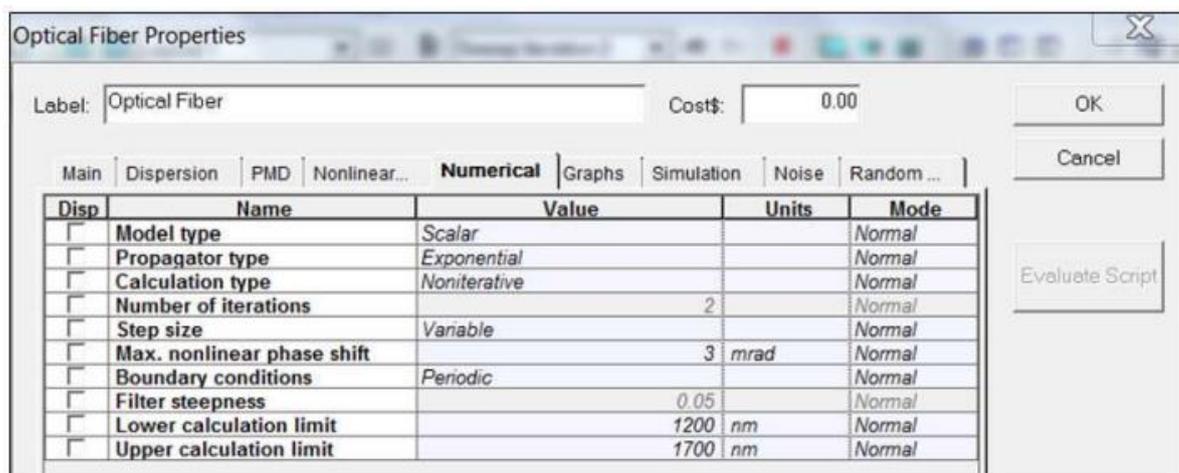


Figura 28-1. Entorno de Diseño de Fibra Óptica

Fuente: <https://optiwave.com>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

En la comunicación óptica han constituido un gran avance en la historia de las comunicaciones ópticas. los amplificadores ópticos brindan mayores prestaciones positivas las cuales permiten la sustitución de estaciones de retransmisión tradicional y permite que la comunicación óptica sea factible. Los amplificadores ópticos como el láser erbidopedado tiene un tiempo de desarrollo más ágil, el proceso realizado en el amplificador es realizado mediante la utilización de la señal de datos y la luz de la bomba la cual se combina mediante un MUX ideal, luego de ello estos ingresan al amplificador de fibra óptica dopado con erbio. OptiSystem permite comparar los espectros de

luz los cuales cambian antes y después de la utilización del amplificador analizando así el efecto que produce el amplificador. La longitud de onda de la luz central de señal y de la luz de bomba utilizada en esta es de 1550nm y 980nm respectivamente. El efecto producido por el amplificador se puede observar con mayor facilidad en la Figura 1-20 y Figura1-21 respectivamente. En estas figuras se aprecia claramente que la intensidad de la señal se ve incrementada significativamente en su amplitud, además el espectro de las señales ópticas son de aspecto similar lo cual indica que el amplificador óptico cumple con su propósito. (Yang, 2010)

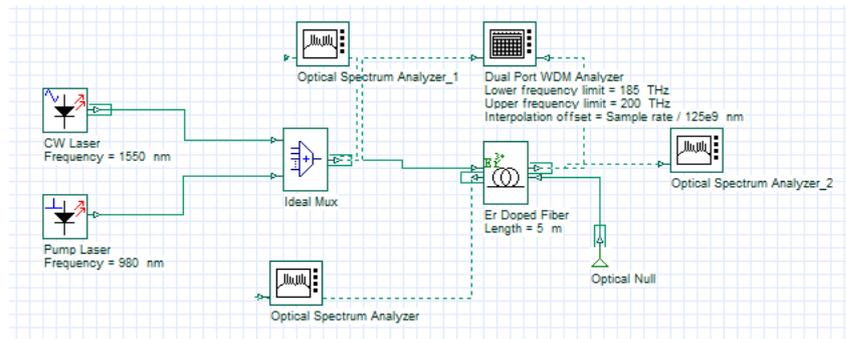


Figura 29-1. Diagrama de Amplificador óptico

Fuente: <https://optiwave.com>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

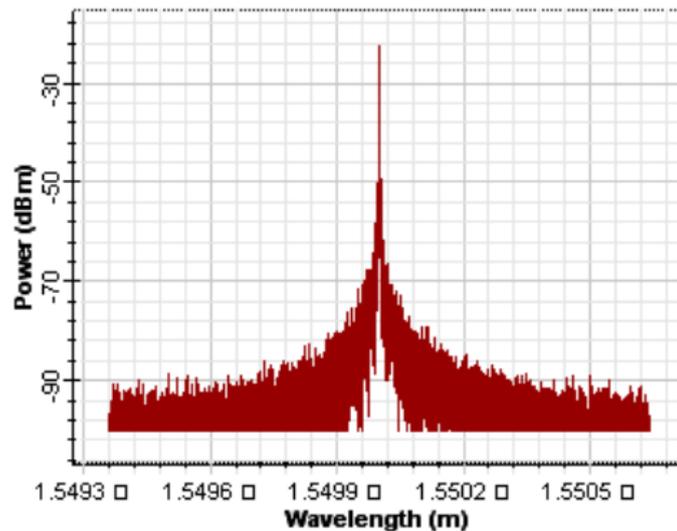


Figura 20-1. Espectro de luz original

Fuente: <https://optiwave.com>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

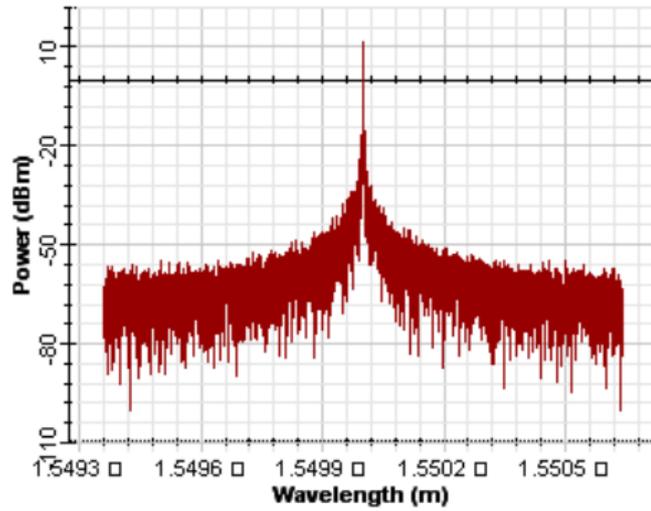


Figura 22-3. Espectro de luz Amplificado

Fuente: <https://optiwave.com>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

OptiSystem es una herramienta de diseño la cual es muy útil para enseñar a la generación Y y posteriormente a otras generaciones, la cual permite mediante el gadget de simulación por computadora, tanto Fiber Optics como Optoelectrónica, este software permite visualizar y entender de mejor manera el concepto teórico detrás del campo de la Optoelectrónica a los estudiantes, por lo tanto, se recomienda la utilización de OptiSystem como software de simulación.

CAPITULO III

3 MARCO METODOLOGICO

En este capítulo se explica todos los procedimientos para realizar la evaluación de calidad de servicio para redes FTTH con el estándar ITU-T G987.X, en el cual se enfoca en diferentes tipos de investigación, el diseño de investigación y las técnicas utilizadas para desarrollar la red FTTH de evaluación la cual será evaluada mediante un software el cual nos indicará la eficiencia del estándar ITU-T G987 y nos permitirá evaluar mediante la normativa vigente en el Ecuador.

3.1 Metodología de la investigación

3.1.1 Tipos de investigación

Es imprescindible emplear uno o varios tipos de investigación para que la cual sea apropiada, para la elaboración del presente proyecto se utilizó principalmente la investigación descriptiva, bibliográfica y de campo.

3.1.1.1 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica es la base fundamental para la ejecución del presente trabajo, esta nos brinda la suficiente información sobre investigaciones previas, para lo cual se utilizaron diferentes fuentes bibliográficas como los libros electrónicos y principalmente el internet.

La investigación bibliográfica ayudó con las diferentes definiciones enfocándose principalmente en las redes FTTH, parámetros de calidad, estándares y normativas ITU-T G. Para realizar una investigación sistemática y secuencial se utilizó el software EndNote que ayuda a manipular la información y las citas bibliográficas.

3.1.1.2 Investigación descriptiva.

La investigación descriptiva tiene como objetivo utilizar un método de análisis, el cual permite caracterizar el objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus propiedades y caracterizticas.se describió los factores los cuales generan insatisfacción al usuario acerca del

servicio percibido. Por otro lado, La descripción del porque ellos se sentían inconformes a través de métodos de observación directa.

3.1.2 Investigación Correlacional

En este tipo de investigación se pretenden visualizar como se vinculan o se relacionan diferentes fenómenos entre sí o en su defecto si no existe alguna relación entre ellos. La idea principal de esta es de saber cómo se puede actuar una variable conociendo el comportamiento de otra variable vinculada.

Para este estudio se analiza tanto la evaluación de una red FTTH la cual utilizada en el estándar XGPON con la calidad de servicio sobre Optisystem según normativa CNT e ITU-T G987X.

Para realizar una investigación todas las ciencias se apoyan en un método científico; sin embargo, cada especialidad requiere de ciertos procedimientos y técnicas particulares, es decir, métodos que se adapten a los tipos de objetos a investigar dependiendo de sus peculiaridades. El tipo de metodología es la que permitirá alinear el tema de investigación con el cual se construye la técnica e instrumento más efectivo para poder obtener información y de esta manera poder entregar de manera precisa y clara los resultados obtenidos.

3.2 Estudio de demanda

Se creó una encuesta, con preguntas cerradas las cuales han sido orientadas para percibir variables y subvariables las cuales conllevan evaluar la calidad de servicio. Teniendo en cuenta como variables la satisfacción del usuario al percibir el servicio de internet, la velocidad y estado de enlace de red, así también como los inconvenientes que esta red presenta y en los horarios en los que frecuenta interrumpirse la conexión.

3.2.1 Tamaño de la muestra poblacional

Una vez que se encuentra definido cuál es nuestra unidad de análisis, se inicia a definir la población la cual va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados, en nuestro caso procedemos a realizar una encuesta a los usuarios que se encuentran aledaños a la cooperativa de vivienda Chimborazo en la cual se va a realizar el estudio del nuevo estándar de tecnología, así nuestra población se ve delimitada por ser usuarios de CNT.EP.

Para determinar el tamaño de la muestra poblacional se aplica con la siguiente formula utilizando el método aleatorio simple:

$$n = \frac{N}{e^2(N - 1) + 1}$$

Ecuación 1-2 formula para determinar la población

Donde:

n= Número de encuestas a realizar

N= Número de viviendas

E= Error muestral 95%.

$$n = \frac{984}{0,05^2(984 - 1) + 1}$$

$$n = 284,59$$

Se realizará la encuesta a 284 personas las cuales.

La muestra de nuestra población está delimitada a los usuarios los cuales poseen un servicio de fibra óptica y de proveedor de servicio de internet CNT.EP, el tamaño de la muestra que se obtuvo es de 284 personas encuestadas teniendo en cuenta que nuestra demanda actual es de 984 nuestro tamaño de muestra representa a un 28,86% de nuestra demanda actual. Las personas las cuales conforman la muestra son estudiantes universitarios, padres de familia y personas las cuales poseen un servicio de internet.

3.3 Diseño de red FTTH

Se presenta la simulación de una red FTTH en la cual se implementará XGPON esto se realizará mediante la herramienta de simulación Optisystem en el cual se introduce los valores reales de potencia de Rx (Recepción) y Tx (Transmisión) de los dispositivos los cuales son empleados por la normativa CNT.

OptiSystem como simulador tiene ventajas las cuales permiten acondicionar diferentes herramientas como OptiBPM, OptiAmplifier herramientas de diseño de Optiwave, además este simulador posee una amplia gama de componentes pasivos y activos los cuales permiten desarrollar y simular un entorno realista lo cual hace a este software robusto para la simulación de enlaces ópticos.

Entre las diferentes aplicaciones que se pueden desarrollar con este software se encuentran el diseño de redes PON, redes SONET/SDH aplicaciones con WDM en donde se puede configurar receptor transmisor y canal, este software presenta un módulo de Matlab que permite agregar nuevos elementos al software.

3.4 Diagrama de bloques de la Red XGPON

En la figura 2-1, Se identifica el diagrama de bloques de red consta de 4 partes esenciales por donde se transmite la longitud de onda las cuales son: ONT (bloque de recepción), splitter, red Feeder o red de alimentación y OLT (bloque de transmisión), en la red propuesta se emplean varios módulos los cuales componen estas 4 porciones de la red las cuales tienen elementos que son predeterminados o complementarios del módulo que se está empleando.

