



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA TELECOMUNICACIONES**

**“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS PARA MEDIR LA  
CALIDAD DE LA TRANSMISIÓN DE UN SISTEMA DE  
COMUNICACIONES ÓPTICAS PARA BRINDAR SERVICIOS  
TRIPLES PLAY EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE  
GUARANDA MEDIANTE LA NORMATIVA ITU G987.X”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

**AUTOR:**

**JOSÉ ALEXIS SAMANIEGO VILLA**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA TELECOMUNICACIONES**

**“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS PARA MEDIR LA  
CALIDAD DE LA TRANSMISIÓN DE UN SISTEMA DE  
COMUNICACIONES ÓPTICAS PARA BRINDAR SERVICIOS  
TRIPLES PLAY EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE  
GUARANDA MEDIANTE LA NORMATIVA ITU G987.X”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

**AUTOR: JOSÉ ALEXIS SAMANIEGO VILLA**

**DIRECTOR: ING. MSc. MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA**

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, José Alexis Samaniego Villa

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, JOSÉ ALEXIS SAMANIEGO VILLA, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados de este 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, 17 de Junio de 2022



**José Alexis Samaniego Villa**

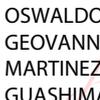
**060412351-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA TELECOMUNICACIONES**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Propuesta Tecnológica, “**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS PARA MEDIR LA CALIDAD DE LA TRANSMISIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ÓPTICAS PARA BRINDAR SERVICIOS TRIPLES PLAY EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE GUARANDA MEDIANTE LA NORMATIVA ITU G987.X**”, realizado por el señor **JOSÉ ALEXIS SAMANIEGO VILLA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. PhD. Jefferson Ribadeneira Ramírez <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>JEFFERSON ALEXANDER RIBADENEIRA RAMIREZ</b>	2022-06-17
Ing. MSc. Marco Vinicio Ramos Valencia <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA</b>	2022-06-17
Ing. Msc. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado digitalmente por: <b>OSWALDO GEOVANNY MARTINEZ GUASHIMA</b>	2022-06-17

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis incondicionalmente a mi familia entera, ya que fueron el pilar fundamental de poder cumplir con un objetivo en mi vida, especialmente a mis padres José Leonardo Samaniego Padilla y Blanca Flor Villa Amaguaya, que son el motivo de no desmoronarme y cada día ser una persona de bien con sus consejos, con su apoyo y la confianza que pusieron en mí. A mis hermanos que a pesar de las circunstancias siempre confiaron en el desarrollo pleno de mi ser y mis metas planteadas, dedico también a la fe el amor y la esperanza de Dios que siempre está a mi lado.

José

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco mucho a Dios y la virgen del Cisne por darme la sabiduría necesaria en momentos buenos y malos, en saberme guiar no solo por lo fácil sino por la fe, el esfuerzo, la esperanza, y la confianza en mí mismo para salir adelante, agradezco mucho por su bendición en todos mis estudios ya que siempre contaba con los recursos y herramientas necesarias, también agradezco a toda mi familia especialmente a mis padres José Leonardo y Blanca Flor que me brindaron siempre su confianza, su apoyo y su sincero amor para no desmayar y seguir adelante en todo lo que me he propuesto, por ultimo también quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a sus docentes ya que fueron el pilar fundamental de mi crecimiento no solo en conocimientos sino también como persona, ya que me guiaron de la manera correcta y sincera durante todo mi proceso de estudios para alcanzar mi objetivo propuesto en la vida.

José

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xix
RESUMEN.....	xx
SUMMARY.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	7
1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1 Estado del arte.....	7
1.2 Bases teóricas.....	8
1.3 Sistemas de comunicaciones ópticas.....	8
1.3.1 Elementos de un sistema de comunicaciones ópticas.....	9
1.3.2 Espectro electromagnético.....	10
1.4 Fibra óptica.....	10
1.4.1 Estructura de la fibra óptica.....	11
1.4.1.1 Núcleo (core).....	11
1.4.1.2 Revestimiento (cladding).....	11
1.4.1.3 Cubierta (coating).....	11
1.4.2 Funcionamiento.....	12
1.4.3 Ventajas de la fibra óptica.....	12
1.4.4 Estandarización de la fibra óptica.....	13
1.4.5 Código de colores.....	13
1.4.6 Modos de propagación.....	13
1.4.6.1 Fibra monomodo.....	14
1.4.6.2 Fibra multimodo.....	14
1.4.7 Clasificación según su índice de refracción.....	14
1.4.7.1 Fibra multimodo de índice gradiente gradual.....	14
1.4.7.2 Fibra multimodo de índice escalonado.....	15
1.4.8 Tipos de fibra óptica según su composición.....	15
1.4.8.1 Cable de estructura holgada (loose tube).....	15

1.4.8.2	<i>Cable de estructura ajustada (tight buffer)</i> .....	15
1.4.8.3	<i>Cable ADSS (all dielectric self-supporting)</i> .....	15
1.4.8.4	<i>Cable OPGW (optical ground wire)</i> .....	16
1.4.8.5	<i>Cable figura 8</i> .....	16
<b>1.5</b>	<b>Componentes de interconexión</b> .....	<b>16</b>
1.5.1	<i>Conectores</i> .....	16
1.5.2	<i>Tipos de pulidos</i> .....	17
1.5.3	<i>Patchcord</i> .....	17
1.5.4	<i>Pigtail</i> .....	18
1.5.5	<i>Empalmes</i> .....	18
1.5.6	<i>Mangas de empalme</i> .....	19
1.5.7	<i>Herrajes</i> .....	19
<b>1.6</b>	<b>Fenómenos que se presentan en las comunicaciones por fibra óptica.</b> .....	<b>19</b>
1.6.1	<i>Atenuación de la fibra</i> .....	19
1.6.1.1	<i>Perdidas por absorción</i> .....	20
1.6.1.2	<i>Perdidas por micro-curvaturas</i> .....	20
1.6.1.3	<i>Perdidas por macro-curvaturas</i> .....	20
1.6.1.4	<i>Perdidas por empalmes</i> .....	20
1.6.2	<i>Dispersión</i> .....	21
1.6.2.1	<i>Dispersión modal</i> .....	21
1.6.2.2	<i>Dispersión cromática (CD)</i> .....	21
1.6.2.3	<i>Dispersión por modo de polarización (PMD)</i> .....	21
<b>1.7</b>	<b>Tendido de cables de fibra óptica en exteriores</b> .....	<b>21</b>
1.7.1	<i>Tendido aéreo</i> .....	21
<b>1.8</b>	<b>Bandas de transmisión</b> .....	<b>22</b>
<b>1.9</b>	<b>Técnicas de multiplexación de una red XG-PON</b> .....	<b>23</b>
1.9.1	<i>WDM (multiplexación por división de onda)</i> .....	23
1.9.1.1	<i>DWDM (multiplexación densa por división de longitud de onda)</i> .....	24
<b>1.10</b>	<b>Arquitectura de acceso en redes de fibra</b> .....	<b>24</b>
1.10.1	<i>Redes de acceso óptico hacia cualquier parte (FTTx)</i> .....	25
1.10.1.1	<i>Fibra hasta el nodo (FTTN)</i> .....	26
1.10.1.2	<i>Fibra hasta la acera (FTTC)</i> .....	26
1.10.1.3	<i>Fibra hasta el edificio (FTTB)</i> .....	26
1.10.1.4	<i>Fibra hasta el hogar (FTTH)</i> .....	26
<b>1.11</b>	<b>Servicios Triple Play</b> .....	<b>27</b>
1.11.1	<i>Voz</i> .....	27
1.11.2	<i>Datos</i> .....	28

1.11.3	<i>Video</i> .....	28
1.12	<b>Parámetros de transmisión</b> .....	28
1.12.1	<i>Tasa de bit errado (BER)</i> .....	28
1.12.2	<i>Relación señal a ruido (SNR)</i> .....	28
1.12.3	<i>Factor Q</i> .....	29
1.12.4	<i>Diagrama de Ojo</i> .....	29
1.13	<b>Redes ópticas pasivas (PON)</b> .....	29
1.13.1	<i>Estructura y funcionamiento de una red PON</i> .....	29
1.13.1.1	<i>OLT (Terminación de Línea Óptica-Optical Line Terminal)</i> .....	30
1.13.1.2	<i>ODN (Red de distribución Óptica-Optical Network)</i> .....	30
1.13.1.3	<i>ONU (Unidad de Red Óptica-Optical Network Unit)</i> .....	30
1.13.2	<i>Estándares XPON</i> .....	30
1.13.2.1	<i>APON (ATM Passive Optical Network)</i> .....	31
1.13.2.2	<i>BPON (Broadband PON)</i> .....	31
1.13.2.3	<i>EPON (Ethernet PON)</i> .....	31
1.13.2.4	<i>GPON (Gigabit PON)</i> .....	32
1.13.2.5	<i>XG-PON (10 Gigabit Mode Passive Optical Network)</i> .....	32
1.13.3	<i>Comparación de los estándares XPON</i> .....	33
1.14	<b>Normativas Técnicas ITU G.987.X</b> .....	33
1.14.1	<i>Norma ITU G.987.1</i> .....	33
1.14.2	<i>Norma ITU G.987.2</i> .....	34
1.14.3	<i>Norma ITU G.987.3</i> .....	35
<b>CAPÍTULO II</b> .....		<b>36</b>
2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>36</b>
2.1	<b>Metodología de la investigación</b> .....	<b>36</b>
2.2	<b>Tipos de investigación</b> .....	<b>36</b>
2.2.1	<i>Investigación bibliográfica</i> .....	<b>36</b>
2.2.2	<i>Investigación descriptiva</i> .....	<b>36</b>
2.2.3	<i>Investigación de campo</i> .....	<b>37</b>
2.2.4	<i>Métodos de investigación</i> .....	<b>37</b>
2.2.5	<i>Técnicas</i> .....	<b>37</b>
2.2.5.1	<i>Entrevista</i> .....	<b>37</b>
2.2.5.2	<i>Observación</i> .....	<b>37</b>
2.3	<b>Metodología para el diseño de la red XG-PON en la zona urbana de la ciudad de Guaranda</b> .....	<b>38</b>

<b>2.4</b>	<b>Aspectos generales del cantón y ciudad de Guaranda.....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.1</b>	<b><i>Situación demográfica.....</i></b>	<b>39</b>
<b>2.4.2</b>	<b><i>Densidad poblacional por sectores de la ciudad de Guaranda .....</i></b>	<b>40</b>
<b>2.5</b>	<b>Diseño Lógico .....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.1</b>	<b><i>Localización de la zona de estudio.....</i></b>	<b>41</b>
<b>2.5.2</b>	<b><i>Sector de estudio .....</i></b>	<b>42</b>
<b>2.5.2.1</b>	<b><i>División del sector en zonas .....</i></b>	<b>42</b>
<b>2.5.2.2</b>	<b><i>Población.....</i></b>	<b>43</b>
<b>2.5.2.3</b>	<b><i>Demanda del sector.....</i></b>	<b>44</b>
<b>2.5.2.4</b>	<b><i>Tamaño de la muestra .....</i></b>	<b>45</b>
<b>2.5.2.5</b>	<b><i>Diseño de la encuesta.....</i></b>	<b>45</b>
<b>2.5.2.6</b>	<b><i>Resultados y análisis de la encuesta.....</i></b>	<b>45</b>
<b>2.5.2.7</b>	<b><i>Análisis de las encuestas .....</i></b>	<b>52</b>
<b>2.5.3</b>	<b><i>Arquitectura .....</i></b>	<b>53</b>
<b>2.5.4</b>	<b><i>Selección del tipo de tecnología FTTx.....</i></b>	<b>53</b>
<b>2.5.5</b>	<b><i>Selección de la topología de red.....</i></b>	<b>53</b>
<b>2.5.6</b>	<b><i>Selección de la norma de fibra óptica.....</i></b>	<b>54</b>
<b>2.5.7</b>	<b><i>Selección del tipo de cable aéreo.....</i></b>	<b>55</b>
<b>2.5.8</b>	<b><i>Tendido de fibra óptica.....</i></b>	<b>56</b>
<b>2.5.9</b>	<b><i>Capacidad por servicio .....</i></b>	<b>57</b>
<b>2.5.10</b>	<b><i>Ancho de banda .....</i></b>	<b>57</b>
<b>2.5.11</b>	<b><i>Arquitectura del servicio triple play.....</i></b>	<b>59</b>
<b>2.5.12</b>	<b><i>Ubicación geográfica de los equipos.....</i></b>	<b>62</b>
<b>2.5.12.1</b>	<b><i>Ubicación de la terminal de línea óptica (OLT).....</i></b>	<b>62</b>
<b>2.5.12.2</b>	<b><i>Mangas porta splitter .....</i></b>	<b>63</b>
<b>2.6</b>	<b>Red de planta externa - Diseño Físico.....</b>	<b>64</b>
<b>2.6.1</b>	<b><i>Red Feeder .....</i></b>	<b>64</b>
<b>2.6.2</b>	<b><i>Red de Distribución .....</i></b>	<b>67</b>
<b>2.6.3</b>	<b><i>Red de Dispersión .....</i></b>	<b>72</b>
<b>2.6.4</b>	<b><i>Red de planta interna - Diseño Físico.....</i></b>	<b>72</b>
<b>2.6.5</b>	<b><i>Selección de elementos activos y pasivos .....</i></b>	<b>73</b>
<b>2.6.5.1</b>	<b><i>Elementos activos .....</i></b>	<b>73</b>
<b>2.6.5.2</b>	<b><i>Elementos pasivos.....</i></b>	<b>77</b>
<b>2.7</b>	<b>Presupuesto óptico.....</b>	<b>84</b>
<b>2.7.1</b>	<b><i>Diagrama de la red FTTH/XG-PON.....</i></b>	<b>85</b>
<b>2.7.2</b>	<b><i>Fórmula para el cálculo de pérdidas por inserción.....</i></b>	<b>86</b>
<b>2.7.3</b>	<b><i>Fórmula para el balance de potencia.....</i></b>	<b>86</b>

2.7.4	<i>Rango de atenuación para XG-PON</i> .....	87
2.7.5	<i>Calculo de presupuesto de pérdidas</i> .....	87
2.7.6	<i>Calculo de balance de potencias</i> .....	88
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>91</b>
<b>3.</b>	<b>GESTIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>91</b>
3.1	<i>Análisis del software OptiSystem</i> .....	91
3.2	<b>Desarrollo de la simulación</b> .....	92
3.2.1	<i>Descripción de la OLT</i> .....	92
3.2.2	<i>Descripción de la red de distribución óptica</i> .....	94
3.2.3	<i>Descripción de la ONT/ONU</i> .....	95
3.3	<b>Evaluación de Resultados</b> .....	96
3.3.1	<b>Potencia</b> .....	97
3.3.1.1	<i>Potencia del transmisor OLT</i> .....	97
3.3.1.2	<i>Potencia recibida al usuario más cercano</i> .....	98
3.3.1.3	<i>Potencia recibida al usuario más lejano</i> .....	98
3.3.1.4	<i>Potencia recibida en cada zona del usuario más cercano y lejano</i> .....	99
3.3.2	<b>Factor Q (factor de calidad)</b> .....	100
3.3.2.1	<i>Factor de calidad del usuario más cercano</i> .....	100
3.3.2.2	<i>Factor de calidad del usuario más lejano</i> .....	101
3.3.2.3	<i>Factor de calidad del resto de usuarios en cada zona</i> .....	102
3.3.3	<b>Mínimo BER</b> .....	102
3.3.3.1	<i>Mínimo BER del usuario más cercano</i> .....	103
3.3.3.2	<i>Mínimo BER del usuario más lejano</i> .....	104
3.3.3.3	<i>Mínimo BER del resto de usuarios en cada zona</i> .....	105
3.3.4	<b>Diagrama de ojo</b> .....	106
3.3.4.1	<i>Diagrama de ojo del usuario más cercano</i> .....	106
3.3.4.2	<i>Diagrama de ojo del usuario más lejano</i> .....	107
3.3.4.3	<i>Valores de altura del ojo del resto de usuarios en cada zona</i> .....	108
3.4	<b>Factibilidad técnica</b> .....	109
3.4.1	<b>Análisis comparativo entre los estándares ITU G984.X(GPON) e ITU G987.X</b> ....	110
3.4.1.1	<i>Presupuesto de pérdidas y balance de potencias</i> .....	110
3.4.1.2	<i>Parámetros de calidad de servicio</i> .....	111
3.4.1.3	<i>Comparación porcentual</i> .....	112
3.5	<b>Factibilidad económica</b> .....	113
3.5.1	<b>Indicadores para la evaluación del proyecto</b> .....	114

<i>3.5.1.1 VAN</i> .....	<i>115</i>
<i>3.5.1.2 TIR</i> .....	<i>116</i>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>118</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Estándar de la Fibra Óptica .....	13
<b>Tabla 2-1:</b>	Propiedades y beneficios al utilizar una fibra óptica .....	22
<b>Tabla 3-1:</b>	Comparación entre BPON, EPON, GPON y XG-PON.....	33
<b>Tabla 4-1:</b>	Requerimientos de la Capa PMD .....	35
<b>Tabla 1-2:</b>	Características de la metodología para el diseño de la red XG-PON. ....	38
<b>Tabla 2-2:</b>	Sectores con mayor densidad de población y vivienda en la ciudad de Guaranda .....	42
<b>Tabla 3-2:</b>	Viviendas por zona .....	43
<b>Tabla 4-2:</b>	Tipos de servicios de telecomunicaciones.....	46
<b>Tabla 5-2:</b>	Sevicios ofrecidos por un mismo proveedor .....	47
<b>Tabla 6-2:</b>	Niveles de satisfacción de los servicios.....	47
<b>Tabla 7-2:</b>	Necesidad de un mejor ancho de banda.....	48
<b>Tabla 8-2:</b>	Interes de internet con un ancho de banda alrededor de 100Mbps.....	49
<b>Tabla 9-2:</b>	Conocimiento de la tecnología XG-PON .....	50
<b>Tabla 10-2:</b>	Disposicion a cambiarse de tecnología.....	51
<b>Tabla 11-2:</b>	Parametros de operación estandar G.652 Y G.657.....	55
<b>Tabla 12-2:</b>	Comparacion de los cables aéreos .....	56
<b>Tabla 13-2:</b>	Ancho de banda requerido para el servicio triple play .....	57
<b>Tabla 14-2:</b>	Asignacion de lonjitudes de onda para cada servicio del paquete triple play.....	60
<b>Tabla 15-2:</b>	Ubicación de Mangas Porta Splitters.....	63
<b>Tabla 16-2:</b>	Especificaciones de las mangas porta splitter.....	65
<b>Tabla 17-2:</b>	Hilos de fibra optica utilizados en la red Feeder .....	67
<b>Tabla 18-2:</b>	Cantidad de NAPs por zona .....	68
<b>Tabla 19-2:</b>	Hilos de fibra activos en la red de distribucion .....	71
<b>Tabla 20-2:</b>	Carcateristicas tecnicas Huawei MA58800-X17.....	74
<b>Tabla 21-2:</b>	Caracteristicas tecnicas ONT Huawei HN8M038055Q.....	76
<b>Tabla 22-2:</b>	Especificaciones de la ONT HN8M038055Q .....	76
<b>Tabla 23-2:</b>	Caracteristicas técnicas del ODF marca TYCO. ....	77
<b>Tabla 24-2:</b>	Caracteristicas tecnicas de los splitters.....	78
<b>Tabla 25-2:</b>	Caracteristicas tecnicas de la manga domo. ....	79
<b>Tabla 26-2:</b>	Caracteristicas tecnicas de la NAP JFOPP-PDB0216.....	80
<b>Tabla 27-2:</b>	Caracteristicas tecnicas del cable ADSS de 48 y 96 hilos.....	81
<b>Tabla 28-2:</b>	Caracteristicas tecnicas del cable Drop .....	82
<b>Tabla 29-2:</b>	Caracteristicas tecnicas del conector SC/APC. ....	82

<b>Tabla 30-2:</b>	Características técnicas del Patchcord SC/APC. ....	83
<b>Tabla 31-2:</b>	Características técnicas de la Roseta Óptica.....	83
<b>Tabla 32-2:</b>	Características técnicas del Pigtail .....	84
<b>Tabla 33-2:</b>	Valores de atenuación de los elementos pasivos de la red XG-PON. ....	85
<b>Tabla 34-2:</b>	Atenuaciones mínimas y máximas de la tecnología XG-PON según su clase. ...	87
<b>Tabla 35-2:</b>	Atenuación del usuario más cercano y lejano de cada zona .....	88
<b>Tabla 36-2:</b>	Potencia de recepción del usuario más cercano y lejano de cada zona. ....	89
<b>Tabla 1-3:</b>	Características y herramientas principales del software OptiSystem. ....	92
<b>Tabla 2-3:</b>	Elementos y características del subsistema transmisor de voz, datos y video....	93
<b>Tabla 3-3:</b>	Elementos y características del subsistema receptor de voz y datos .....	94
<b>Tabla 4-3:</b>	Potencia de recepción del usuario más cercano y lejano de cada zona .....	99
<b>Tabla 5-3:</b>	Valores del Factor de calidad (Q) del usuario más cercano y lejano de cada zona .....	102
<b>Tabla 6-3:</b>	Valores del mínimo BER del usuario más cercano y lejano de cada zona .....	105
<b>Tabla 7-3:</b>	Parámetros de altura de ojo del usuario más cercano y lejano de cada zona....	108
<b>Tabla 8-3:</b>	Valores Óptimos según lo estipulado en la recomendación ITU G.987.x.....	109
<b>Tabla 9-3:</b>	Comparación de la potencia obtenida según la normativa ITU-T G.987.2 .....	109
<b>Tabla 10-3:</b>	Comparación de los parámetros técnicos de transmisión de la red XG-PON. .	109
<b>Tabla 11-3:</b>	Parámetros técnicos de comparación entre la red GPON y XG-PON.....	110
<b>Tabla 12-3:</b>	Presupuesto óptico de las NAPs más distantes.....	110
<b>Tabla 13-3:</b>	Atenuación promedio de cada zona.....	111
<b>Tabla 14-3:</b>	Factor de calidad y Probabilidad de error de bit de las NAPs. ....	111
<b>Tabla 15-3:</b>	Costo del equipamiento activo .....	113
<b>Tabla 16-3:</b>	Costo del equipamiento pasivo.....	113
<b>Tabla 17-3:</b>	Costo de instalación de fibra óptica y mano de obra.....	113
<b>Tabla 18-3:</b>	Presupuesto referencial total de la red.....	114
<b>Tabla 19-3:</b>	Presupuesto referencial del proyecto .....	114
<b>Tabla 20-3:</b>	Presupuesto de pagos de servicios triple play .....	114
<b>Tabla 21-3:</b>	Flujo de caja proyectado.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Esquema de un enlace básico de comunicaciones ópticas .....	9
<b>Figura 2-1:</b>	Espectro Electromagnético .....	10
<b>Figura 3-1:</b>	Constitución de la Fibra Óptica .....	11
<b>Figura 4-1:</b>	Propagación de haces de luz en la Fibra Óptica.....	12
<b>Figura 5-1:</b>	Código de Colores.....	13
<b>Figura 6-1:</b>	Fibra Monomodo .....	14
<b>Figura 7-1:</b>	Fibra multimodo.....	14
<b>Figura 8-1:</b>	Tipos de Conectores Ópticos .....	16
<b>Figura 9-1:</b>	Tipos de pulidos .....	17
<b>Figura 10-1:</b>	Patch Cord de F.O.....	17
<b>Figura 11-1:</b>	Pigtail .....	18
<b>Figura 12-1:</b>	Empalmes mecánicos.....	18
<b>Figura 13-1:</b>	Empalme por fusión.....	19
<b>Figura 14-1:</b>	Perdidas en la Fibra óptica.....	20
<b>Figura 15-1:</b>	Montaje aéreo.....	22
<b>Figura 16-1:</b>	Multiplexación por división de longitud de onda .....	23
<b>Figura 17-1:</b>	Sistema DWDM.....	24
<b>Figura 18-1:</b>	Red FTTx .....	25
<b>Figura 19-1:</b>	Arquitectura FTTx .....	25
<b>Figura 20-1:</b>	Arquitectura FTTH .....	27
<b>Figura 21-1:</b>	Redes ópticas Pasivas (PON).....	29
<b>Figura 22-1:</b>	Arquitectura de Red .....	34
<b>Figura 1-2:</b>	Límites Geográficos del Cantón Guaranda.....	39
<b>Figura 2-2:</b>	Densidad poblacional por sectores de la Ciudad de Guaranda .....	40
<b>Figura 3-2:</b>	Zona urbana de la ciudad de Guaranda.....	41
<b>Figura 4-2:</b>	Ubicación Geográfica de la ciudad de Guaranda.....	43
<b>Figura 5-2:</b>	Topología de la red de fibra óptica .....	54
<b>Figura 6-2:</b>	Localización de postes en el sector de estudio.....	56
<b>Figura 7-2:</b>	Diagrama lógico de la red XG-PON .....	59
<b>Figura 8-2:</b>	Tecnología XG-PON .....	59
<b>Figura 9-2:</b>	Diagrama para el servicio de voz, internet y TV online .....	61
<b>Figura 10-2:</b>	Diagrama para el servicio de voz, internet e IPTV .....	61
<b>Figura 11-2:</b>	Diagrama para el servicio de voz, internet y CaTV .....	62
<b>Figura 12-2:</b>	Ubicación Geográfica de la OLT .....	63
<b>Figura 13-2:</b>	Ubicación de Manga Porta Splitter .....	63