Finalmente, cada puerto PON de la OLT mediante divisores ópticos (splitter 1:32) brindan el servicio a cada uno de los 32 usuarios mediante la ONT, hasta cumple el proceso de downstream, ahora la ONT realiza la transmisión de datos (Upstream) ocupando la ventana de transmisión comprendida entre 1260 nm a 1280 nm, En este proceso se realizan millones de veces en las cuales se emplea la multiplexación TDMA.

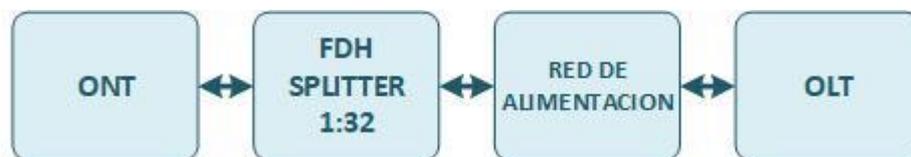


Figura 1-2. Diagrama de bloques de RED XGpon

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

3.5 Simulación

3.5.1 Diagrama de flujo de la Red XGPON

En relación a la Figura 2 ,el diagrama de flujo para la red FTTH con el estándar ITU-T G987.X describe la secuencia a emplearse para efectuar la simulación de la red óptica, para lo cual se configura una ventana transmisión comprendida entre 1575 nm a 1580 nm para Downstream para el transmisor OLT seguida de un enlace de fibra de 6Km el cual se especifica en el Anexo F, para

después esta señal ser dividida mediante un splitter 1:32 según el modelo de casas masivo ,se procede a utilizar los niveles de potencia y de recepción empleado por los equipos si dichas potencias satisfacen con los parámetros establecidos por la normativa CNT pasan a la etapa de recepción con foto detector para proceder con la conversión optico-electrico y para ser presentado el diagrama de BER y el diagrama de OJO.

Caso contrario este deberá ingresar la potencia para cumplir con el rango admitido de potencia y continuar con el proceso

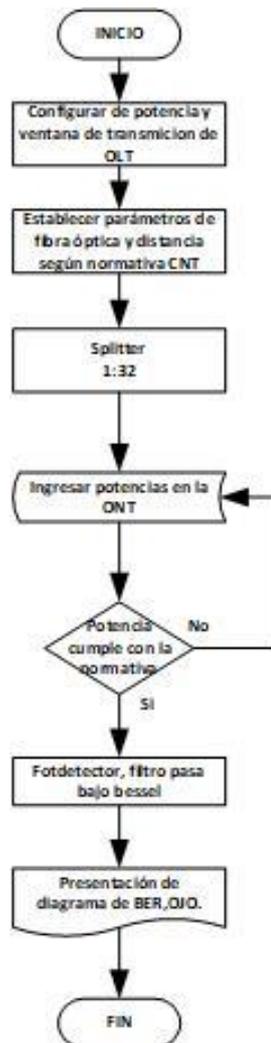


Figura 3-1. Diagrama de flujo de red Gpon

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

3.5.2 Normativa CNT para RED GPON

Para la selección del tipo de tecnología FTTx para esta red planteada, se determina que tipos de abonados o usuarios accederán a los servicios que se propone, también es indispensable conocer que tipos de vivienda van a existir en este programa para así poder definir las tecnologías a emplearse.

de FTTH hacia cada una de las propiedades. CNT EP propone modelos definidos para la instalación de última milla y la infraestructura de la ODN, a continuación, se detallan algunos de los modelos de la CNT EP:

- Modelos Masivos/Casas
- Modelos Masivos/Edificios
- Modelos Multi-Accesos
- Modelo Corporativo/Edificios hasta 10 pisos
- Modelo Corporativo/Edificios hasta 20 pisos
- Modelo Parque Industrial Modelo Radio Base 3G/4G

(17 págs. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21)

El Modelo propuesto para el programa de vivienda Chimborazo es el MODELO MASIVO/CASAS como se muestra en la Fig. 3

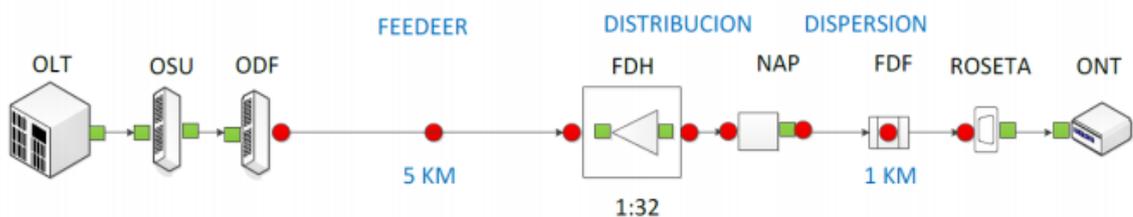


Figura 3-2. Modelo Masivos/Casas CNT

Fuente: <https://www.adslzone.net>

Una vez obtenida la demanda proyectada, definida la arquitectura XG-PON y la tecnología de acceso para el programa de vivienda Chimborazo, el diseño de la ODN para la red de datos propuesta se compone de la siguiente secuencia:

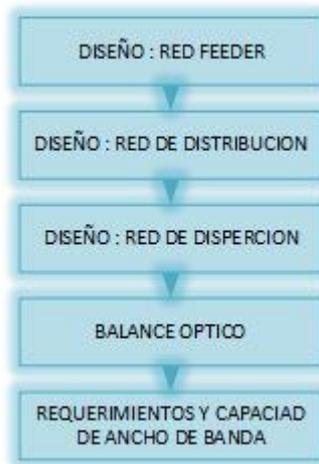


Figura 4-2. Algoritmo para el diseño de red XGpon
 Realizado por: ARCE, Jairo 2019

3.5.3 *Diseño: RED FEEDER*

La red Feeder está comprendida con cables de fibra óptica G.652D los cuales son canalizados y de gran capacidad desde 12, 24,48, 72, 96, 144 hasta 288 hilos que salen de la OLT hasta el primer nivel de splitteo ubicado en FDHs, mangas.

Para el diseño de la red Feeder se toman a consideración las siguientes recomendaciones:

La longitud del cable de fibra óptica para realizar empalmes canalizados, es de 15m. por cada extremo de cable de derivación y 30 metros del cable para realizar sangrado. El cable feeder es de gran capacidad, se consideran cada 300m. de cable de fibra óptica para realizar una reserva de 20m. de cable.

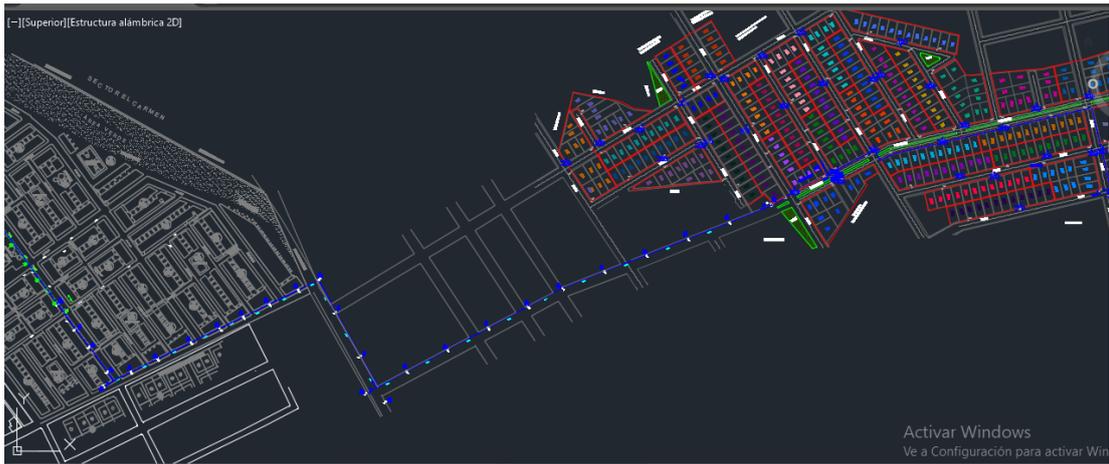


Figura 5-2. Red Feeder.

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

3.5.4 Cálculo del Cable FEEDER

Para el cálculo de número de hilos de fibra óptica para el cable Feeder se emplean las siguientes consideraciones y parámetros:

Número de Usuarios por cada puerto PON (32 usuarios por un hilo de fibra)

Número Total de usuarios existentes (1098 usuarios)

Cable FEEDER existente en el mercado (12, 24, 48, 72, 96, 144, 288 hilos de fibra)

$$Feeder = \frac{\# \text{ de Usuarios Existentes}}{\# \text{ de Usuarios por puerto PON}}$$

Ecuación 3-1 Formula para el cálculo de Hilos de Red Feeder

$$Feeder = \frac{1098 \text{ Usuarios proyectados}}{32 \text{ Usuarios por puerto PON}}$$

$$Feeder = 34,31$$

El número de hilos de fibra óptica obtenido para emplearse en la red Feeder no es comercial para un cable de red FEEDER, por lo tanto, se tiende a aproximar al primer cable el cual brinde esta

capacidad. Además de aproximar el cable FEEDER se tiene que tomar en cuenta los parámetros de expansión y de diseño.

Basándose en la noción expansión y de diseño se optó por elegir el cable FEEDER de 48 hilos, que cumple con los requerimientos antes especificados que permite el crecimiento poblacional y de tener hilos de reserva proyectados.

3.5.5 *Diseño: RED DE DISTRIBUCION*

La red de distribución comprende los cables de fibra óptica G.652D los cuales pueden ser, murales, canalizados o aéreos, cuya capacidad va desde 12 hilos hasta 96 hilos, los elementos pasivos (FDBs, FDFs, NAPs, mangas).

Para el diseño de la red de distribución propuesta para el programa de vivienda se toma el modelo definido para la red de acceso:

Modelo Masivos/Casas: Sale desde el FDH hasta las NAPs. El área de cobertura del FDH comprende la suma de todas las áreas de dispersión de las NAPs que lo conforman, a esta se le denomina Distrito.

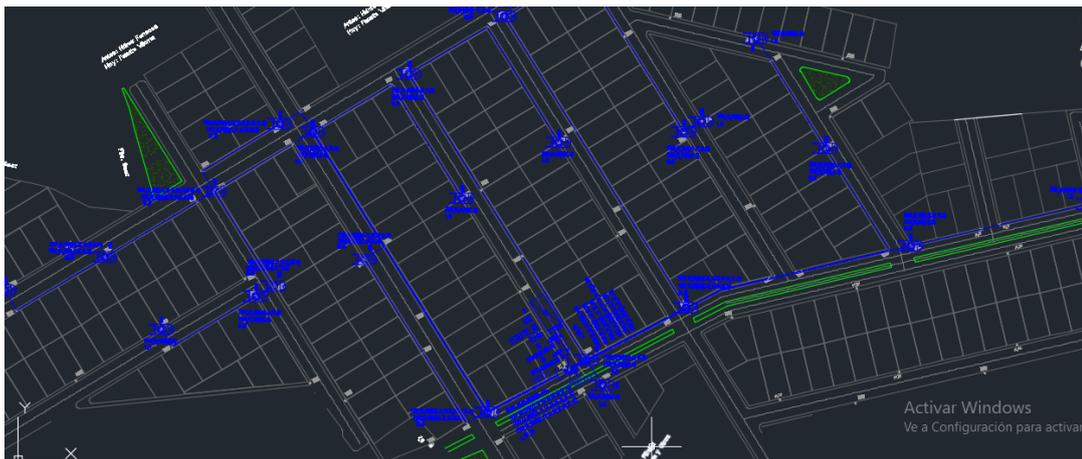


Figura 6-2. Red de Distribución

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

3.5.6 *Diseño: RED DE DISPERSION*

Para el diseño de la red de dispersión propuesta para el programa de vivienda se toman las siguientes recomendaciones:

Para el área de influencia de una NAP, se considera un 20% para ampliación de la capacidad total y un 80% para la ocupación de la NAP en la red.

En la planimetría definir el área de cobertura de la NAP y establecer la simbología de la NAP y roseta óptica.

La red de dispersión está limitada a 300 metros de distancia, es decir no puede sobrepasar esta distancia.

No se deberá cruzar carreteras de alto tráfico o una vía principal mediante la utilización de cables de acometida aéreos, en este caso se deberá resolver mediante la instalación de una NAP al otro lado de la vía principal.

Por parte de la CNT EP define que la red de dispersión está conformada por los cables de acometida (cable drop) que van desde la NAP, pasan por la FDF, llegan a una roseta óptica y se conectan a la ONT para los modelos masivos/casas.