<b>Figura 14-2:</b>	Red Feeder o Troncal.....	64
<b>Figura 15-2:</b>	Ubicación de las mangas troncales de cada zona.....	66
<b>Figura 16-2:</b>	Ubicación de las NAPs en la Zona 1.....	69
<b>Figura 17-2:</b>	Ubicación de las NAPs en la Zona 2.....	69
<b>Figura 18-2:</b>	Ubicación de las NAPs en la Zona 3.....	70
<b>Figura 19-2:</b>	Ubicación de las NAPs en la Zona 4.....	71
<b>Figura 20-2:</b>	Planta interna .....	72
<b>Figura 21-2:</b>	Red Interna.....	73
<b>Figura 22-2:</b>	OLT Huawei MA5800-X17.....	74
<b>Figura 23-2:</b>	Tarjeta de servicio H90LXGSF .....	75
<b>Figura 24-2:</b>	ONT HN8M038055Q .....	76
<b>Figura 25-2:</b>	ODF marca TYCO.....	77
<b>Figura 26-2:</b>	RACK marca TYCO.....	78
<b>Figura 27-2:</b>	Splitter 1:8 marca Huawei .....	79
<b>Figura 28-2:</b>	Manga Domo .....	79
<b>Figura 29-2:</b>	NAP JFOPP-PDB0216 .....	80
<b>Figura 30-2:</b>	Cable ADSS.....	81
<b>Figura 31-2:</b>	Cable Drop.....	82
<b>Figura 32-2:</b>	Conector SC/APC .....	82
<b>Figura 33-2:</b>	Patchcord de fibra óptica.....	83
<b>Figura 34-2:</b>	Roseta Óptica.....	84
<b>Figura 35-2:</b>	Pigtail .....	84
<b>Figura 36-2:</b>	Esquema de elementos activos y pasivos de la red XG-PON.....	85
<b>Figura 1-3:</b>	Software OptiSystem .....	91
<b>Figura 2-3:</b>	Terminal de Línea Óptica (OLT).....	93
<b>Figura 3-3:</b>	Transmisor de voz/datos y video .....	94
<b>Figura 4-3:</b>	Receptor de voz, datos de la OLT.....	94
<b>Figura 5-3:</b>	Software OptiSystem .....	95
<b>Figura 6-3:</b>	Terminal ONT.....	96
<b>Figura 7-3:</b>	Potencia a la salida de la OLT .....	97
<b>Figura 8-3:</b>	Potencia recibida en la ONT del usuario más cercano.....	98
<b>Figura 9-3:</b>	Potencia recibida en la ONT del usuario más lejano. ....	98
<b>Figura 10-3:</b>	Factor Q del usuario más cercano del receptor de audio/datos.....	100
<b>Figura 11-3:</b>	Factor Q del usuario más cercano del receptor de video .....	101
<b>Figura 12-3:</b>	Factor Q del usuario más lejano del receptor de audio/datos.....	101
<b>Figura 13-3:</b>	Factor Q del usuario más lejano del receptor de video .....	102
<b>Figura 14-3:</b>	Mínimo BER del usuario más cercano del receptor de audio/datos .....	103

<b>Figura 15-3:</b>	Mínimo BER del usuario más cercano del receptor de video .....	104
<b>Figura 16-3:</b>	Mínimo BER del usuario más lejano del receptor de audio/datos .....	104
<b>Figura 17-3:</b>	Mínimo BER del usuario más lejano del receptor de video.....	105
<b>Figura 18-3:</b>	Diagrama de ojo del usuario más cercano del receptor de audio/datos .....	106
<b>Figura 19-3:</b>	Diagrama de ojo del usuario más cercano del receptor de video .....	107
<b>Figura 20-3:</b>	Diagrama de ojo del usuario más lejano del receptor de audio/datos .....	107
<b>Figura 21-3:</b>	Diagrama de ojo del usuario más lejano del receptor de video.....	108

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Tasa de crecimiento poblacional por periodos intercensales.....	40
<b>Gráfico 2-2:</b>	Porcentaje de los servicios en la ciudad de Guaranda .....	46
<b>Gráfico 3-2:</b>	Porcentaje de usuarios con servicios contratados por un mismo proveedor ...	47
<b>Gráfico 4-2:</b>	Porcentaje de satisfacción con los servicios .....	48
<b>Gráfico 5-2:</b>	Porcentaje de necesidad de mejorar el ancho de banda.....	49
<b>Gráfico 6-2:</b>	Porcentaje de acceder a Internet con un ancho de banda alrededor de 100 Mbps .....	50
<b>Gráfico 7-2:</b>	Personas que conocen sobre XG-PON .....	51
<b>Gráfico 8-2:</b>	Disposición a cambiarse de tecnología.....	52
<b>Gráfico 1-3:</b>	Comparación porcentual del factor Q de GPON y XG-PON .....	111
<b>Gráfico 2-3:</b>	Comparación porcentual del BER de la red GPON y XG-PON .....	112

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DATOS ESTADÍSTICOS DEL INEC 2010, SEGÚN LA PROVINCIA, CANTÓN, Y PARROQUIAS DE EMPADRONAMIENTO
- ANEXO B:** DELIMITACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO
- ANEXO C:** ENCUESTA REALIZADAS EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE GUARANDA
- ANEXO D:** SIMULACIÓN DE LA RED XG-PON EN EL SOFTWARE OPTISYSTEM

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>ADSS:</b>	All Dielectric Self Supporting
<b>ARCOTEL:</b>	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
<b>APC:</b>	Angled Physical Contact
<b>BW:</b>	Ancho de Banda
<b>BER:</b>	Tasa de error de bit
<b>CO:</b>	Central Office
<b>CNT:</b>	Corporación Nacional de Telecomunicaciones
<b>dB:</b>	Decibelios
<b>dBm:</b>	Decibelio-milivatio
<b>EMI:</b>	Interferencias electromagnéticas
<b>FTTx:</b>	Fibra hacia algún lugar
<b>FTTH:</b>	Fibra hacia el hogar
<b>HD:</b>	Alta Definición
<b>HDTV:</b>	Televisión de alta definición
<b>IEEE:</b>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
<b>IP:</b>	Protocolo de Internet
<b>IBM:</b>	Máquina de Negocios Internacionales
<b>INEC:</b>	Instituto Nacional de Estadística y Censos
<b>LC:</b>	Lucent Connector
<b>LED:</b>	Light Amplification by Simulated Emission of Radiation
<b>NAP:</b>	Network Access Point
<b>NRZ:</b>	No Return to Zero
<b>ODF:</b>	Optical Distribution Frame
<b>ODN:</b>	Red de Distribución Óptica
<b>QoS:</b>	Calidad de Servicio
<b>SUPERTEL:</b>	Superintendencia de Telecomunicaciones
<b>SC:</b>	Subscriber Connector
<b>VoD:</b>	Video sobre Demanda
<b>VPN:</b>	Redes Privadas Virtuales
<b>WLL:</b>	Wireless Local Loop
<b>WDM:</b>	Wavelength Division Multiplex Mode

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue diseñar una Red Óptica Pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON), utilizando la normativa vigente ITU G987.X para proveer un óptimo servicio Triple Play (audio, video y datos), en la zona urbana de la ciudad de Guaranda. Se realizó un estudio general y minucioso de los elementos, arquitecturas, topologías y propiedades de las redes FTTx, junto a las tecnologías PON determinando que XG-PON posee mejores características que sus antecesoras. Para el desarrollo del proyecto se hizo un análisis de la densidad poblacional e infraestructura demográfica de la ciudad, donde se efectuó una encuesta a las personas de la zona determinando que están insatisfechos con el servicio actual de telecomunicaciones. Con esta información se desarrolló el diseño lógico de la red feeder, red de distribución y red de dispersión, mediante el software Google Earth Pro, dividiendo el sector de estudio en 4 zonas, en las cuales se ubicó cada elemento de red según el número de viviendas; en cuanto al diseño físico se especificó las características reales de los equipos activos y pasivos a usar. Finalmente, se llevó a cabo la comprobación de los resultados teóricos calculados con los simulados en el software OptiSystem, del usuario más cercano y más lejano considerando los parámetros técnicos de transmisión como el presupuesto de enlace, tasa de error de bit (BER), Factor Q y diagrama de Ojo, resultando estos satisfactorios pues cumplen con lo estipulado en la norma ITU G.987.2. Se concluye que la red de acceso XG-PON para la ciudad de Guaranda es escalable, factible y viable ya que presenta un ancho de banda mejorado para dar servicio de voz, video y datos. Se recomienda que los equipos a usar cumplan con las características técnicas de la normativa para que la red funcione correctamente.

**Palabras clave:** <TELECOMUNICACIONES> <SERVICIO TRIPLE PLAY> <FIBRA HASTA EL HOGAR (FTTH)> <NORMATIVA ITU G.987.X> <DISEÑO DE RED> <GOOGLE EARTH PRO (SOFTWARE)>.

1009-DBRA-UPT-2022

**ESPOCH - DBRAI**  
PROCESOS, TÉCNICOS Y ANÁLISIS  
BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL



24 MAY 2022

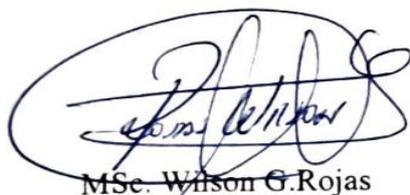
REVISIÓN DE RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Por: Pandi Hora: 15:58

## SUMMARY

The objective of this degree work was to design a Passive Optical Network with 10 Gigabit capacity (XG-PON), using the current ITU G987.X standard to provide an optimal Triple Play service (audio, video and data), in the urban zone of Guaranda. A general and detailed study of the elements, architectures, topologies and properties of FTTx networks was carried out, together with PON technologies, determining that XG-PON has better characteristics than its predecessors. For the development of the project, an analysis of the population density and demographic infrastructure of the city was carried out, where a survey was carried out on the people of the zone, determining that they are dissatisfied with the current telecommunications service. With this information, the logical design of the feeder network, distribution network and dispersion network were developed using Google Earth Pro software, dividing the study sector into 4 zones, in which each network element was located according to the number of households; Regarding the physical design, the real characteristics of the active and passive equipment to be used were specified. Finally, the verification of the theoretical results calculated with those simulated in the OptiSystem software, of the closet and furthest user was carried out, considering the technical transmission parameters such as the link budget, bit error rate (BER), Factor Q and Eye diagram, these being satisfactory as they accomplish with the provisions of the ITU G.987.2 standard. It is concluded that the XG-PON access network for the Guaranda city is scalable, feasible and viable it presents an improved bandwidth to provide voice, video and data service, it is recommended that the equipment to be used comply with the characteristic's regulatory techniques for the network to function properly.