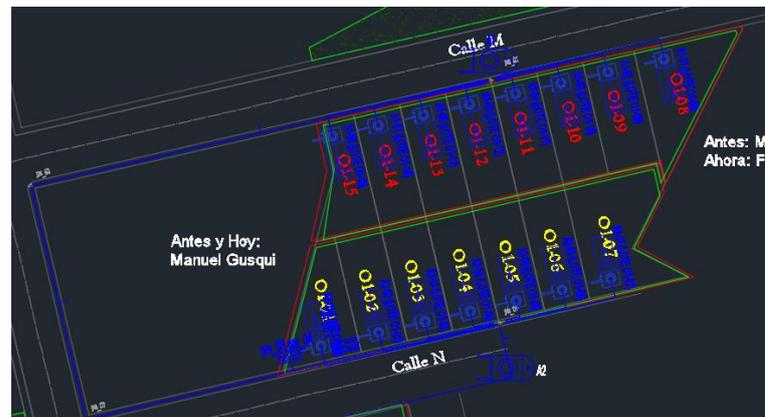


Figura 7-2. Red Dispersión

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

3.5.7 *Balance óptico*

El balance óptico es el que permite determinar si los equipos activos de la red XG-PON van a detectar y soportar la potencia de la señal que se propaga en el sistema. Para determinar el balance

óptico de toda la red se considera exclusivamente la potencia que llegará al usuario más cercano y al usuario más lejano.

El puerto de la OLT transmite bajo las pérdidas especificadas en la recomendación ITU-T G.987.2 10- Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON):

Physical media dependent (PMD) layer especificación con la potencia mínima de transmisión desde la OLT de 2dBm. las perdidas obtenidas de N1 son similares a B+ del estándar G-PON, lo cual permite coexistir con el estándar. En la Tabla 1 se menciona las clases de pérdidas para la ODN en ambas tecnologías (Aldean, 20098)

Tabla 1-2: Perdidas G-PON y XG-PON

Link Budget Class	Perdida Mínima en la ODN (db)	Perdida Máxima en la ODN (db)
G-PON		
A	5	20
B	10	25
C	15	30
B+	13	28
C+	17	32
XG-PON		
Nominal 1 N1	14	29
Nominal 2 N2	16	31
Extended E1	18	33
Extended E2	20	35

Fuente: <http://scielo.senescyt.gob.ec>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

Se ha considerado un margen de seguridad de 3 dB, el cual es utilizado para reemplazar las pérdidas de la red de fibra óptica propuesta debido a las perdidas efectuadas por los elementos activos de la red, curvaturas de a fibra óptica, errores en el cálculo del balance óptico de potencia,

reparaciones del sistema, inclusión de nuevos empalmes y sangrados de cable de fibra óptica con su respectiva reserva o inclusión de elementos de red, etc. Para el cálculo del balance óptico se tendrá que cumplir la siguiente inecuación:

$$P_{rx} \leq P_{tx} - \alpha_{total}$$

Ecuación 3-2 Pérdidas de Balance Óptico

P_{rx} = Potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo

P_{tx} = Potencia máxima del transmisor óptico

α_{total} = Valor total de pérdidas

La recomendación ITU-T G.987.2 detalla los umbrales mínimos y máximos de potencia en la conexión entre OLT y ONT, en la Tabla 2 y 3 se especifican los parámetros en sentido descendente y ascendente.

Tabla 3-1: Parámetros de la interfaz óptica en sentido Descendente

INTERFAZ OPTICA EN SENTIDO DESCENDENTE							
OLT TRANSMITER							
ODN Class		N1	N2		E1	E2	
	Unit		N2a	N2b		E2a	E2b
Mean launched power MIN	dBm	+2	+4	+10,5	+6	+8	+14,5
Mean launched power MAX	dBm	+6	+8	+12,5	+10	+12	+16,5
ONU RECIVER							
ODN Class		N1	N2		E1	E2	
	Unit		N2a	N2b		E2a	E2b
Minimum sensitivity at VER		-	-	-21,5	-	-	-21,5
Reference Level		28	28		28	28	
Minimum overload at BER reference level	dBm	-8	-8	-3,5	-8	-8	-3,5

Fuente: <http://scielo.senescyt.gob.ec>

Tabla 3-2: Parámetros de la interfaz óptica en sentido Ascendente

INTERFAZ OPTICA EN SENTIDO ASCENDENTE					
ONU TRANSMISER					
ODN Class		N1	N2	E1	E2
	Unit				
Mean launched power MIN	dBm	+2	+2	+2	+2
Mean launched power MAX	dBm	+7	+7	+7	+7
OLT RECIVER					
ODN Class		N1	N2	E1	E2
	Unit				
Minimum sensitivity at BER reference level	dBm	-27,5	-29,5	-31,5	-33,5
Minimum overload at BER reference level	dBm	-7	-9	-11	-13

Fuente: <http://scielo.senescyt.gob.ec>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

Los elementos de la ODN también generan pérdidas, es necesario conocer el valor de cada uno de los elementos para poder calcular el valor total de la atenuación, en la Tabla 4 se pueden observar los valores nominales de los mismos:

Tabla 4-2: Valores de Atenuación de los elementos de la ODN

Descripción	Atenuación
Conectores ITU671	0,50 dBm
Empalmes de fusion ITU751	0,10 dBm

Empalmes Mecánicos	
ITU751	0,10dBm
FDH (14 Splitters 1x32)	17,5dBm
Fibra longitud de Onda 1310 nm	0,35dBm
Fibra longitud de Onda 1310 nm - 1625 nm	0,40dBm
Fibra longitud de onda 1550 nm	0,30dBm

Fuente: <http://scielo.senescyt.gob.ec>

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

3.6 Simulación de red

las estructuras de red FTTH fueron analizadas mediante el software Optisystem en los cuales se examinaron los efectos de cada elemento presente en el sistema de red. el sistema de referencia es el de la normativa de CNT para masivos, los elementos que constituyen la red FTTH pueden analizados en tres etapas o bloques, bloque transmisor, bloque recepción, línea de comunicación óptica.

Se diseñó el sistema de red XGPON FTTH con las características del estándar ITU-T G987 seleccionando la longitud de onda en la cual trabaja tanto descendente como ascendente en la etapa de transmisión óptica con la longitud de onda de 1575-1580 nm, la velocidad de bits en la transmisión óptica que se ingresa al entorno de evaluación es de 10 Gbps.

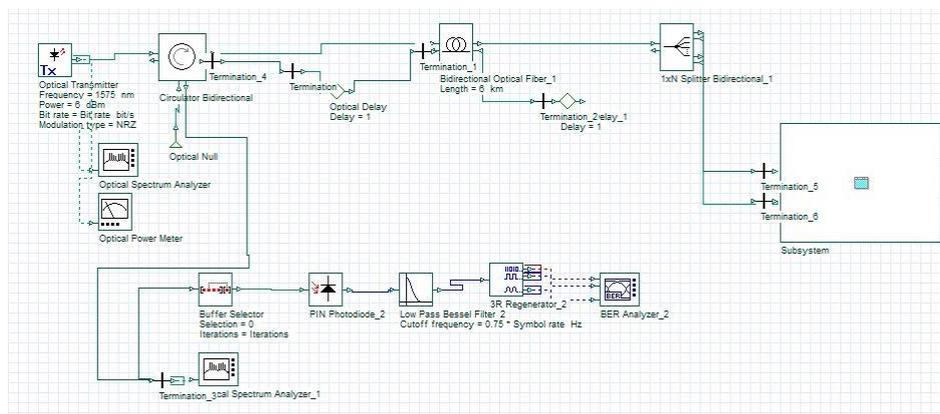


Figura 8-2. Sistema de referencia XGPON FTTH

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

La etapa de transmisión de la OLT se divide en varias líneas para permitir que llegue a los diferentes abonados o usuarios finales con el divisor o splitter de 1:32, el cual cubre una longitud máxima de 6Km. El sistema OLT se divide en dos desde la ONU ubicada en el Core hasta la roseta ubicada en la casa o edificio. La OLT está conectada por múltiples ONUs proporcionando así el acceso a la OLT y ONU con su respectivo puerto PON. se han creado subsistemas en la estructura de referencia a la cual se la puede identificar como red XGPON FTTH.

3.6.1 Subsistema ONT ONU

El enlace de fibra óptica de distancia de 1.2KM se termina en el punto de distribución domestica (roseta óptica), Los divisores ópticos no son usados en dos etapas como se acostumbra en GPON el divisor óptico se encuentra ubicado en el armario de distribución FDH de los cuales salen a las diferentes locaciones. la estructura interna del bloque ONU se indica a continuación.

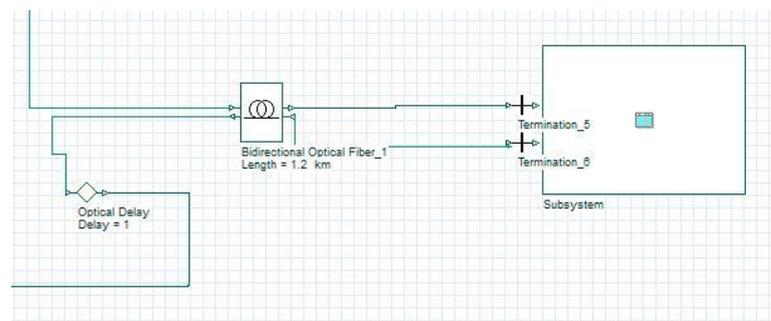


Figura 9-2. Estructura del subsistema de inicio

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

este posee un selector dinámico Y en el bloque ONU el cual permite generar intervalos de tiempo con el multiplexor de división de tiempo, El selector dinámico se utiliza para ingresar valores de inicio y fin del intervalo de tiempo.

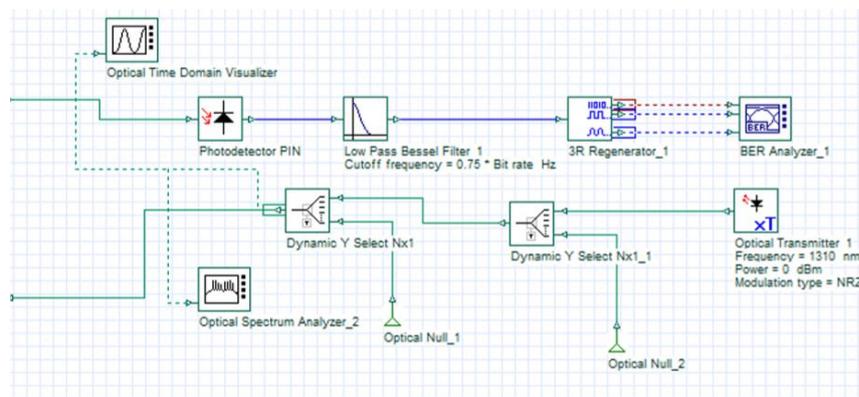


Figura 10-2. La estructura interna de la ONU

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

CAPITULO IV

4 RESULTADOS

Mediante las encuestas realizadas a la muestra poblacional delimitada se procedió a realizar las encuestas a los usuarios del servicio de internet que se encuentran cerca del lugar estudio se obtuvieron los siguientes resultados.

A continuación, se presenta los resultados de la encuesta con respectivo análisis e interpretación.

Pregunta 1: En su hogar, ¿Dispone usted de conexión a internet por fibra óptica?

Tabla 1-3: Porcentaje de personas que tienen servicio de internet

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
SI	284	100%	100%
NO	0	0%	100%
TOTAL	284	100%	

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

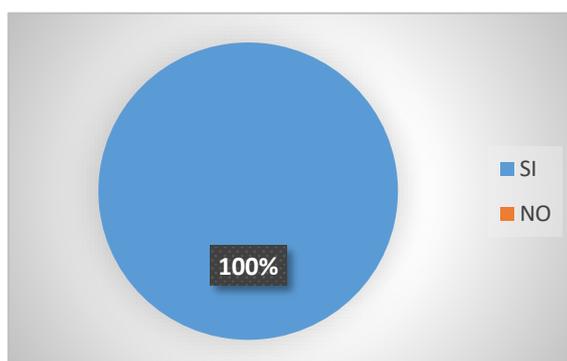


Gráfico 3-1. Servicio de Internet.

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Análisis

En la pregunta numero 1 tenemos que las personas encuestadas en su totalidad poseen internet por fibra óptica, lo que facilita continuar con la encuesta y el análisis para las siguientes preguntas.

Interpretación

De acuerdo al porcentaje obtenido mediante las encuestas realizadas, demuestra que todas las personas encuestadas poseen un servicio de internet por fibra óptica. Estas personas indicaron que el servicio de internet por fibra óptica provee a los usuarios una mayor velocidad y comodidad para conectarse con las diferentes plataformas de entretenimiento y redes sociales a su vez facilita la descarga de datos y videos entre otros, La encuesta aplicada facilitó la obtención de información para validar el tema. Entonces es posible continuar con las siguientes preguntas puesto que se trata de evaluar el desempeño de la red.