**Keywords:** <TELECOMUNICATIONS>, <TRIPLE PLAY SERVICE>, <FIBER TO THE HOME (FTTH)>, <ITU G.987.X STANDARD>, <NETWORK DESIGN>, <GOOGLE EARTH PRO (SOFTWARE)>.



MSc. Wilson G. Rojas

**NOMBRE Y FIRMA PROFESOR**

**C.I 0602361842**

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, las tecnologías de comunicación se encuentran en constante evolución, razón por la cual es necesario otros requisitos para prestar servicios de audio, video y datos, también llamada como servicio Triple Play, el presente proyecto se desarrolló para el diseño y evaluación de una red XG-PON mediante fibra Óptica en la zona urbana de la ciudad de Guaranda, mejorando los parámetros técnicos de transmisión del usuario final.

Capítulo I, se realizó una investigación de la teoría fundamental de las redes pasivas, enfocado a explorar la normativa ITU-T G.987.x, los beneficios y elementos que presenta la tecnología XG-PON.

Capitulo II, se diseña la red óptica pasiva, comenzando con la zonificación urbana de la ciudad de Guaranda, donde es necesario la elección de la arquitectura (topología) y cable de fibra óptica de la red Optical Distribution Network (ODN, por sus siglas en inglés) conformada por la red feeder, red de distribución y la red de dispersión, mediante el cual se especifica la ubicación precisa de los equipos, elementos y rutas de la red de acceso XG-PON. Además de proporcionar escalabilidad para redes futuras debido a la simbología y nomenclatura que se podría usar para cambios y mejoras en la red a partir de un diseño estructurado.

Capitulo III, se enfoca en la evaluación de la red mediante la comparación de resultados calculados y simulados, para determinar la calidad de servicio según los parámetros de transmisión. Logrando establecer conclusiones y recomendaciones en función a los resultados del usuario más lejano y cercano de la red.

## ANTECEDENTES

En la actualidad el internet se convirtió en un servicio prioritario en nuestro diario vivir, especialmente estos dos últimos años con las medidas cautelares que debemos tener entre la sociedad, por tal motivo las personas no ven solo el internet como un servicio básico sino buscan nuevas tecnologías que puedan otorgar más servicio como el de telefonía, internet y televisión High Definition (HD, por sus siglas en inglés), conocida como triple play, es decir la próxima generación de capacidad ultra-rápida para ISPs

El servicio triple play está dando paso firme a ocupar un mayor ancho de banda de las redes, generando nuevas formas de transmisión para mayor eficiencia y permitiendo un mayor ancho de banda con respecto a Red De Fibra Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON, por sus siglas en inglés). En la actualidad la educación, el trabajo, comercio, las finanzas entre otras actividades se realizan de forma virtual por lo que es indispensable no tener fallos de caídas de enlace, velocidad y latencia en especial cuando son labores de vital importancia como la educación, teletrabajo, finanzas.

Debido a un alto número de usuarios en diferentes zonas del Ecuador el servicio de internet se puede ver afectado en la última milla por saturación de enlaces y pérdidas de datos afectando directamente a la Calidad de Servicio (QoS, por sus siglas en inglés). La zona urbana de Guaranda, perteneciente al cantón Bolívar a una altura de 2.668 msnm, aproximadamente constan de 23.874 habitantes según el censo del 2010 (INEC).

La ciudad de Guaranda, de fácil acceso ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: 1°35'28''S 78°59'57'' W, en esta ciudad se intentará investigar los parámetros técnicos de calidad de un sistema de comunicaciones ópticas para brindar servicio triple play mediante la normativa ITU G987.x

TroncalNet una empresa proveedora de internet de la provincia de cañar, genera sus servicios a los pobladores de la ciudad mediante radioenlaces, presentando problemas de interferencias en las señales transmitidas, saturaciones de las radiofrecuencias acusando específicamente pérdida de información o de las señales transmitidas, por tales motivos la empresa vio la necesidad y viabilidad de una red Fibra Hasta el Hogar (FTTH, por sus siglas en inglés), con tecnología GPON para mejorar o ampliar el ancho de banda en función al factor de calidad de servicio.(Carlos Araujo, 2015, p.139)

Otra empresa de Ecuador dedicada a servicios de internet es Telconet S.A donde realiza estudios para la implementación de redes GPON en comunidades como la Juan Gómez Rendón (Progreso) determinando que se puede dar velocidades de transmisión desde 2.4/1.8 Gb de bajada y subida

beneficiando así a propuestas o próximos estudios de diseños para servicios triple play con nuevas tecnologías, además de que dicha comunidad consta con el medio físico necesario para la instalación de cableado de BMX de dispersión además de contener un nodo de Telconet S.A listo para su implementación.(Alcívar Mendoza, 2015, p.39)

A causa de un incremento de usuarios en entidades educativas superiores como la Universidad Técnica del Norte donde las redes de internet fueron diseñadas en el año 1998 por la empresa Máquina de Negocios Internacionales (IBM, por sus siglas en inglés), del Ecuador, donde consideraron para dicha época solo de 30 a 40 dispositivos con anchos de banda de hasta 128 Kbps generando así congestión y saturación de datos en el tráfico de la red con la tecnología instalada en dicha época donde no tuvieron en cuenta lo más importante que es la densidad de posibles usuarios en el diseño e implementación.(Valencia A., 2013, p.27)

En el transcurso del día a día se van desarrollando nuevas funciones, aplicaciones, tecnologías, que son parte de nuestro vivir personal y de sociedad donde tenemos servicios como domótica en las viviendas, servicios de la nube, video conferencias, Juegos en línea, televisión IP, etc. Por tales servicios se requiere de un aumento de velocidad de transmisión por lo que gracias a estudios internacionales para el desarrollo de tecnologías de telecomunicaciones existe el estándar 10G-PON con tasa de transferencia de datos de 10 Gigabit por segundo (Gbps, por sus siglas en inglés) de subida y 2.5 Gbps de bajada utilizando como medio de transmisión la fibra óptica.(Reyes J., 2016, p.15)

Debido a la necesidad de los usuarios a un servicio múltiple de internet más rápido, efectivo con buenos planes de servicio ya que ahora la vida ha cambiado mucho donde el trabajo, el estudio, el comercio, la comunicación en si se la realizan de forma virtual por tal razón en vez de presentar un servicio inalámbrico o de radioenlaces que tienen muchos problemas en cuestión de interferencias, atenuaciones, fenómenos ambientales, se ve la viabilidad de analizar los parámetros de Calidad en una red mediante la normativa ITU G987.x. para servicio Triple Play en la ciudad Guaranda.

## **PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA**

- ¿Es posible evaluar mediante los parámetros técnicos la calidad de la transmisión de un sistema de comunicaciones ópticas para brindar servicio triple play en la zona urbana de la ciudad de Guaranda mediante la normativa ITU G987.X?

## **Sistematización del problema**

- ¿Qué demografía y densidad poblacional existe en la ciudad de Guaranda para el diseño de una red de fibra Óptica?
- ¿Es posible el diseño de una red de fibra óptica planta externa e interna mediante la normativa ITU G987.X?
- ¿Podremos medir la calidad de transmisión de la red óptica mediante la simulación de los parámetros técnicos de la red en OptiSystem?
- ¿Podremos evaluar y determinar la factibilidad técnica de la red de servicios triple play en la ciudad de Guaranda?

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

En el presente trabajo realizara un análisis profundo para encontrar faltas y así ofrecer parámetros óptimos de calidad de servicio para acceso a servicio de internet donde tenemos el ancho de banda, latencia, velocidad de transmisión, disponibilidad, seguridad, etc. La mayoría de los habitantes optan por servicios deficientes con baja calidad como radioenlaces entre otros que son servicios de muy bajo rendimiento y propenso a alteraciones, atenuaciones, perdidas de señal a causa de fenómenos externos a las tecnologías usadas.

La ley orgánica de comunicación indica en el capítulo II sección 1 art.35. Derecho al acceso universal a las tecnologías de la información y comunicación- *“Todas las personas tienen el derecho de acceder, entender y utilizar tecnologías de información, comunicación para disfrutar del desarrollo y derecho a información y comunicación”*. (Barrezueta H., 2013, pp.4-5)

10-GPON posee velocidades de línea de 10 Gbps en downstream y en upstream de 2,5 Gbps, Codificación NRZ, Transmisión bidireccional con técnica CWDM, Distancia de fibra de 20Km y máxima distancia lógica de fibra 60 Km.

Debido a estos parámetros se puede aprovechar el proceso de una red 10-GPON ya que es capaz de transportar servicios de triple play además de su alcance máximo entre el nodo y los equipos además que los usuarios pueden acceder a una misma fibra 1:128 debido a 10-GPON.

Otra ley de Reforma es la ley Especial de Telecomunicaciones publicada en el Registro Oficial no. 770 del 30 de agosto de 1995 en el cap. V, título III, art.35, literal g se dice que la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), actualmente ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) se encargara de la competencia. Por lo que basándonos en

esta ley podemos realizar una investigación para entregar beneficios tecnológicos a ambas comunidades.(Arcotel, 1995,p. 3)

En la actualidad existe un gran incremento de demanda de servicio de internet de alta velocidad y confiabilidad por lo que podemos justificar el análisis de una red de fibra óptica con la normativa ITU G987.x; ya que podemos evidenciar el uso de servicios como televisión HD, telefonía, VoIP, Video conferencias, Juegos en línea, entre otros se han popularizado en la sociedad debido al uso en tiempo real y de muchos usuarios a una misma red, por tal motivo se evaluara los parámetros de Calidad de una red según la normativa ITU G987.x, donde presenciaremos la diferencia entre una red que soporta un buen factor de calidad (QoS) para contar con una conexión de altas velocidades en servicios triple play, en la ciudad de Guaranda.

### **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

Año tras año se ha podido ver el incremento significativo de servicios debido a que los usuarios quieren acceso a nuevas tecnologías con mayores anchos de banda, ultra velocidades, lo que conlleva a medios de transmisión con niveles de velocidad altos, mayor rendimiento en el menor tiempo posible, para un correcto tráfico de información donde destacan las redes 10-GPON por sus transmisiones a grandes distancias además de presentar servicio triple play.

La evaluación de una red con normativa ITU G987.x se da para otorgar mejoras en servicios triple play, debido al crecimiento significativo de usuarios, además que se incluyen enlaces de fibra óptica sin un previo análisis que cumpla con los estándares causando pérdidas de información en la transmisión debido a que no se toman en cuenta las características de cada tecnología como su alcance máximo, su convergencia, infraestructura, etc. Por tales motivos se evaluará la calidad de servicio mediante los parámetros BER, latencia, atenuación, etc.