Pregunta 2. ¿Ud. posee servicio de triple play (Internet, telefonía y televisión)?

Tabla 2-3: Servicios Triple Play

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
SI	249	88%	88%
NO	35	12%	100%
TOTAL	284	100%	

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

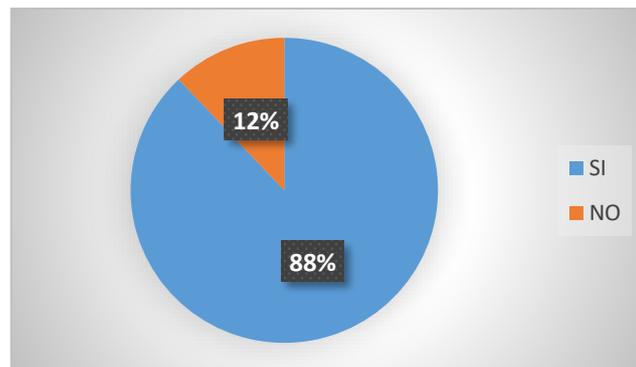


Gráfico 3-2. Servicios Triple Play

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

Análisis

Un 12% de las personas encuestadas dicen no tener un servicio de triple-play sin embargo un 88% si recibe un servicio de triple-play el cual no es en su totalidad brindado por CNT ya que del servicio brindado por CNT solo reciben el de datos y de telefonía mientras que los usuarios son subscriptores a diferentes plataformas de entretenimiento.

Interpretación

Las personas que utilizan los servicios de internet ofrecidos por CNT.EP por medio de fibra óptica son usuarios los cuales están recibiendo dos tipos de servicios mediante un mismo enlace de fibra óptica los cuales son el de telefonía y el servicio de datos, sin embargo, existen usuarios los cuales si reciben un servicio de streaming el cual es de un diferente proveedor el cual brinda el servicio de canales de tv por paga mediante la utilización del enlace de fibra óptica ofrecido por CNT.Ep

Pregunta 3. La velocidad percibida de su paquete de internet por fibra óptica contratado es:

Tabla 4-1: velocidad percibida por el usuario

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
MALA	37	13%	13%
REGULAR	205	72%	85%
BUENA	42	15%	100%
TOTAL	284	100,00%	

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

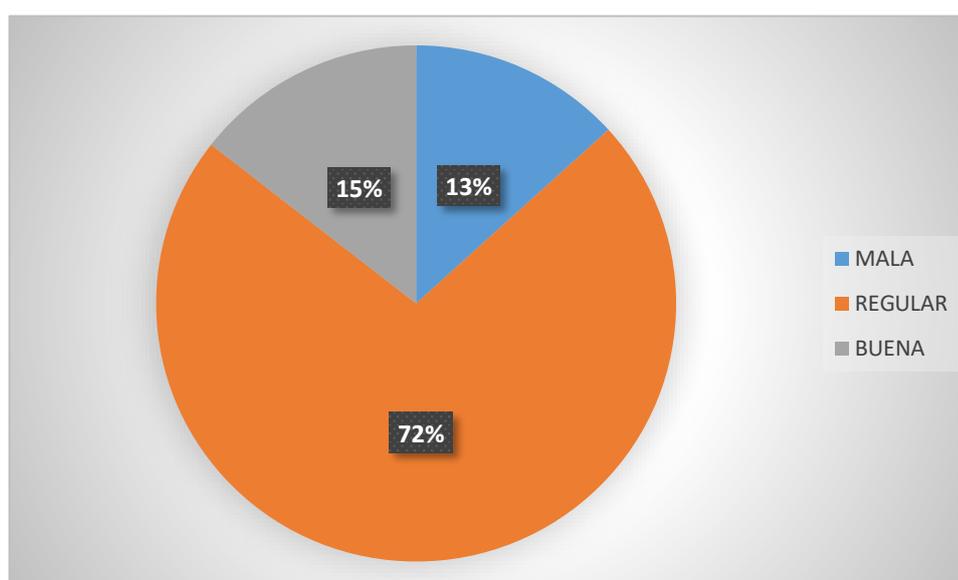


Gráfico 1-3. Velocidad percibida por el Usuario

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Análisis

En Grafico 3-3 se tiene que el 13% de las personas encuestadas tienen una percepción de la calidad de servicio de internet es mala, el 72% piensa que la calidad de servicio de internet es regular, y el 15% considera que el servicio otorgado por CNT.EP de internet tiene una calidad buena de servicio.

Interpretación

Es evidente que la mayoría de las personas encuestadas consideran que al poseer un servicio de internet mediante fibra óptica posee una calidad regular para las actividades las cuales desarrollan (navegar en internet, redes sociales, descargar videos y documentos, etc. mediante el acceso de aplicaciones y páginas web. La calidad de los sistemas de fibra óptica permite entrar a un nuevo mundo a las personas y mejorar considerablemente los servicios de internet a la de sus tecnologías antecesoras como ADSL XDSL, otorgando así una mejor calidad de servicio y permitiendo al usuario entrar y disfrutar del servicio de internet sin importar las condiciones climáticas en las que se encuentre, lo cual se veía afectado el internet por enlace de radio y el internet mediante cobre como sabemos la innovación tecnológica siempre mejora la calidad para la transmisión.

Pregunta 4. ¿Hace un año atrás su apreciación acerca del servicio de internet recibido era?

Tabla 4-3: Apreciación acerca del servicio hace un año

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
PEOR QUE LA ACTUAL	15	6%	6%
IGUAL QUE LA ACTUAL	214	75%	81%
MEJOR QUE LA ACTUAL	55	19%	100%
TOTAL	284	100%	

Realizado por: ARCE, Jairo 2020



Gráfico 2-3. Apreciación acerca del servicio hace un año

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Análisis

En la Gráfico 3-4 mediante el análisis se obtiene que un 19% de las personas encuestadas tienen como criterio que el servicio de internet con servicio de internet este ha mejorado con respecto al año anterior. El 6% considera que el servicio de internet brindado por CNT.EP considera que su servicio de internet ha empeorado con respecto al año anterior, mientras tanto el 75% considera que su servicio de internet en comparación del último año es igual que la actual.

Interpretación

En un pequeño porcentaje de personas encuestadas menciona que hace un año atrás la recepción del servicio de internet ha mejorado con respecto a la actual. mientras que una gran parte de personas están de acuerdo en que el servicio de internet de hace un año atrás es de la misma calidad que el actual. Resulta difícil de que las personas consideren que el servicio de internet por fibra óptica brindado por CNT.EP sea igual que el que se tenía hace un año atrás, ya que su servicio de conexión de internet va evolucionando con las nuevas tecnologías y tendencia tecnológicas, las cuales permiten a todos los usuarios a conectarse desde diferentes puntos del planeta sin importar horarios factores climáticos haciendo de la interconexión a internet una nueva experiencia.

Pregunta 5. ¿Cómo cree Ud. ¿Que sería su apreciación acerca del servicio de internet por fibra óptica en el siguiente año?

Tabla 5-3: Apreciación acerca del servicio dentro de un año

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
PEOR QUE LA ACTUAL	43	15%	15%
IGUAL QUE LA ACTUAL	202	71%	85%
MEJOR QUE LA ACTUAL	39	14%	100%
TOTAL	284	100%	

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

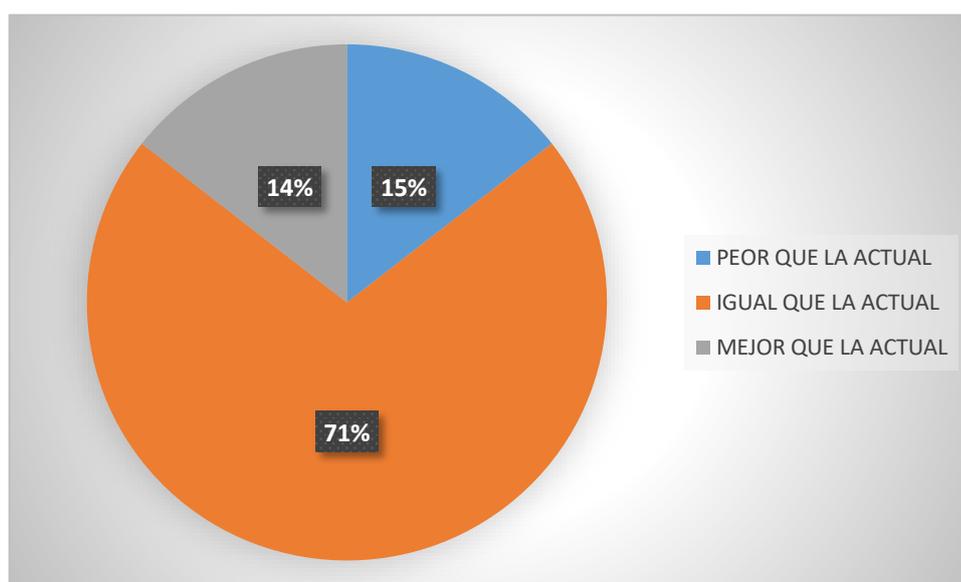


Gráfico 3-3 Apreciación acerca del servicio dentro de un año

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Análisis

En la figura 5-3 se tiene que la mayoría de las personas encuestadas con un 71% considera que su servicio de internet para el próximo año será igual que el actual, mientras que el 14% considera que el servicio de internet para el próximo año será mejor que la actual, mientras, un 15% de las personas consideran que el servicio de internet ofrecido será peor que el actual.

Interpretación

En su mayoría de las personas encuestadas consideran que el servicio de internet para el siguiente año va a ser igual que el ofrecido en la actualidad, mientras un porcentaje mínimo de las personas encuestadas piensan que el servicio ofrecido tendrán una mejora para el próximo año ya que la tecnología sigue avanzando ,por ende, las personas que utilizan este servicio verán la evolución serán testigos de la evolución de la tecnologías mediante las nuevas necesidades creada por las personas que lo utilizan, algo que siempre se va visto con el avance de las tecnologías antecesoras a la actual.

Pregunta 6. ¿Cuántos equipos tienen conexión al servicio de Internet por fibra óptica en su hogar?

Respuesta múltiple

Tabla 6-3: Equipos tienen conexión al servicio de Internet

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1 PC	23	8%	8%
Más de 1 PC	82	29%	37%
1 Computador portátil	31	11%	48%
Más de 1 computador	34	12%	50%
1 equipo celular	20	7%	67%
Más de 1 equipo celular	94	33%	100%
Otro	0	0,00	100%
Total	284	100%	

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

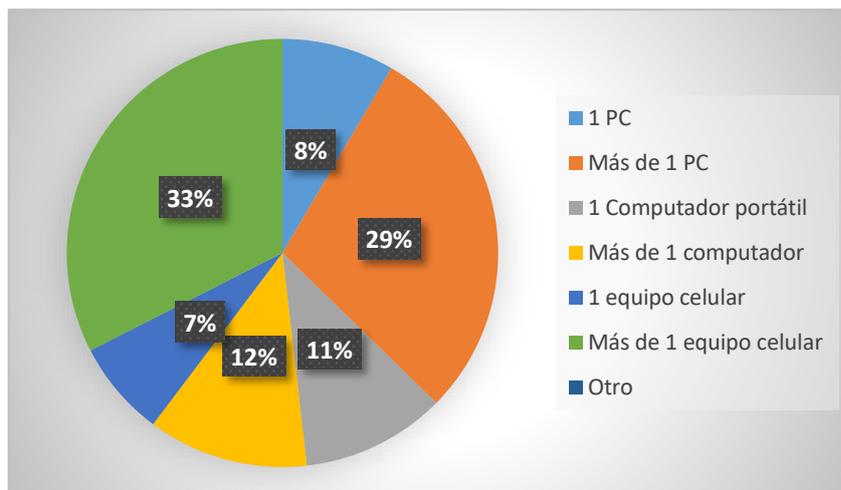


Gráfico 4-3. Equipos tienen conexión al servicio de Internet

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Análisis

En la Gráfico 6-3 se puede apreciar que el 8% de las personas tienen únicamente una computadora de escritorio y/o un equipo celular, el 29% tiene más de una computadora de escritorio, el 11% tiene al menos una computadora portátil, el 12% tiene más de una computadora portátil, en cambio el 33% cuenta con más de un equipo celular para su conexión al servicio de internet.

Interpretación

La mayoría de las personas utilizan como dispositivo de acceso al internet más de un dispositivo celular, además adicionalmente los usuarios manifiestan poseer computadoras portátiles mientras que existe una porción de las personas encuestadas las cuales por su trabajo poseen más de una computadora de escritorio, hoy en día la tendencia tecnológica da mayor realce y paso a la generación de los teléfonos inteligentes las cuales permiten tener acceso a aplicaciones actualizadas o que se actualizan de manera automática, en el mismo que poseen características suficientes para tener una conexión estable a internet sin importar en el lugar que la persona se encuentre.

Pregunta 7. Realiza Ud. ¿Algún tipo de prueba para verificar la velocidad de conexión que le entrega?

Tabla 7-3: Prueba para verificar la velocidad

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
---------	----------	------------	----------------------

Si, al menos una vez al mes	23	8%	8%
Si, solo cuando nota problemas de velocidad	65	23%	31%
No	196	69%	100%
TOTAL	284	100%	

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

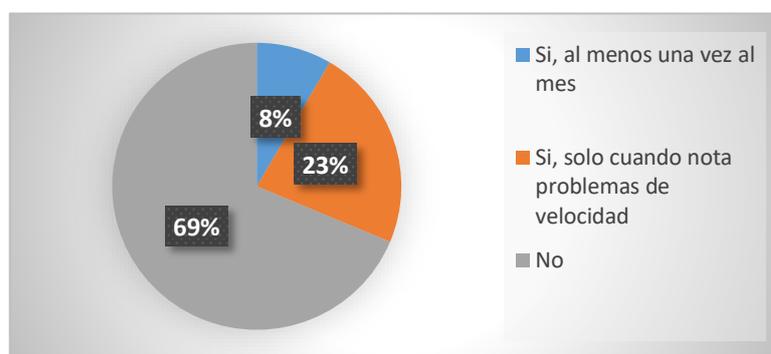


Gráfico 5-3. Prueba para verificar la velocidad

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Análisis

En la Gráfico 7-3 se tiene que el 8% realizan pruebas del servicio de internet al menos una vez al mes, el 23% realiza pruebas a su servicio de internet solo cuando nota problemas de velocidad y el 69% no hacen pruebas del servicio de internet.

Interpretación

La mayoría de las personas encuestadas no realizan un test de velocidad al servicio de internet al que están recibiendo sin comprobar su estado ya que están interesados en usar únicamente las funciones las cuales están empleando sin prestar mayor interés a la verificación de la velocidad funcionalidad o estado de enlace del servicio al cual están conectados, las personas hacemos uso de la tecnología constantemente sin parar y estamos educados para ser consumistas de las cosas ,mas no para buscar una solución o arreglar , en caso de existir un daño hoy en día más rápido se realiza una llamada para supervisión técnica que el buscar una solución al problema de conectividad.

Pregunta 8. ¿En qué tipo de aplicaciones Ud. Siente que la velocidad de su conexión al servicio internet por fibra óptica no es la contratada?

Tabla 8-3: Aplicaciones en las cuales presenta inconvenientes el servicio

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Cuando realiza video/audio llamadas	85	30%	30%
Cuando baja archivos (música, películas u otros)	97	34%	64%
Cuando "chatea"	23	8%	72%
Juegos	34	12%	84%
Simplemente cuando navega	45	16%	100%
Total	284	100%	

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

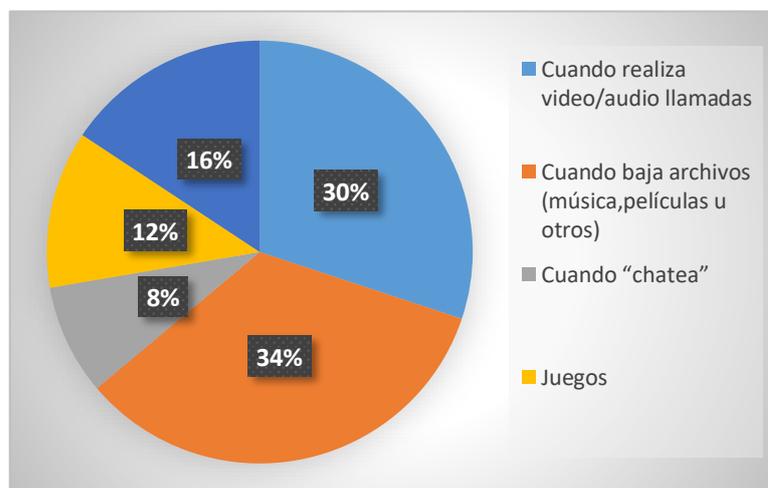


Gráfico 6-3. Aplicaciones en las cuales presenta inconvenientes el servicio

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Análisis

En la Gráfico 8-3 Se puede apreciar que el 8% de las personas encuestadas sienten que el servicio de internet presenta inconvenientes cuando chatean, el 12% de las personas presentan problemas de conectividad en su servicio de internet mientras juegan en red, un 16% dice que posee

inconvenientes con el servicio de internet cuando navega en internet, como por ejemplo música, videos, películas, etc. El 30% afirma que su servicio de internet presenta dificultades al realizar llamadas, video llamadas o al acceder a videos en las diferentes plataformas. Finalmente, el 34% dice que su servicio de internet no es de buena calidad cuando realiza descargas de archivos de la web.

Interpretación

Mediante el análisis efectuado podemos considerar que el servicio de internet experimenta inconvenientes cuando los usuarios realizan descarga de archivos como la primera causa de inconformidad del servicio, en este caso los usuarios de igual manera presentan problemas cuando estas realizan llamadas o video llamadas mediante las diferentes aplicaciones existentes en el mercado también experimentan problemas cuando simplemente navega este presenta problemas con el servicio de internet. En CNT se da el servicio de control del servicio de internet, solo basta con realizar una llamada al servicio técnico para que puedan facilitar una mejor interacción con el acceso al internet.

Pregunta 9. ¿Preferentemente en qué horario(s) se le presentan los problemas de lentitud?

Tabla 9-3: horario(s) en que presentan problemas

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
En horario laboral (8h00 a 18h00)	6	2%	2%
De 18h00 a 22h00	37	13%	15%
De 22h00 a 8h00	48	17%	32%
Cualquier hora	179	63%	95%
No presenta problemas de lentitud	14	5%	100%
Total	284	100,00	

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

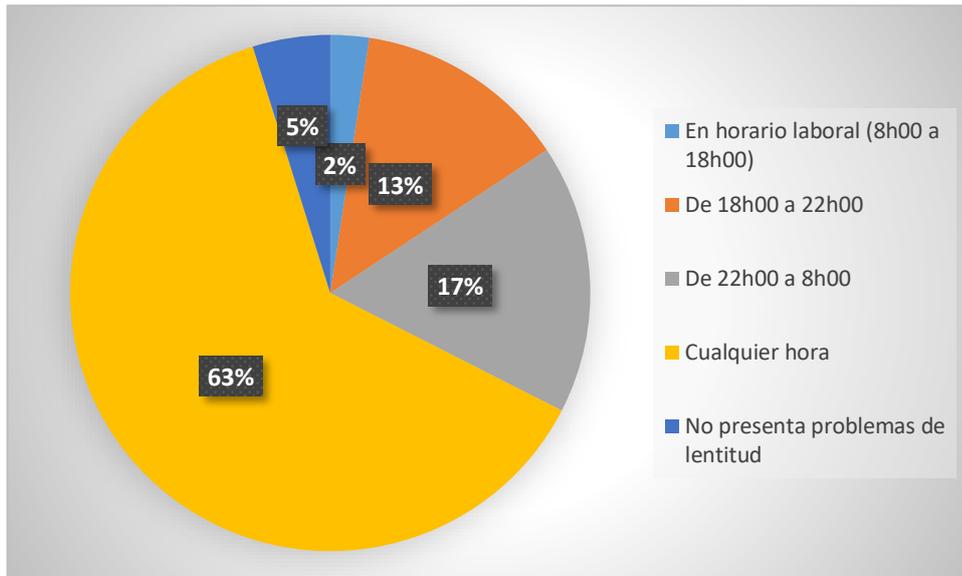


Gráfico 7-3. Horario(s) en que presentan problemas.

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Análisis

En la Gráfico 9-3 un 63% de las presentas reciben un servicio de internet lento el cual no posee ningún horario mientras, que un 17% de los usuarios presentan un servicio lento en un horario establecido de 22h00 a 8h00, existe un 13% de usuarios los cuales reportan un problema de conectividad en un horario de 18h00 a 22h00, un 5% de los usuarios presive quejas de servicio de conectividad en horario de 8h00 a 18h00, y un 2% el cual no presenta ningún problema de conectividad.

Interpretación

Los problemas de conectividad son indistintos con el horario, sin embargo, se debe de considerar horas picos en las cuales las gentes generan más tráfico esto suele ser después de llegar a sus casas, por ende, es cuando la red se encuentra colapsada de usuarios conectados al mismo tiempo; aun así, al estar transmitiendo datos por fibra óptica, estos deberían de fluir con normalidad.

independientemente de la cantidad de usuarios que se encuentren en línea, por lo tanto, es de gran ayuda para todos quienes buscan comodidad, tranquilidad e informarse de todo lo que existe en sus alrededores y el mundo en general sin contratiempos.

Pregunta 10. ¿Ha tenido usted algún problema con el servicio brindado por fibra óptica en los últimos dos meses?

Tabla 10-3: Problema con el servicio brindado

Detalle	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
SI	28	10%	10%
NO	256	90%	100%
TOTAL	284	100%	

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

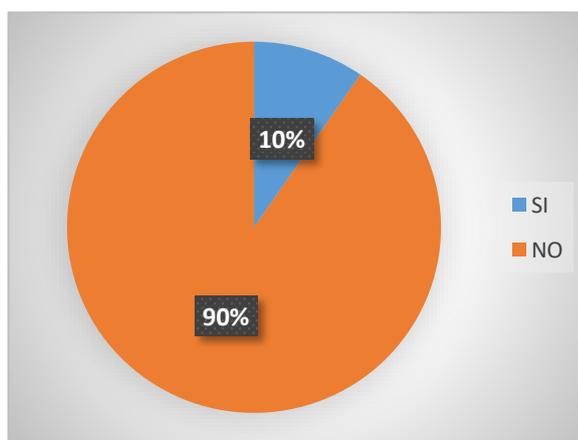


Gráfico 8-3. Problema con el servicio brindado

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Análisis

En la Grafico 10-3 las personas que han tenido problemas con el servicio de internet es de un 90%, mientras un 10% de las mismas no han tenido un problema con el servicio de internet por medio de enlace de fibra óptica.

Interpretación

El servicio de internet por medio de fibra óptica ha sido evaluado durante los dos últimos meses, los usuarios de este servicio presentaron problemas en la conectividad por ende el servicio de internet que ofrece CNT por fibra óptica sirve de referencia para mejorar el servicio ofrecido mediante la tecnología XGPON la cual tiene mejores prestaciones tanto en distancia como en ancho de banda y número de usuarios.

4.1 Análisis general de las encuestas

Se puede concluir que los usuarios del sector Norte de Riobamba, Usuarios próximos a la ciudadela Chimborazo ocupan el servicio de internet por medio de fibra óptica ofrecido por CNT, estos consideran que el servicio brinda mayor comodidad en los hogares, pero de igual manera presenta inconvenientes en la conexión la cual brinda el proveedor de servicio sin embargo estos se sienten a gusto por la velocidad del internet y de esta manera pueden utilizar las aplicaciones que son beneficiosas tanto para sus hogares, trabajos o estudios.

Al poseer un servicio de internet por fibra óptica se puede tener una calidad muy aceptable para el desarrollo de cualquier actividad que se realice (descargar videos, documentos, navegar en internet, redes sociales, etc.) mediante la utilización de páginas web o aplicaciones ,la calidad que brinda el servicio por fibra óptica permite a los usuarios entrar a un nuevo mundo a las personas y mejorar cualquier servicio de internet sin importar las condiciones climatológicas que estas presenten lo cual no ocurría con las tecnologías antecesoras como el par trenzado de cobre y los enlaces radio eléctricos, con la evolución e innovación de la tecnología la calidad de la transmisión mejora.

Además, los usuarios del servicio de internet por fibra óptica no realiza una prueba de control de velocidad a su servicio de internet para comprobar el estado de su conexión de servicio , ya que están interesados en usar únicamente las funciones que demandan mayor prioridad y no le prestan tanto interés a verificar su rapidez o funcionalidad en su enlace de internet, el servicio de internet presenta problemas al momento de realizar video/audio llamadas como primer punto, en este caso los usuarios manifestaron usar aplicaciones como Facebook o WhatsApp, las mismas que se encuentran en una constante evolución para brindar mejor servicio. CNT posee un servicio de asistencia de control para el servicio de internet, simplemente comunicándose con servicio técnico, el horario en que los usuarios presentan mayor inconveniente resulta ser indistinto ya que los usuarios de este servicio presentan inconvenientes en distintos horarios mas no en uno solo o especifico , considerado como las horas pico, puesto que es el horario en el cual la gente suele llegar a sus casas después del trabajo o estudio en algunos casos, por ende, es cuando la red se encuentra con gran saturación de usuarios conectados al mismo tiempo ; aun así al estar utilizando un enlace de fibra óptica los datos que se transmiten a través de él fluyen con total normalidad independientemente de la cantidad de usuarios los cuales estén utilizando es servicio de internet.