El presente trabajo propone realizar una evaluación de los parámetros técnicos de calidad de un sistema de comunicaciones ópticas mediante la normativa G 987.x para satisfacer las nuevas necesidades de conexión de los usuarios mediante OptiSystem analizaremos los parámetros de calidad como: Potencia, BER, Factor Q, además de tener en cuenta los estándares que se deben cumplir para el diseño y evaluación de nuevos enlaces, debido al incremento de usuarios en servicios triple Play, el análisis se lo realizaría mediante el acceso del usuario más cercano y más lejano permitiendo tener en cuenta dicho proyecto para ISPs.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar mediante los parámetros técnicos la calidad de la transmisión de un sistema de comunicaciones ópticas para brindar servicio triple play en la zona urbana de la ciudad de Guaranda mediante la normativa ITU G987. X.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la densidad poblacional y la estructura demográfica de la ciudad de Guaranda para el diseño de la red.
- Diseñar la red de fibra óptica planta externa e interna mediante la normativa ITU G987. X.
- Simular utilizando OptiSystem los parámetros técnicos para medir la calidad de transmisión de la red óptica.
- Evaluar y determinar la factibilidad técnica de la red de servicio triple play en la zona urbana de la ciudad de Guaranda.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta los principales temas que constituyen al tema del trabajo de titulación.

### 1.1 Estado del arte

Los sistemas de comunicación entre las personas han ido evolucionando mucho en cuestión de tecnologías permitiendo que la sociedad tenga un gran impacto o acceso a información que puede ser personal o global debido a que la comunicación se puede realizar a pequeñas o largas distancias en tiempo real, es por eso por lo que se toma como referencia inicial la comunicación manual donde la conexión se la realizaba con personas desde el origen hasta el destino.

En los últimos años los usuarios finales han visto un desarrollo significativo en redes *backbone* por la demanda de servicios de internet, telefonía y video que requiere de un aumento de velocidad de transmisión de hasta 24 Mbps, por lo que se busca soluciones para así tener un medio de transmisión con un gran ancho de banda y capacidad de extensión de redes en varios sectores, por lo que se tiene la fibra óptica como tecnología de última milla.(Chamorro O., 2013, p.1)

En estos tiempos existen nuevos servicios como, Video sobre Demanda (VoD, por sus siglas en inglés), Redes Privadas Virtuales (VPN, por sus siglas en inglés), Videoconferencias, Internet, juegos en línea, Telefonía IP, Televisión de alta definición (HDTV, por sus siglas en inglés), que requieren de un gran ancho de banda por lo que las tecnologías de xDSL, HFC, entre otros no soportan estos servicios, generando un cuello de botella en la última milla de las redes.(López y Rudge, 2009, p.2)

De forma global las nuevas tecnologías que aparecen, como los sistemas de comunicación inalámbrica son muy usadas debido a que no se utiliza ningún cableado, pero presentan un alto índice de pérdidas de información, por lo que se migran los radioenlaces a conexiones con menores pérdidas de datos y altas velocidades que brinda una fibra óptica en redes GPON

Debido a que cada día existe un aumento de usuarios finales y dispositivos existe también la demanda de tener servicio triple play por un mismo medio por lo que los Código Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias (ISPs, por sus siglas en inglés), buscan preparar el despliegue de tecnologías 10G-PON con velocidades de transmisión altas, incremento de ancho de banda, un mayor alcance permitiendo una mejora en cuestión a la calidad de servicios.(Buitrago y Gomez, 2018, pp.20-21)

En Cuba se realizó una red de banda ancha en la Periferia de la Habana en el 2019, donde existía redes de telefonía inalámbrico con sistemas Wireless Local Loop (WLL, por sus siglas en inglés), enfocados tanto para el sector urbano y rural, pero volviéndose obsoleto por la demanda de servicios de banda ancha, a causa del aumento de la densidad poblacional y de extensión del sector, se analiza la red óptica pasiva XG-PON con velocidades de 10 Gbps en bajada y 2.5 Gbps en subida.(Hernández y Ríos, 2019, pp.1-8-10)

En Colombia, específicamente en la ciudad de Barranquilla se realizó la evaluación de las topologías de red en los colegios distritales en 2009, debido al crecimiento del servicio de internet se encontraron principalmente problemas de velocidad de conexión con un 92% de los suscriptores tienen velocidades inferiores a los 4 Mbps, decidiendo el diseño de la red tenga un alcance de 20 Km debido al incremento poblacional o de instituciones a futuro mediante red XG-PON con tecnología FTTB.(Marino A., 2017, pp.2-19-21)

En nuestro país la compañía estatal CNT de telecomunicaciones consta como un proveedor de internet fijo a las 24 provincias, además de ofrecer servicios de televisión DTH mediante fibra óptica de más de 32.350Km donde se han realizado estudios en distintos lugares enfocados a las redes pasivas GPON.

En Loja, se realizó el diseño de una red de datos con tecnología XG-PON para un programa de vivienda ciudad verde debido a la gran demanda que existe en los servicios de telecomunicaciones por un mismo canal de comunicación, por lo que es necesario una velocidad de transmisión y ancho de banda elevado para satisfacer ciertas aplicaciones de multimedia de cada cliente.(Sarango D., 2015, p.25)

## **1.2 Bases teóricas**

En este capítulo se dará a conocer los principales conceptos relacionados al diseño de redes de acceso óptico, mediante la normativa ITU-T G.987.X para proveer servicio triple play (voz, video, datos).

## **1.3 Sistemas de comunicaciones ópticas**

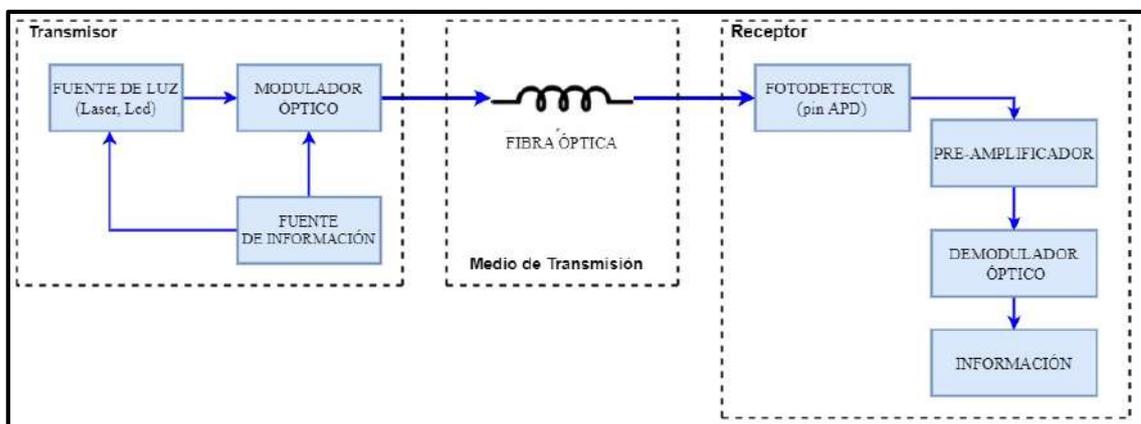
La principal característica entre un sistema tradicional y un sistema de comunicación óptica es que es análogo debido a que la transición de información desde el origen hacia el destino se realiza mediante pulsos de luz a través de la fibra óptica, con un potencial de transporte de información a velocidades de hasta 1Tbps, debido a la frecuencia de transición en orden de los THz y con longitudes de onda en orden de los nanómetros. (Agreda R.,2019, p. 45)

En un sistema de comunicación óptica, la señal eléctrica llega al transmisor para ser codificada en pulsos de luz, que es enviado por el medio de transmisión específicamente por fibra óptica hacia el receptor donde se decodifica la señal convirtiéndola otra vez en una señal eléctrica. (Rios y Suarez, 2020, p.34)

### 1.3.1 Elementos de un sistema de comunicaciones ópticas

Los sistemas de comunicaciones ópticos están formados fundamentalmente de tres elementos: el transmisor, el medio de transmisión o guía de fibra y el receptor.

Dentro de cada uno de los elementos que forman el sistema de comunicación óptico, existen un conjunto de dispositivos y procesos que permiten el funcionamiento completo y correcto de los sistemas de comunicación.



**Figura 1-1:** Esquema de un enlace básico de comunicaciones ópticas

Realizado por: Samaniego, José, 2022

En la figura 1-1, se muestra el esquema de un enlace básico punto a punto de comunicaciones ópticas donde se usa la fibra óptica como canal único de transmisión. Cada parte del esquema se describe a continuación. (Grosz D., 2003, p.4)

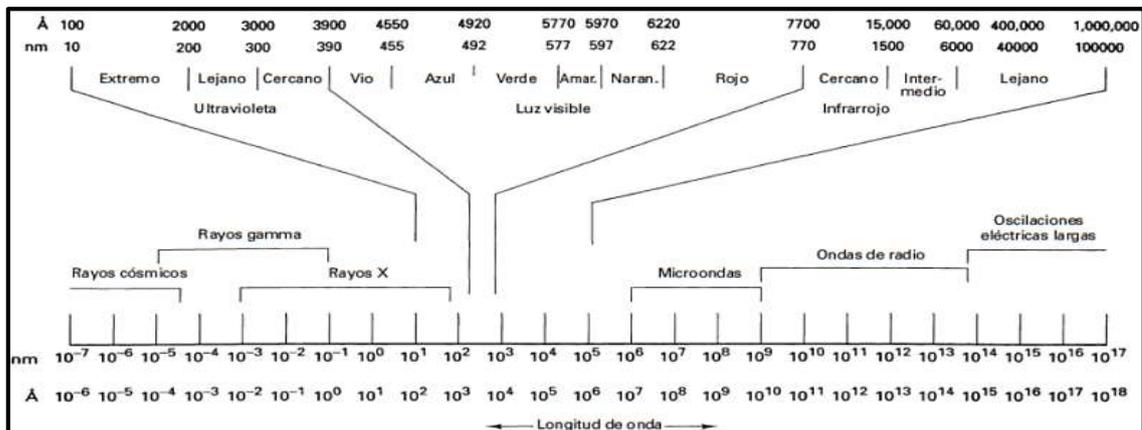
- **Transmisor:** Toma la información (secuencia de bits), que es una señal eléctrica y la transforma en una secuencia de bits ópticos en algún formato determinado. (Grosz, 2003, p.4)
- El transmisor debe contar con un emisor de luz capaz de generar un haz de luz monocromático, de acoplamiento sencillo a la radiación, poseer una potencia modulable por dispositivos electrónicos y de respuesta rápida. Un sistema de comunicación óptico los dispositivos emisores de luz más usados son los diodos LED y los laser (LD).
- **Canal de comunicación:** Es el medio físico que permite que las señales en forma de bits lleguen del transmisor al receptor, en este caso será la fibra óptica, por lo general el canal de comunicación corrompe la información transmitida mediante la adición de ruido y

distorsiones lineales (no dependen de la potencia de la señal transmitida) y no lineal (dependen de la potencia de la señal transmitida).

- **Receptor:** Recibe la secuencia de bits ópticos, los transforma en la secuencia de bits eléctricos que se le conoce como fotodetección, recupera la sincronización y toma la decisión sobre el valor del bit recibido mediante la comparación con un valor de umbral fijo. El fotodetector, son fotodiodos o receptores ópticos, convertidores fotoeléctricos que transforman la señal óptica en señal eléctrica, en la actualidad existen dos tipos que son: PIN y APD.

### 1.3.2 Espectro electromagnético

Ya mencionado anteriormente, la luz es la que transporta la información del usuario por la fibra óptica. Esta luz se transmite a una frecuencia o longitud de onda determinada como se muestra en la figura 2-1.



**Figura 2-1:** Espectro Electromagnético

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

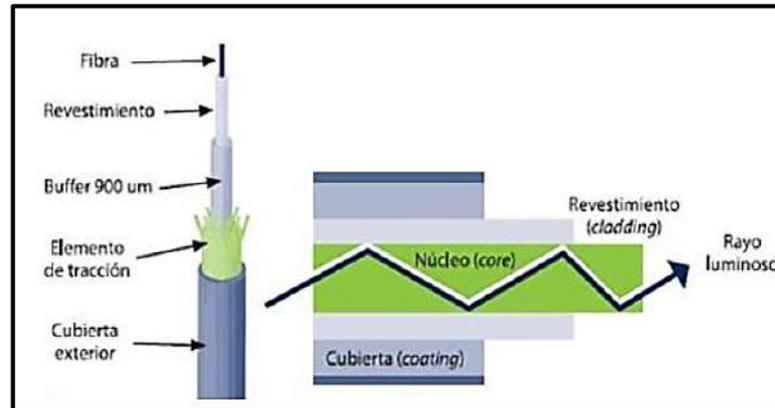
La figura 2-1, indica la distribución del espectro electromagnético para las múltiples áreas de trabajo, y en las comunicaciones ópticas está entre los 770nm – 1550 nm.