CNT en internet por fibra óptica cumple con la aceptación por parte de los usuarios, puesto que se da las facilidades sin interrumpir la comodidad de los clientes como también se da la libertad a los mismos para que ubiquen el lugar en el cual desean que se instale la fibra óptica en conjunto con la ONT, para mayor seguridad la calidad de los materiales instalados son adecuados y

resistentes, durante los últimos dos meses en los cuales se midió como fue el servicio de internet por fibra óptica, se acoge que no existieron mayores problemas con el mismo. Existe un bajo nivel de problemas con el servicio de internet por fibra óptica se debe a que existió lentitud, saturación, o mala conexión estos inconvenientes afectan la tranquilidad del cliente, sin embargo, ellos afirman que también gracias a la situación dada pueden realizar un pare a sus funciones y descansar, ese fue el reclamo que se da con mayor frecuencia por parte de los usuarios que manifestaron insatisfacción con el servicio.

4.2 Cálculo óptico de la ONU más lejana

Se realiza el cálculo para la banda de 1260 - 1280 nm, transmisión voz y datos en sentido ascendente, se obtiene:

Tabla 11-3: Cálculo de presupuesto óptico punto más lejano.

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación (dB)	Atenuación Total (dB)
Conectores	8	U	0,5	4,00
Empalmes por Fusión	7	U	0,1	0,7
FDH (34 Splitters 1x32)	1	U	17,5	17,5
Distancia OLT a FDH	4,84533	Km	0,5	2,42
Distancia FDH a NAP	1,07371	Km	0,5	0,54
Distancia NAP a ONT	0,03626	Km	0,5	0,02
Margen de Seguridad	-	-	3	3
Atenuación total				28,18

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

Se realiza el cálculo para la banda de 1575 - 1580 nm, transmisión voz, datos y video en sentido descendente, se obtiene:

Tabla 12-3: Cálculo de la Atenuación de la ONU más lejana (banda 1550 nm).

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación (dB)	Atenuación Total (dB)
Conectores	8	U	0,5	4,00
Empalmes por Fusión	7	U	0,1	0,7
FDH (34 Splitters 1x32)	1	U	17,5	17,5
Distancia OLT a FDH	4,84533	Km	0,35	1,70
Distancia FDH a NAP	1,07371	Km	0,35	0,38
Distancia NAP a ONT	0,03626	Km	0,35	0,01
Margen de Seguridad	-	-	3	3
Atenuación total				27,28

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

El cálculo obtenido en las Tablas 11 y 12 de la atenuación total en la ONU más lejana en cada una de las bandas: ascendente y descendente es menor al valor máximo de pérdidas totales para la clase N1 (29 dB) permitidas en la recomendación ITU-TG.987.2, en la Tabla 11-3 se especifica el rango de pérdidas permitidas en la ODN.

4.3 Cálculo óptico de la ONU más cercana

Cálculo para la banda de 1260-1280 nm:

Tabla 14-2: Cálculo de la Atenuación de la ONU más cercana.

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación (dB)	Atenuación Total (dB)
Conectores	8	U	0,5	4,00
Empalmes por Fusión	7	U	0,1	0,7
FDH (34 Splitters 1x32)	1	U	17,5	17,5
Distancia OLT a FDH	4,30557	Km	0,5	2,1528
Distancia FDH a NAP	0,01299	Km	0,5	0,0065
Distancia NAP a ONT	0,00675	Km	0,5	0,0034
Margen de Seguridad	-	-	3	3
Atenuación total				27,36

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

Cálculo para la banda de 1575 - 1580 nm:

Tabla 14-3: Cálculo de la Atenuación de la ONU más cercana.

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación (dB)	Atenuación Total (dB)
Conectores	8	U	0,5	4,00
Empalmes por Fusión	7	U	0,1	0,7
FDH (34 Splitters 1x32)	1	U	17,5	17,5
Distancia OLT a FDH	4,30557	Km	0,35	1,5069

Distancia FDH a NAP	0,01299	Km	0,35	0,0045
Distancia NAP a ONT	0,00675	Km	0,35	0,0024
Margen de Seguridad	-	-	3	3
Atenuación total				26,71

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

El cálculo obtenido en las Tablas 13 y 14 de la atenuación total en la ONU más cercana en cada una de las bandas: ascendente y descendente es menor al valor máximo de pérdidas totales para la clase N1 (29 dB) permitidas en la recomendación ITU-TG.987.2, en la Tabla 2-1 se especifica el rango de pérdidas permitidas en la ODN.

Con la inecuación de balance de óptico la cual nos permite determinar si existe el balance

Óptimo entre la sensibilidad máxima de recepción y potencia máxima de transmisión y las pérdidas obtenidas a lo largo de la ODN, con este cálculo se puede afirmar que la tecnología XG-PON de clase N1 es compatible con la normativa CNT y la tecnología G-PON con la clase de pérdidas B+ especificadas en la Tabla 2-1. Con el valor total de cada una de las Tablas 2-2,2-3,2-4 se procede a calcular el balance óptico mediante la ecuación (2), de esta manera se tiene:

Cálculo para la banda de 1260 - 1280 nm en sentido ascendente, para la la ONU más lejana se obtiene:

P_{rx} = Valor tomado de la tabla 2-3

P_{tx} = Valor tomado de la tabla 2-3

$$-27,5 \text{ dBm} \leq +7 \text{ dBm} - 28,18 \text{ dBm}$$

$$-27,5 \text{ dBm} \leq -21,18 \text{ dBm}$$

Cálculo para la banda de 1575 - 1580 nm en sentido descendente, para la la ONU más lejana se obtiene:

P_{rx} = Valor tomado de la tabla 2-2

P_{tx} = Valor tomado de la tabla 2-2

$$-28 \text{ dBm} \leq +6 \text{ dBm} - 27,28 \text{ dBm}$$

$$-28 \text{ dBm} \leq -21,28 \text{ dBm}$$

Cálculo para la banda de 1260 -1280 nm en sentido ascendente, para la la ONU más cercana se obtiene:

$$-27,5 \text{ dBm} \leq +7 \text{ dBm} - 27,36 \text{ dBm}$$

$$-27,5 \text{ dBm} \leq -20,36 \text{ dBm}$$

Cálculo para la banda de 1575 - 1580 nm en sentido descendente, para la la ONU más lejana se obtiene:

$$-28 \text{ dBm} \leq +6 \text{ dBm} - 26,71 \text{ dBm}$$

$$-27 \text{ dBm} \leq -20,71 \text{ dBm}$$

Obtenido el balance óptico para los casos de la ONU más cercana y más lejana, se puede verificar que los valores adquiridos de pérdidas en el transcurso de la ODN no provocan ningún tipo de problema en la transmisión de los datos, garantizando así en el caso más lejano que se encuentra el usuario que la señal pueda ser reconocida y en el caso más cercano del usuario no exista ninguna saturación al detector, es decir, exista una optimo desempeño de la red dentro del rango establecido.

4.4 Factor Q y Bit Error Ratio (BER)

El factor Q muestra el comportamiento de los sistemas a través de los distintos factores de atenuación, efectos no lineales, efectos lineales, ruido y dispersión, este comportamiento se ve reflejado principalmente en el parámetro BER.

El BER es la relación que existe entre los bits correctamente recibidos vs los bits obtenidos erróneos. Esta relación está enfocada al cifrado y descifrado de los mensajes.

En las siguientes imágenes se pone como ejemplo de FHD 01 correspondiente a la NAT A1 al lote 108 correspondiendo a la ubicación más lejana y FHD 04 correspondiente a la NAT D4 al lote G1 correspondiendo a la ubicación más cercana.

Las demás distribuciones presentan valores similares por lo que solamente ejemplificaremos los valores de ONT más lejano y más cercano.

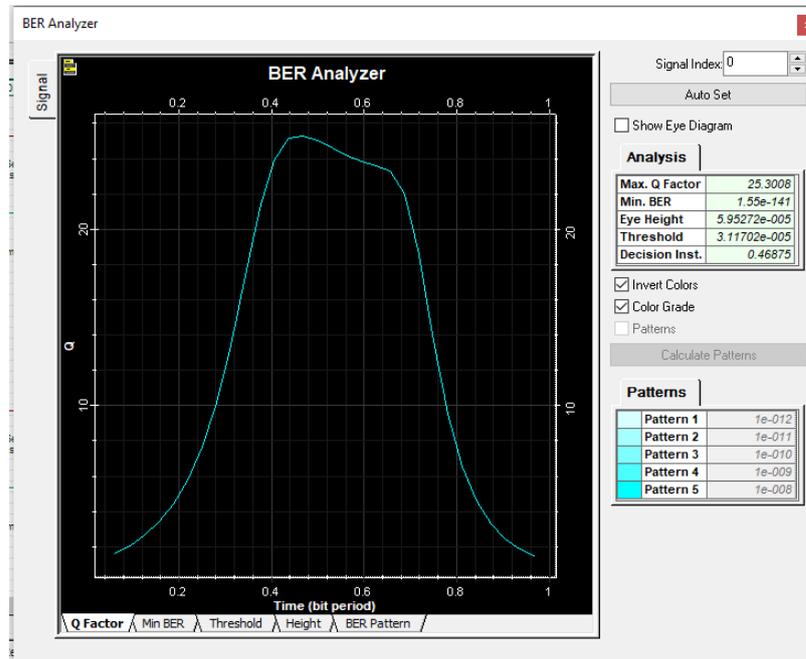


Figura 1-3. BER 1270 nm distancia más cercana

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

En la Figura 1-3 podemos observar un factor de calidad de 25.3008 y el mínimo BER de 1.55e141

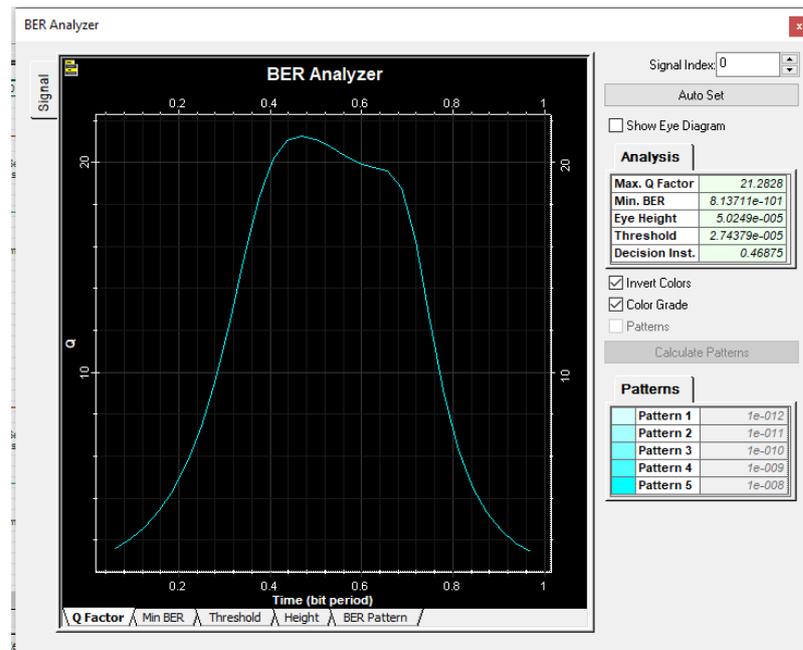


Figura 2-3 BER 1575 nm distancia más cercana

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

En la Figura 2-3 podemos observar un factor de calidad de 21.2828 y el mínimo BER de $8.13711e101$

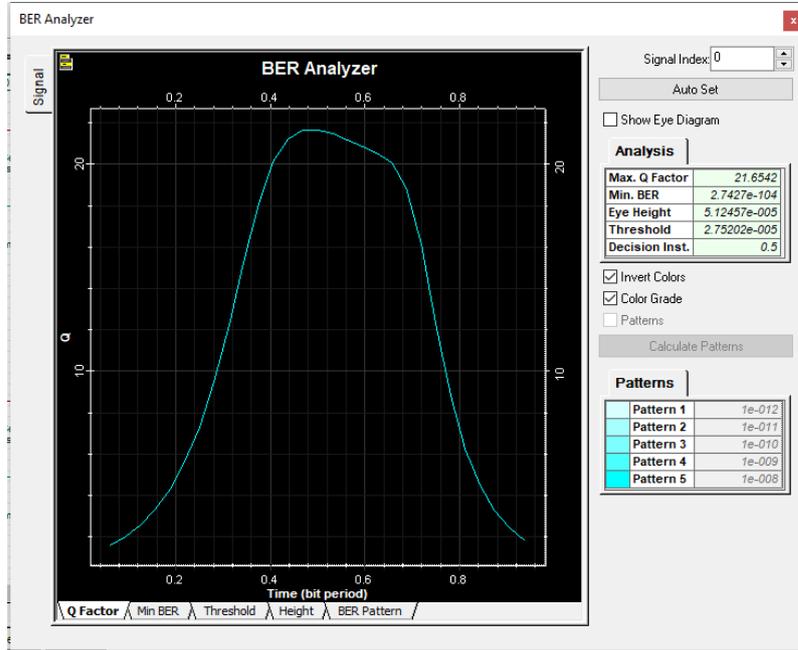


Figura 4-1. BER 1270nm distancia más lejana

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

En la Figura 3-3 podemos observar un factor de calidad de 21.6542 y el mínimo BER de $2.7427e104$

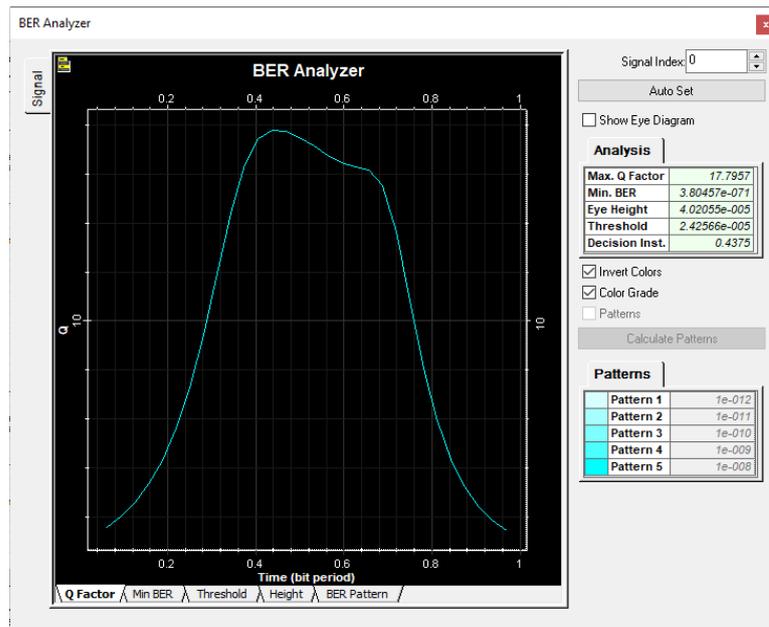


Figura 4-3. BER 1575nm distancia más lejana

En la Figura 4-3 podemos observar un factor de calidad de 17.7957 y el mínimo BER de $3.80457e071$.

4.5 Diagrama del Ojo

El diagrama del Ojo es establecido para mostrar los diferentes ceros y unos que se presentan con una cantidad de bits establecidos y en un determinado tiempo, visualizando así la propagación de los pulsos a través de la Fibra Óptica.

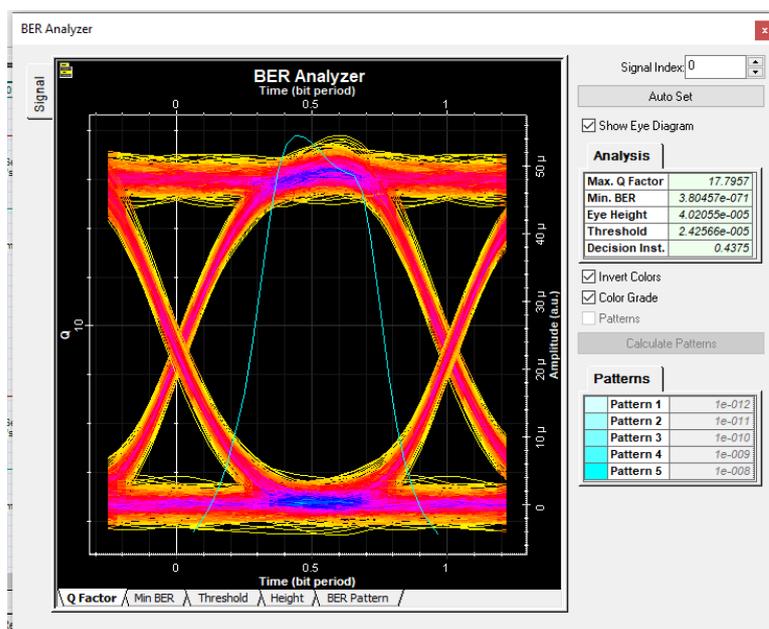


Figura 5-3. diagrama de ojo 1575nm más lejana

En la Figura 5-3 podemos observar un factor de calidad de 17.7957 y el mínimo BER de $3.80457e071$.

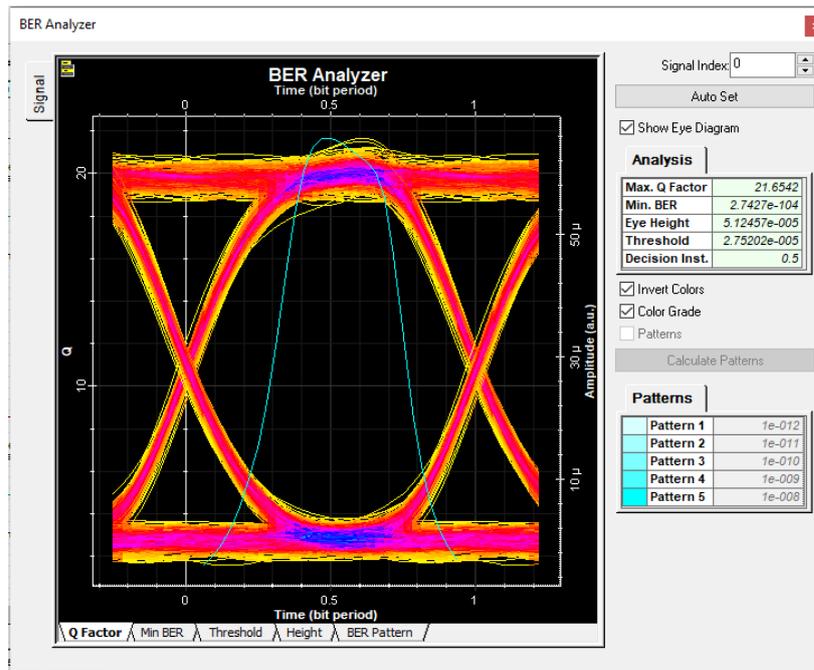


Figura 6-3. diagrama de ojo 1270nm distancia más lejana

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

En la Figura 6-3 podemos observar un factor de calidad de 21.6542 y el mínimo BER de 2.7427e104

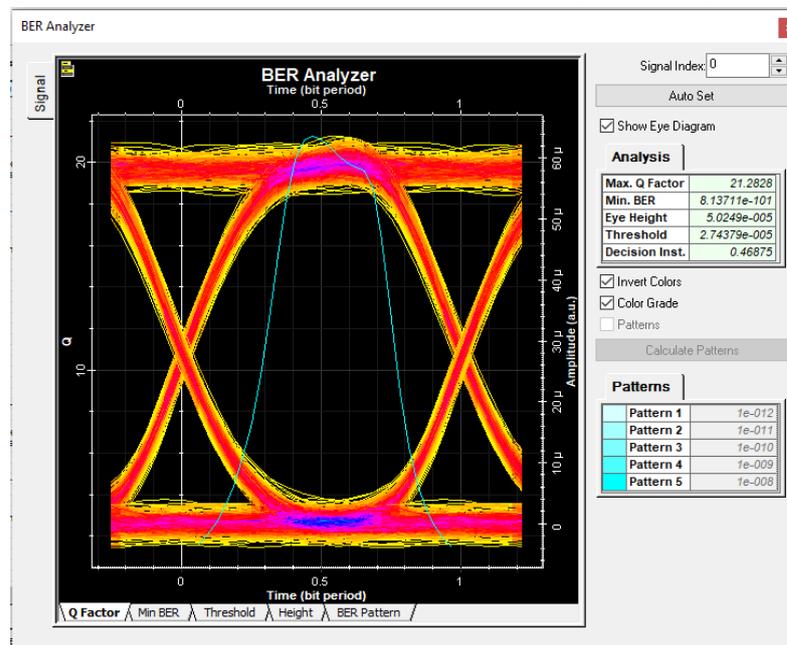


Figura 7-3 diagrama de ojo 1575nm distancia más cercana

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

En la Figura 7-3 podemos observar un factor de calidad de 21.2828 y el mínimo BER de 8.13711e101

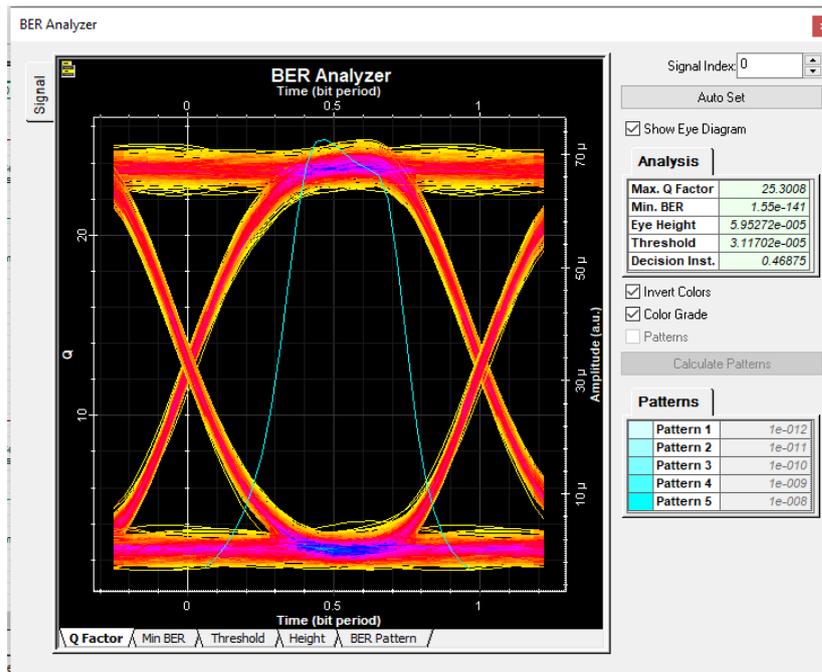


Figura 8-3 diagrama de ojo 1270nm distancia más cercana

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

En la Figura 8-3 podemos observar un factor de calidad de 25.3008 y el mínimo BER de 1.55e141

4.6 Requerimientos y capacidad de ancho de banda

Para otorgar un buen servicio se recomienda implementar redes de última generación, la red XGPON el cual brinde beneficios superiores al usuario, para esto se debe realizar el sobredimensionamiento del ancho de banda que proporciona la tecnología XGPON para cada usuario, para esto tomaremos en cuenta los siguientes servicios como primordiales: Servicio de Internet, Voz Ip y Television HD.

4.6.1 Servicio de Internet

“La Carta de APC (Asociación para el progreso de las Comunicaciones) sobre derechos en internet establece que todas las personas tienen derecho a tener acceso a internet. Esto requiere el compromiso del mercado y los gobiernos, sobre todo, la participación de la sociedad civil y los ciudadanos. Un acceso asequible, fácil y rápido a internet puede ayudar a generar sociedades más

igualitarias. Puede servir para fortalecer los servicios de salud y educación, la buena gobernanza, la participación pública, el acceso a la información, el desarrollo económico local y la erradicación de la pobreza.” (CARTA DE APC SOBRE DERECHOS EN INTERNET, 2006)

El ancho de banda para el servicio de internet en la actualidad está dedicado más para el servicio de video, es decir, el servicio de internet se fundamenta en internet TV por varias empresas que ofrecen este servicio tales como SONY, APPLE o GOOGLE el cual comprende un servicio de última generación. Dado las diferentes características para la navegación en Internet se debe contar con un paquete de datos el cual pueda complacer todas las necesidades del usuario como es la carga inmediata de video, La descarga de datos en un tiempo menor y la continuidad del mismo ancho de banda para el usuario final. de esta manera se estableció un paquete de navegación de 3Mbps download y 1,5Mbps upload

Esto permite establecer una navegación eficaz, una carga de video inmediata y una gestión de descarga de datos más rápida, En la ciudad de Riobamba existen empresas tales como: NETLIFE, PUNTONET, CNT ofrecen a sus usuarios un paquete de navegación y se destaca por el proceso de cambio de tecnología de par de cobre a fibra óptica en lo que es en plan regenerar urbano de la ciudad.