### 1.4 Fibra óptica

La fibra óptica es un hilo muy fino aproximadamente de 0,1 mm de material dieléctrico transparente como el vidrio o plástico es decir que propaga una señal a través de una guía de onda dieléctrica en forma de pulsos de luz, en una comunicación bi-direccional entre el transmisor y receptor se requiere de dos filamentos. (Meneses S., 2016, p.30)

### 1.4.1 Estructura de la fibra óptica

En redes de nueva generación (NGN) que necesitan de grandes anchos de banda para tener velocidades de transmisión altas, optan por la nueva tecnología de cable que es la fibra óptica, constituida por tres capas o estructuras concéntricas que difieren en sus propiedades de composición.



**Figura 3-1:** Constitución de la Fibra Óptica

Fuente: Meneses J., 2016, p.17

En la figura 3-1, podemos observar que la fibra óptica está constituida por tres partes fundamentales como el Núcleo (Core), Revestimiento (Cladding) y Cubierta (Coating).

#### 1.4.1.1 Núcleo (core)

Esta es la parte más interna de la fibra óptica y es responsable de transmitir la señal óptica desde la fuente de luz al dispositivo receptor mediante el proceso de reflexión interna total, consiste en una sola fibra continua de vidrio, cuanto mayor sea el diámetro del núcleo, más luz puede transportar el cable. (Osorio A., 2016, p.63)

#### 1.4.1.2 Revestimiento (cladding)

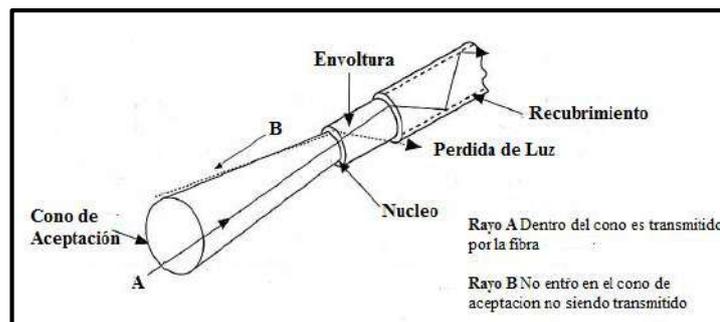
Esta es la parte intermedia de la fibra óptica que cubre y protege el núcleo, donde las ondas de luz que intentan salir del núcleo son reflejadas y detenidas por esta capa debido, al índice de refracción que es menor al del núcleo. Generalmente son de cuarzo o plástico transparente, para protección extra contra, impactos y curvaturas del cable. (Osorio A., 2016, p.63)

#### 1.4.1.3 Cubierta (coating)

Es la parte externa de la fibra óptica que protege el núcleo y el revestimiento en forma de amortiguador fabricado con material plástico proporcionando protección mecánica a la manipulación, agentes externos, capaz de preservar la fibra de curvaturas extremas, aplastamientos, humedad, roedores y otros riesgos del entorno. (Osorio A., 2016, p.64)

### 1.4.2 Funcionamiento

El funcionamiento de la fibra óptica se basa en las propiedades de refracción y reflexión que adquiere la luz a su paso por un medio como se observa en la figura 4-1, el pulso óptico transmitido se refleja completamente a través del cable para que pueda transmitirse sin pérdidas por refracción. Los pulsos ópticos transmitidos por fibra óptica transmiten información binaria o digital, que representado con un valor de 1 y 0, donde el receptor óptico recoge las señales ópticas convirtiéndolas en formatos de información como imágenes, audio, video, datos, etc.



**Figura 4-1:** Propagación de haces de luz en la Fibra Óptica

Fuente: Sánchez I., 2014, p.28

### 1.4.3 Ventajas de la fibra óptica

- Las transmisiones por fibra óptica la EMI (Interferencia electromagnética) es nula al no existir componentes metálicos.
- Mayor velocidad de transmisión. Las señales pasan a través de cables de fibra óptica a una velocidad cercana a la de la luz, mientras que las señales eléctricas pasan a través de cables en un 50-70% de la velocidad, dependiendo del tipo de cable
- Permite una elevada capacidad de transmisión, con velocidades mayores a 2 Gbps, además de permitir un ancho de banda en el orden de los THz.
- En los sistemas ópticos la atenuación es muy baja a mayor distancia con relación a cables eléctricos, por tal característica es posible que la información viaje a grandes distancias sin necesitar repetidores.
- Las propiedades físicas de la fibra óptica permiten su flexibilidad para operar a temperaturas altas, los cables son mucho más manejables permitiendo la instalación aérea y por canalización.
- Costes de producción reducidos gracias a las materias primas utilizadas en la producción. Los cables ópticos tienen una vida útil mucho más larga que los cables eléctricos.

#### 1.4.4 Estandarización de la fibra óptica

Según la recomendación UIT-T los tipos de fibra óptica se caracterizan por sus diferentes longitudes de onda, tipo de propagación y atenuación en que trabajan, como se indica en la tabla 1-1.

**Tabla 1-1:** Estándar de la Fibra Óptica

Estándar	Tipo de Propagación	Longitud de Onda	Atenuación	Diámetro del núcleo y revestimiento
ITU-T G.651	Multimodo	850 - 1310 nm	0,3 dB/Km	50/245 $\mu\text{m}$
ITU-T G.652	Monomodo	1310 - 1550 nm	0,5 dB/Km	8 a 10/125 $\mu\text{m}$
ITU-T G.653	Monomodo	1550 nm	0,35 dB/Km	7.8 a 8.5/125 $\mu\text{m}$
ITU-T G.654	Monomodo	1550 nm	0,22 dB/Km	9.5 a 10.5/125 $\mu\text{m}$
ITU-T G.655	Monomodo	1550 - 1625 nm	0,4 dB/Km	8 a 11/125 $\mu\text{m}$
ITU-T G.656	Monomodo	1550 - 1625 nm	0,35 dB/Km	7 a 11/125 $\mu\text{m}$
ITU-T G.657	Monomodo	1310 - 1550 nm	0,4 dB/Km	8 a 7/125 $\mu\text{m}$

Fuente: Yungán S., 2019, p.42

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

#### 1.4.5 Código de colores

El hilo de fibra óptica se codifica mediante el (TIA/EIA-598), que es el código de colores internacional y está distribuido como indica la figura 5-1.

Posición	Colores
1	Azul
2	Anaranjado
3	Verde
4	Café
5	Plateado (Gris)
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa (Rosado)
12	Aqua (Celeste)

**Figura 5-1:** Código de Colores

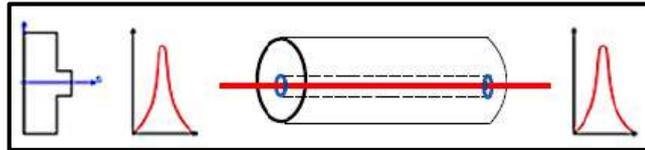
Fuente: Fernández P., 2010, p.1

#### 1.4.6 Modos de propagación

En general las fibras ópticas se pueden clasificar según su modo de propagación que están relacionados generalmente al diámetro del núcleo.

#### 1.4.6.1 Fibra monomodo

Esta fibra transmite los datos en una sola trayectoria por el eje de luz denominado monomodo como se observa en la figura 6-1, trabaja en ventanas de 1300 nm y 1550 nm, posee un ancho de banda de 100 GHz/Km con una atenuación baja, mayor rendimiento, usada en distancias grandes de hasta 300 Km para dar servicios (triple play) a los hogares.

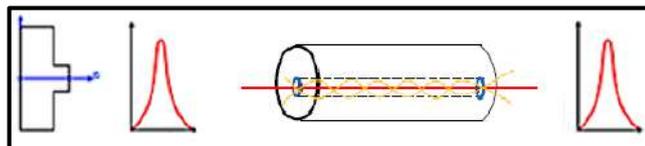


**Figura 6-1:** Fibra Monomodo

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

#### 1.4.6.2 Fibra multimodo

La fibra multimodo permite el paso de múltiples haces de luz de diferentes frecuencias y modulaciones como se muestra en la figura 7-1. Estos rayos pasan por el centro del núcleo, debido a los diferentes ángulos de incidencia que presentan rebotan en el manto y no siguen la trayectoria recta del núcleo, destacando que no se mezclan entre sí. Cada uno de estos envía información diferente según el servicio (VoIP, Internet, TV, etc.), Este tipo de fibra óptica no se puede colocar a grandes distancias como la fibra monomodo, pero puede transportar mayores cargas de datos en diseños más pequeños. (Sarango D., 2015, p.33)



**Figura 7-1:** Fibra multimodo.

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

#### 1.4.7 Clasificación según su índice de refracción

Existen dos tipos de fibra multimodo debido al tipo de índice de refracción del núcleo.

##### 1.4.7.1 Fibra multimodo de índice gradiente gradual

El principio de esta fibra multimodal consiste en que el índice de refracción del interior del núcleo no es único, es decir que va decreciendo cuando viaja del núcleo a la cubierta. Esta clase de fibra

posee una banda de paso que llega hasta 500 MHz/Km, con la característica de reducir la dispersión entre diferentes modos de propagación a través del núcleo.(Jimenez y Ruiz, 2006, p.40)

#### *1.4.7.2 Fibra multimodo de índice escalonado.*

Estas fibras tienen una atenuación muy alta, cuya característica es que el núcleo y los materiales de revestimiento tienen propiedades ópticas diferentes. Se usa en transmisiones de audio y televisión y crea dispersión y ralentiza la información. Están fabricados a base de vidrio con una banda de paso de 40 MHz/Km.(Jimenez y Ruiz, 2006, p.40)

#### **1.4.8 Tipos de fibra óptica según su composición**

Los cables de fibra óptica se clasifican según el tipo de instalación que realizan, y los cables con las características adecuadas para el uso en una variedad de entornos. En general, para zonas urbanas se utiliza cableado aéreo si no disponen de ductos subterráneos destacando: Cable figura 8, OPWG y ADSS.

##### *1.4.8.1 Cable de estructura holgada (loose tube)*

Este tipo de cable tiene una serie de tubos que rodean el refuerzo central, donde las fibras se disponen de forma holgada debido a su diámetro, estos tubos son cubiertos con un material impermeable o gel para evitar la humedad del agua, el cable se utiliza para instalaciones en interiores y exteriores.

##### *1.4.8.2 Cable de estructura ajustada (tight buffer)*

Cada fibra está cubierta con una capa secundaria para protección adicional, este tipo de fibra óptica se puede conectar directamente al conector, eliminando la necesidad de una caja de empalmes. Se utiliza para instalación en interiores ya que admite un pequeño radio de curvatura para facilitar la instalación.

##### *1.4.8.3 Cable ADSS (all dielectric self-supporting)*

La característica principal de este cable es que puede ser soportado de forma aérea, debido al hecho de que el cable tiene un refuerzo central que proporciona la seguridad y el soporte necesario, este cable tiene elementos de protección que evitan daños por causa del ambiente y protegen de daños a causa de los materiales utilizados para el tendido.

#### 1.4.8.4 Cable OPGW (optical ground wire)

Está diseñado para transmisión de alta tensión y transmisión de información en un sistema óptico, en el interior hay un tubo de aluminio donde se ubican los buffers con las fibras, y sobre el tubo de aluminio se construye un cable para transportar altos voltajes.

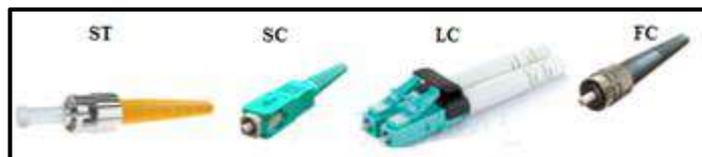
#### 1.4.8.5 Cable figura 8

Este cable está auto-soportado por un cable de acero galvanizado usado como guía, el mismo que ayuda a soportar esfuerzos de tracción, es fabricado para enlaces aéreos con una capacidad de 6 a 144 hilos con un peso de 270 Kg/Km.

### 1.5 Componentes de interconexión

#### 1.5.1 Conectores

El conector es un elemento mecánico ubicado en un extremo del cable de la fibra óptica, que se encarga de facilitar la conexión del equipo transmisor y el dispositivo final, están fabricados específicamente para ser conectados y desconectados las veces que sean existe una amplia variedad de conectores para la fibra, de los cuales los más usados se muestran en la figura 8-1.



**Figura 8-1:** Tipos de Conectores Ópticos

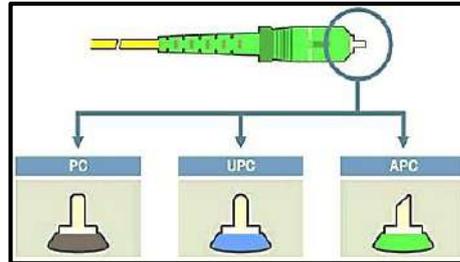
Fuente: Cofitel, 2019, pp. 1-2-3

- **ST (Straight Tip):** Este conector se usa en fibras multimodo, además de ser utilizadas en redes de edificios y en sistemas de seguridad, tienen una pérdida alrededor de 0,25dB.
- **SC (Straight Connection):** Se usan en redes FTTH, televisión por cable, telefonía, etc. Soporta fibras monomodo y multimodo y posee pérdidas de 0,25 dB.
- **LC (Lucent Connector):** Este conector es de un tamaño reducido, con alta densidad de transmisión de datos y con pérdidas en fibras monomodo y multimodo de 0,1 dB.
- **FC (Fiber Connector):** Usado en telecomunicaciones y transmisión de información, de ajuste por enroscamiento, soporta fibras monomodo con pérdidas de 0,3 dB.

El conector que se elige dependerá mucho del tipo de dispositivo que se va a ocupar.

### 1.5.2 Tipos de pulidos

El pulido se relaciona al extremo del conector, como se muestra en la figura 9-1, los pulidos más utilizados:



**Figura 9-1:** Tipos de pulidos

Fuente: Álvarez G. 2017, p.34

- **PC (Contacto físico):** Tiene una superficie plana, permitiendo un acoplamiento correcto entre los conectores.
- **UPC (Ultra contacto físico):** Posee una superficie pronunciada, este tipo de pulido es usado en secciones de fibra, por ejemplo, el OTDR.
- **APC (Contacto físico en ángulo):** La superficie que posee termina en una inclinación de 8 grados, genera un enlace óptico de mayor calidad, cuya transmisión de luz no retorna al núcleo de la fibra óptica

### 1.5.3 Patchcord

El Patchcord es un cable de fibra óptica monomodo o multimodo, como se observa en la figura 10-1, usado para conexión en interiores, que en sus extremos tienen un conector que puede ser del mismo tipo o uno diferente. (Cantos W., 2008, p.41)

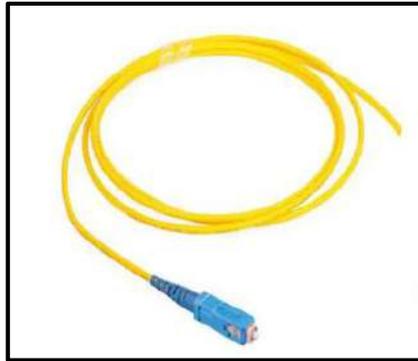


**Figura 10-1:** Patch Cord de F.O.

Fuente: Guizado P., 2019, p.70

### 1.5.4 Pigtail

El Pigtail está constituido por cordones de fibra la cual esta descubierta en uno del extremo para ser empalmada a la fibra del cable principal, en el otro extremo un conector que sirve de interfaz con los equipos como se indica en la figura 11-1.(Paguay D., 2015, p.27)



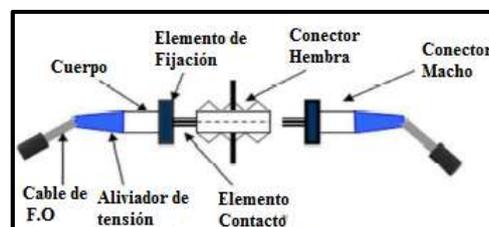
**Figura 11-1:** Pigtail.

Fuente: Guizado P., 2019, p.70

### 1.5.5 Empalmes

El empalme es la unión de dos fibras que garantizan la continuidad, el uso más común para un empalme es el cableado en instalaciones largas al aire libre donde las longitudes de los cables requieren más cable.

- **Empalmes mecánicos:** Este tipo de empalme es más económico porque lleva menos tiempo de ejecutarla y puede ser permanente o temporal en fibras multimodo. Como se muestra en la figura 12-1, se utiliza un dispositivo mecánico que permite asegurar los extremos de las fibras con abrazaderas.(Ríos y Suarez, 2020, p.47)

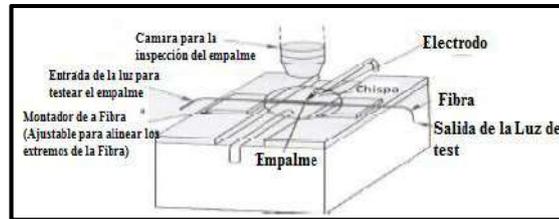


**Figura 12-1:** Empalmes mecánicos.

Fuente: López E., 2016, p.64

- **Empalmes por fusión:** Es el empalme más óptimo debido a que presenta bajas pérdidas y menor reflexión de la señal. Se usa un dispositivo que, asiste en la alineación y verificación

del corte de la fibra, para luego proceder al empalme del núcleo de la fibra, como se muestra en la figura 13-1.(Ríos and Suarez, 2020, p.48)



**Figura 13-1:** Empalme por fusión

Fuente: Ríos y Suarez, 2020, p.43

### **1.5.6 Mangas de empalme**

Este tipo de elemento es de un material resistente a la tensión, es impermeable con sellado hermético cuya función es realizar empalmes de extremo a extremo e internos examinando el radio de curvatura, existen dos tipos como son Lineal o Domo.(CNT, 2012, p.20)

### **1.5.7 Herrajes**

Los Herrajes son todos los accesorios que ayudan a asegurar o sujetar el cable aéreo a los postes, también a los accesorios de soporte y protección para cables canalizados.

## **1.6 Fenómenos que se presentan en las comunicaciones por fibra óptica.**

El estándar G.650 de la ITU, detalla y explica los parámetros principales de la fibra óptica, desde la definición hasta los métodos de prueba, destacando la atenuación y la dispersión cromática o modal.

### **1.6.1 Atenuación de la fibra**

La atenuación es la reducción en la potencia del pulso transmitido y afecta la relación señal a ruido (SNR) de la señal, se expresa en dB/Km debido a que cuando se trasmite por el núcleo genera pérdidas a lo largo de la distancia del hilo de fibra óptica representado por (dB/Km).

### 1.6.1.1 Pérdidas por absorción

Es una pérdida que no se puede eliminar porque depende del material de la fibra óptica, donde las impurezas propias del material absorben la luz y lo transforman en calor generando pérdidas por absorción ultravioleta, por absorción infrarroja y por iones. (Yos E., 2011, p.54)

### 1.6.1.2 Pérdidas por micro-curvaturas

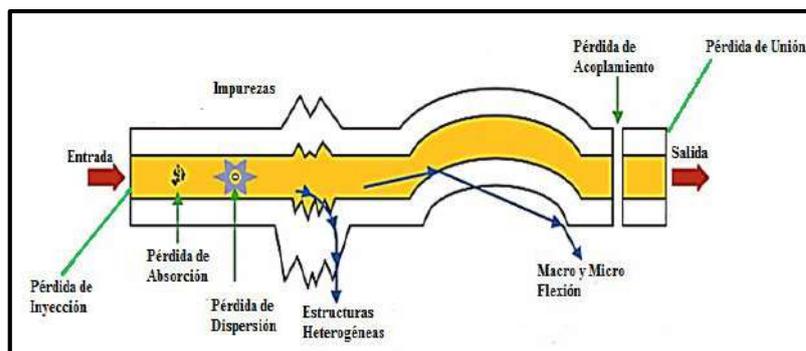
Durante la fabricación o instalación la fibra tiene una ligera, causando que el núcleo se deforme, originando desviaciones en la luz incidente y cambios menores dentro del núcleo. La mejor forma de reducir estos impactos a través del control de la producción y tomando precauciones en la instalación. (Laruda E., 2013, p.51)

### 1.6.1.3 Pérdidas por macro-curvaturas

Esta pérdida hace que del núcleo de la fibra se escape el haz de luz generando pérdidas, el motivo de este fenómeno es la torsión pequeña del radio, causando por el doblamiento de la fibra.

### 1.6.1.4 Pérdidas por empalmes

Estas pérdidas son generadas por la unión entre fibras de diferente tipo o un mal alineamiento, este método de unión se le conoce como empalme que puede darse por fusión o mecánico como se observa en la figura 14-1.



**Figura 14-1:** Pérdidas en la Fibra óptica

Fuente: Pozo y Zurita, 2010, p.88

## **1.6.2 Dispersión**

Este es un fenómeno que ocurre en la transmisión del pulso de la señal óptica, dicha señal se ensancha causando distorsión en la información. La dispersión se expresa por la unidad [ns/Km] que define el rango máximo por unidad de longitud que se puede transmitir. (Yos E., 2011, p.46)

### **1.6.2.1 Dispersión modal**

Este tipo de dispersión es el resultado de los distintos tiempos y caminos en los que viajan los haces de luz propagados, por lo que las velocidades de grupo varían en la fibra multimodal.

### **1.6.2.2 Dispersión cromática (CD)**

Este fenómeno se refiere al retraso espectral cuando el pulso óptico pasa a través del cable. El problema es que el coeficiente de dispersión de la fibra óptica tradicional es positivo, lo que significa que cuanto más larga sea la longitud de onda, mayor será el tiempo de tráfico del pulso a través de la fibra, distorsionando el pulso. (Pozo y Zurita, 2010, p.87)

### **1.6.2.3 Dispersión por modo de polarización (PMD)**

Esta dispersión ocurre cuando las fibras no son perfectamente circulares y tienen la misma constante de polarización, por lo que la velocidad de propagación de cada polarizador es la misma, su característica es que contienen diferentes índices de refracción y, por lo tanto, tienen diferentes velocidades. (Peñañiel y Jacome, 2018, p.62)

## **1.7 Tendido de cables de fibra óptica en exteriores**

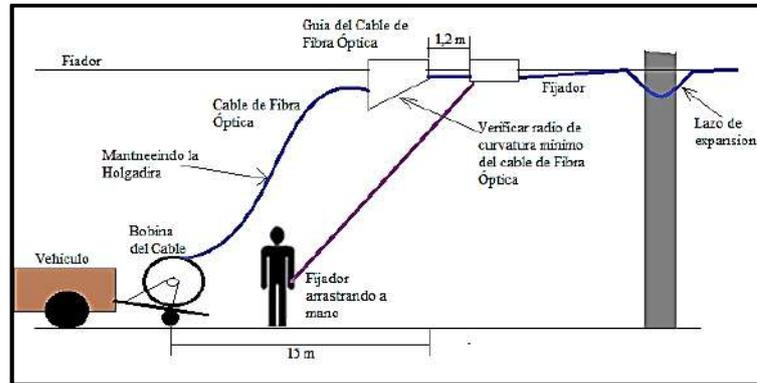
Los cables de fibra óptica pueden llegar a los edificios u hogares por aire o bajo tierra, por lo que es necesario considerar varios factores, como la cantidad de cables, el radio de curvatura, el cableado en el hogar y la seguridad.