4.6.1.1 Voz Ip

Para la evaluación de la red propuesta se utilizará un códec G.711 por sus características:

La elección de la duración de los paquetes depende del ancho de banda y calidad.

Una baja duración requiere un ancho de banda más bajo, sin embargo, si la duración se incrementa el retardo del sistema se ve incrementado y este es más susceptible a la pérdida de los paquetes.

Tiempo de trama $T_t=0.125$ ms

Duración de paquete= 20 ms

Bloqueo 1%

Ancho de banda de 95,2 Kbps simétricos.

4.6.1.2 Televisión HD

Ecuador ha adoptado el estándar de televisión digital terrestre ISDTB-Tb, el cual es considerado en el diseño de red por utilizar el estándar MPEG-4 para el códec de video, este estándar es el

más reciente con respecto a los utilizados en la compresión de video y el cual ha tomado más impulso para la transmisión más eficiente y de mejor calidad de video.

Tabla 15-3: Ancho de banda requerido por MPEG-4

Tipo de Video	Capacidad (Mbps)
SDTV	1,5
HDTV	8

Realizado por: ARCE, Jairo 2020

En la Tabla 16-3 se resume el ancho de banda para cada servicio propuesto y el ancho de banda total por usuario para la red FTTH.

Tabla 16-3: Capacidad por Abonado

Servicio	Downstream (Mbps)	Upstream (Mbps)
Servicio de internet	3	1,5
Voz sobre IP	0,095	0,095
Televisión en Alta definición	8	-
Total	11,095 Mbps	1,595 Mbps

Realizado por: ARCE, Jairo 2019

4.6.2 Capacidad de ancho de banda

Para realizar el cálculo total de la capacidad de ancho de banda de la red XGPON se debe considerar 1.595Mbps mínimo en upstream y 11.095Mbps en Downstream.

El estándar XGPON posee como capacidad de 10 Gbps en Downstream y 2.5Gbps en Upstream, por cada puerto PON en la tarjeta de la OLT, cada uno de estos puertos soporta 32, 64, 128 usuarios, para el estudio de QoS la normativa CNT EP da como relación a 32 Usuarios por cada puerto PON, por lo cual tenemos una capacidad de 78.125Mbps en upstream y 312.5Mbps en Downstream para cada usuario, mediante el uso de la tecnología XGPON la red puede soportar las capacidades mínimas por usuario.

Cálculo con el 100% de ocupación

$$Ab_{Download} = (U * AB)$$

Ecuación 1-3 Utilización del Ancho de Banda

U = Número de Usuarios.

AB = Ancho de Banda ocupado por usuario

$$Downstream \gg 32 * 11.095Mbps = 12,1823 Gbps$$

$$Upstream \gg 32 * 1,595Mbps = 1.7513 Gbps$$

Cabe mencionar que el cálculo con el 100% de la red de ocupación es de manera concurrente, más en la práctica se reducirán a un 85% aproximadamente, debido a que los usuarios acceden de manera simultáneamente y no acceden de manera sincronizada a todos los servicios.

Los servicios de mayor demanda de ancho de banda en hora pico son el Servicio de Internet y el Servicio de Televisión.

En hora pico el servicio de televisión tiene un porcentaje de 90%, mientras que el Servicio de Internet tiene un porcentaje de 85%, por lo que se opta para el diseño de la red tomar el porcentaje de ocupación más alto.

Cálculo con el 85%

$$Oc = (U * AB * P)$$

Ecuación 2-3 Porcentaje de Utilización del Ancho de Banda

U = Número de Usuarios.

AB = Ancho de Banda ocupado por usuario

P = Porcentaje de ocupación del ancho del canal

$$Downstream \gg (32 * 11.095Mbps) * 0.85 = 301,784Mbps$$

$$Upstream \gg (32 * 1.595Mbps) * 0.85 = 43,384Mbps$$

Con el cálculo total máximo de ancho de banda para prestar los servicios propuestos, se puede confrontar que la red tiene gran índice de escalabilidad y flexibilidad para poder ofrecer un crecimiento de abonados, terminales y demanda de servicios nuevos.

Calculo de ancho de banda de XGpon

$$B_{Xgpon} = \frac{Downstream/Upstream}{\# \text{ de Usuarios}}$$

Ecuación 4-1 Calculo de Ancho de Banda Para XGpon

$$Downstream = \frac{10000Mbps}{32} = 312,5Mbps$$

$$Upstream = \frac{2500Mbps}{32} = 78,125Mbps$$

CONCLUSIONES

- El análisis fundamental teórica de las variables que posee el objeto de estudio mediante la base fundamentada en documentos como; artículos científicos, libros, normativas vigentes acerca del tema. Toda esta información se encuentra explicada y detallada la cual facilita la comprensión de la investigación.
- La valoración actual para determinar la calidad de servicio brindado se establece de acuerdo a la normativa vigente de la empresa CNT.EP ,en esta se obtuvo valores óptimos en el presupuesto óptico cumpliendo así los parámetros estipulados mediante la ayuda de la herramienta de diseño de redes ópticas OptiSystem se pudo obtener valores de BER inferiores a $1 \cdot 10^{-9}$ y mediante la representación gráfica del diagrama del ojo que está constituido por combinaciones de unos y ceros los cuales son valores oscilantes, este representa el 20 ± 3 respecto a la calidad de servicio otorgado por CNT.EP, por otro lado la encuesta realizada presenta que el servicio de calidad es bastante aceptado por los usuarios del mismo.
- Al realizar la simulación se obtuvo como representación del presupuesto óptico en los diferentes puntos de la distribución de la red FTTH podemos encontrar valores menores de -25dB como son en el caso de la NAP A1 la cual es la caja más alejada de toda la red presenta una atenuación de -21,18 dB lo que corrobora que la tecnología ITU-T G987.X puede brindar servicio según la normativa establecida por CNT.EP
- Se comprobó que las ONT que se instalaran, funcionaran y cumplirán todos los parámetros ópticos óptimos los cuales cumplen con la normativa vigente de CNT.EP cuyo rango de potencias se encuentre similares con la clase B de la distribución de GPON que está establecida entre -13 dB y -25dB.

- Se determina que el ancho de banda calculado para cada splitter con una relación de división de 1:32 puede soportar un tráfico tráfico cursado de la máxima media aritmética calculada que vendría a ser del tercer splitter de estudio dándonos un valor de 10 Mbps lo que conlleva a garantizar una excelente calidad de servicio.
- Finalmente se puede determinar que el servicio a emplearse en la cooperativa de vivienda Chimborazo cumplirá con todas las normativas establecidas por CNT.EP, además esta red es flexible, viable, confiable y dota de un excelente servicio de internet, voz y video.

RECOMENDACIONES

- En las diferentes redes como la de distribución y feeder se recomienda realizar una organización con su respectivo etiquetado el cual permita identificar todos los elementos utilizados en la red para que si en algún momento existe alguna falla en los enlaces estos puedan ser reconocidos de manera más fácil y sencilla en donde los inconvenientes se presenten como pueden ser en el buffer o hilo de la red FTTH.
- Se recomienda en la implementación de la red la utilización de conectores con pulido tales como los SC con pulido APC ya que si se migrara de tecnología en zonas de gran demanda de ancho de banda estas puedan ser migradas con facilidad al ya estar con el uso de infraestructura y red GPON.
- Se recomienda realizar un análisis de flujo de tráfico para que la nueva tecnología brinde mejor servicio a los usuarios que requieren una mayor demanda de tráfico, permitiendo reutilizar toda la infraestructura ya implementada de la tecnología GPON.

BIBLIOGRAFIA

ALMAD, Claudio Luis. Evolución tecnológica de las redes de nueva generación en entorno IMS. [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina 2017. pp. 10-12. [Consulta: 2019-11-9] disponible en:<https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/789/TELCO-%20Tesis%20Maestria%20en%20Telecomunicaciones%20>

SÁNCHEZ ORTEGA, John Kevin. Análisis evolutivo de las redes de acceso de fibra óptica GPON-XGPON. [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador 2018. pp.48-54 [Consulta: 2019-11-9] disponible en:<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10953/1/T-UCSG-POS-MTEL-107.pdf>

BOSSIO NIETO, Belky Roció, & CUADRADO GONZÁLEZ, Carlos Alberto. Calidad de servicio en redes ATM y FRAME RELAY y ESTANDAR 802.1P. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Institución Universitaria Tecnológica de Bolívar, Colombia 2003. pp.20-23 [Consulta: 2019-10-8] disponible en: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0018927.pdf>

ESPAÑA BOQUERA, María Carmen. *Comunicaciones ópticas Conceptos esenciales y resolución de ejercicios.* [en línea] Madrid-España: Díaz de Santos, S. A., 2005 [consulta: 2019 octubre]. Disponible en: <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479786854.pdf>

ABREU, Marcelo. "Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH)", Memoria de trabajos de difusión científica y técnica, [en línea], 2009, (Uruguay), pp.39-41 [Consulta: 20 agosto 2009]. ISSN 1510-7450. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1006/jmre.1997.1203>

CARBALLAR, Alejandro, Fotonica de Comunicaciones. [en línea]Sevilla-España: Departamento de Ingeniería Electrónica, 2009. [Consulta: 12 de febrero]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/5260955/>

CEVALLOS, Edwin M. & ECHEVERRÍA, Mario E. "Evaluación de Parámetros de QoS en redes Wimax que Soportan Voz y Video". CIENCIA Vol.17,3 (2015), (Ecuador)pp.350-355

DÍAZ GONZÁLEZ, Jorge Francisco. Optimización e implementación de servicios "triple play" con infraestructura y plataforma IP (Trabajo de titulación). (Ingeniería). [en línea]universidad de

san Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Guatemala. 2007. pp. 1-4 [Consulta: 2019-07-23]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0188_EO.pdf

ITU-T G987.1 *Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales*

ITU-T G987.2 *10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification*

ITU-T G987.3 *10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) layer specification*

ITU.T G987.4 *10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Reach extension*

JOSKOWICZ, J. *Voz Video Y Telefonía Sobre IP* [en línea], Montevideo-Uruguay: Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, 2013. [Consulta: 20 septiembre 2019]. Disponible en: <https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Voz%20Video%20y%20Telefonia%20so bre%20IP.pdf>

MARCHUKOV, Yaroslav. *Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH* [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.2011. pp. 24-34. [Consulta: 2019-07-23]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MOHD R, N. & JAMALUNDI, Z. & ABDULLAH, F "OPTISYSTEM: AN ALTERNATIVE TO OPTOELECTRONICS AND FIBER OPTICS TEACHING E-LABORATORY"[en línea], 2013, pp.308-310. [Consulta: 20 agosto 2019]. ISSN 307-313. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/aa84/9cf90c4f7eb22949fe473ad64757033ed677.pdf?_ga=2.13001911.1488911337.1582938706-1260329290.1582938706

PRIETO ZARPADIEL, Jaime. *Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica* (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Politécnica de Madrid, ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN. (Madrid-España). 2014. pp.7-8 [Consulta: 2019-07-23]. Disponible en: http://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf

SÁNCHEZ ORTEGA, John Kevin. Análisis evolutivo de las redes de acceso de fibra óptica GPON - XGPON (Trabajo de titulación) (Maestría). [en línea] Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, (Guayaquil-Ecuador). 2018. pp.7-8 [Consulta: 2019-07-23]. Disponible en: http://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf

VALLEJO MORENO, Ángel Renato. Estudio Técnico, Normativo y de costos de los equipos que permiten transmitir telefonía IP y Análisis de su posible implementación en la CNT (Zona Andina) (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Politécnica Nacional, (Quito-Ecuador). 2010. pp.1-4 [Consulta: 2019-07-23]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2392/1/CD-3126.pdf>

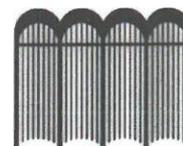
VILLACIS VALENCIA, Andrea Carolina. Diseño de una red 10G-PON para el barrio de Carcelén alto 3D (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Politécnica Nacional, (Quito-Ecuador). 2013. pp.1-4 [Consulta: 2019-06-23]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5911/1/CD-4733.pdf>

XIANG, Yang & YANG, Hechao. "The Application of OptiSystem in Optical Fiber Communication Experiments ".Proceedings of the Third International Symposium on Computer Science and Computational Technology (ISCST '10) [en línea], 2010, (United State of America), pp.376-378. [Consulta: 20 abril 2019]. ISBN 978-952-5726-10-7. Disponible en:<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.403.8454&rep=rep1&type=pdf#page=390>





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

D B R A I

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09 / 03 / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres — Apellidos: Jairo Alcivar Arce Villacres
INFORMACION INSTITUCIONAL
Facultad: Informática y Electrónica
Carrera: Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes
Título a optar: Ingeniero en Electrónica Telecomunicaciones y Redes
f. Analista de Biblioteca responsable: 