### **1.7.1 Tendido aéreo**

Debido a que se trabaja cerca de las líneas de alta tensión es necesario contar con las normas de seguridad según el reglamento contra riesgos e instalaciones aéreas del Ministerio de Trabajo del Ecuador, donde se instala un fiador de acero especial para resistir la tensión y pandeo del cable

de fibra óptica, debe ajustarse y asegurarse al poste con las abrazaderas de los extremos. (Reyes J., 2016, p.40)

En la figura 15-1, se observa el montaje de los cables de fibra óptica en los postes de manera correcta.



**Figura 15-1:** Montaje aéreo

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

## 1.8 Bandas de transmisión

Según el Organismo de las Naciones unidas para tecnologías de la Información y Comunicación (ITU), expresa que las transmisiones ópticas que utilizan las bandas espectrales de 1260 a 1625 nm se le define como región infrarroja, establecido en el apéndice 39 de la recomendación G (Diseño de sistemas ópticos y consideraciones de ingeniería), por lo cual se tiene en cuenta seis bandas espectrales de operación que son. (ITU-T G.Supplement 39, 2016, p.16)

**Tabla 2-1:** Propiedades y beneficios al utilizar una fibra óptica

Bandas	Tipo	Rango (nm)
Banda-O	1260 – 1360	Original
Banda-E	1360 – 1460	Extendida
Banda-S	1460 – 1530	Corta
Banda-C	1530 – 1565	Convencional
Banda-L	1565 – 1625	Larga
Banda-U	1625 - 1675	Ultralarga

Fuente: ITU-T G. Supplement 39, 2016, p.13

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

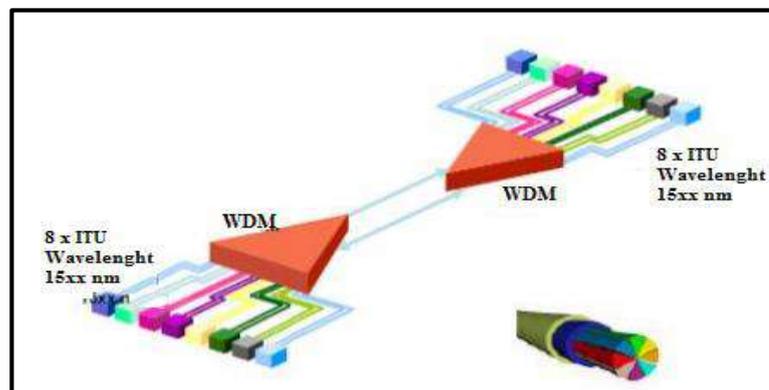
En la tabla 2-1, se observa los rangos de operación que va desde los 1260 nm a 1675 nm que operan a largas distancias de transmisión en esquemas de redes SDH y DWDM. (Agusto y Guerrero, 2020, p.23)

## 1.9 Técnicas de multiplexación de una red XG-PON

Debido a la necesidad de transferir grandes anchos de banda, es imprescindible usar técnicas capaces de incrementar la capacidad de la fibra óptica de manera eficiente en la transmisión.

### 1.9.1 WDM (multiplexación por división de onda)

Es una tecnología de multiplexación enfocada a la transmisión de información mediante fibra óptica, este proceso permite que diferentes cadenas de información sean transportadas a diferentes longitudes de onda y enviadas todas a la vez por una única fibra como se observa en la figura 16-1. (Mera y Pabon, 2002, p.92)



**Figura 16-1:** Multiplexación por división de longitud de onda

Fuente: García C. 2006, p.48

El funcionamiento de WDM: En primer lugar, se presenta un multiplexor que es capaz de mezclar grandes cantidades de información de cada canal a una longitud de onda distinta, estas señales viajan por la fibra óptica hasta llegar al demultiplexor cuyo trabajo es dividir las frecuencias de forma simétrica, usando un solo hilo de fibra para cada destino. (Sarango D., 2015, p.38)

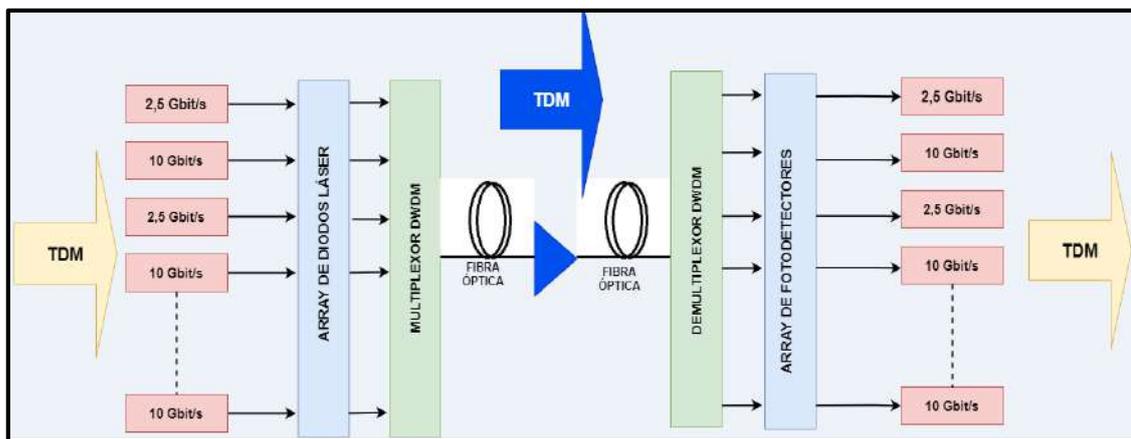
WDM se aplica en redes de larga distancia, redes internacionales o intercontinentales, redes metropolitanas de alto tráfico, redes cualquiera donde existen cuellos de botella o problemas de capacidad en el número de fibras, WDM encamina tantos canales posibles por un mismo hilo de fibra.

### 1.9.1.1 DWDM (multiplexación densa por división de longitud de onda)

Se emplea esta técnica en sistemas que requieran altas prestaciones, está bajo la normativa ITU-T G.692 en frecuencias de 50 o 100 GHz separados cada canal con el que le sigue, puede tener una canalización de 2 a 64 canales, es usado para redes MAN. (Ochoa A., 2016, p.39)

Cada sistema de comunicación se basa en tres elementos básicos: emisor, transmisor y receptor, DWDM describe cuatro elementos además de los anteriores, el amplificador óptico (EDFA) que ayuda a amplificar múltiples señales al mismo tiempo. (González A., 2012, p.36)

DWDM transmite varias portadoras en diferentes longitudes de onda como se observa en la figura 17-1, para después agruparlas, y unir las en una sola señal, estas acciones son necesarias para aumentar la transmisión de datos en la fibra óptica. (Cujano A., 2012, p.57)



**Figura 17-1:** Sistema DWDM

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

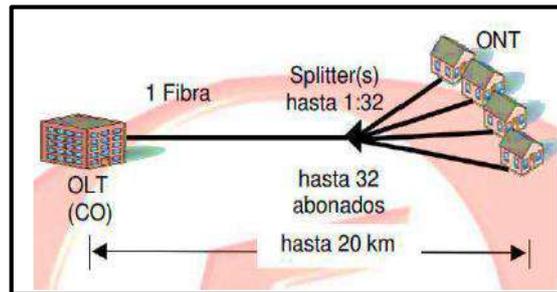
Cuando se transporta diferentes longitudes de onda aproximadamente cercanas se lo hace mediante fibra óptica monomodo en donde la luz ingresa en una dirección. Este tipo de sistemas usan las bandas S, C y L como se tiene en la tabla 2-1. (Castro C., 2016, p.47)

## 1.10 Arquitectura de acceso en redes de fibra

Debido a las limitaciones técnicas de los bucles de abonado para proporcionar transmisión digital de alta velocidad, buscan las soluciones de acceso de fibra óptica utilizan un gran ancho de banda y tecnología de amplificación óptica para expandir las redes de acceso.

### 1.10.1 Redes de acceso óptico hacia cualquier parte (FTTx)

Las siglas “FTTX”, tratan sobre fibra hacia algún lugar. Estas redes se han desarrollado de una manera amplia en estos últimos años, a consecuencia de la evolución de servicios como reuniones en tiempo real, videojuegos en línea, video streaming, etc., a tal magnitud de seguir desarrollando nuevas tecnologías de redes GPON y sucesoras.

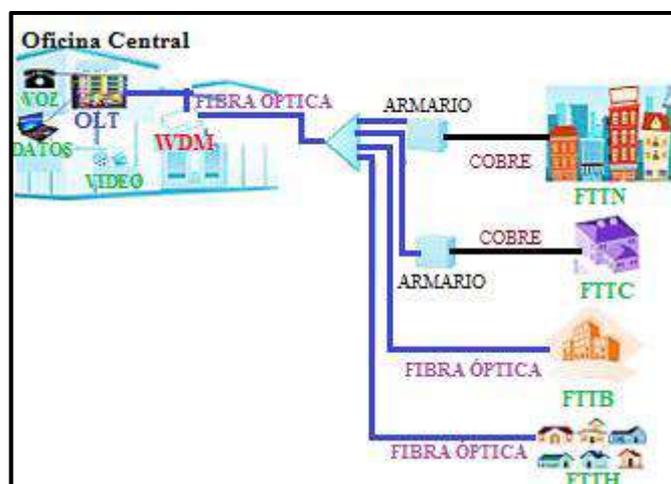


**Figura 18-1:** Red FTTx

Fuente: Ochoa A., 2016, p.3

En la figura 18-1 se muestra la estructura fundamental de una red FTTX cuyo procedimiento se basa, desde el CO(Central office) o sala de equipos (OLT), la señal que se va a transmitir se divide, utilizando un splitter, para luego ser transmitir la información a las ONTs (Optical Network Termina) ubicada en los respectivos abonados.(Ochoa A., 2016, p.3)

- **Arquitectura de la red FTTx:** Detalla un conjunto de topologías, donde la x indica los distintos destinos que se puede tomar, además que proporcionan un progreso en los parámetros técnicos de transmisión de las redes ópticas, otorgando anchos de banda que puedan cubrir varios servicios de alta capacidad.(Cruz N., 2019, p. 30)



**Figura 19-1:** Arquitectura FTTx

Fuente: Cruz N., 2019, p.30

Los destinos más usados se indica en la figura 19-1 que son los siguientes:

#### *1.10.1.1 Fibra hasta el nodo (FTTN)*

Consiste en el tendido de la fibra desde la OLT hasta el punto terminal, aprovechando la infraestructura de planta externa de par de cobre para distribuir los servicios hasta el usuario, es llamada también como fibra hasta el armario. (Osorio A., 2016, p.61)

FTTN, fibra óptica y cable coaxial (Outdoor), para 200 a 500 hogares por fibra, con servicios de 30 Mbps.

#### *1.10.1.2 Fibra hasta la acera (FTTC)*

La fibra hasta la esquina o acera (FTTC), es idéntica a la estructura de FTTN, pero posee la particularidad de que la red de distribución estará en una cámara más cercana con un espacio de separación con el usuario de 300 a 600 m de distancia. (Sánchez I., 2014, p.58)

FTTC se conecta mediante xDSL en las viviendas donde el nivel de splitteo 1: n generara en ancho de banda del cliente final.

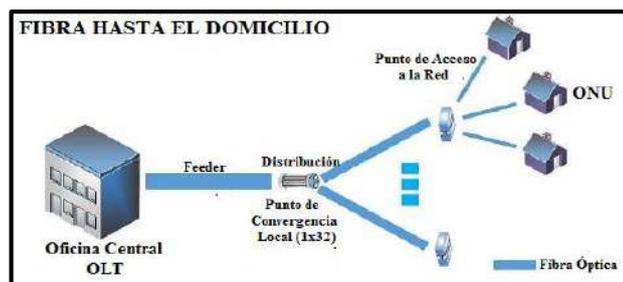
#### *1.10.1.3 Fibra hasta el edificio (FTTB)*

Fibra hasta el edificio (FTTB) es similar a la estructura FTTC, pero presenta una peculiaridad en la que la fibra óptica llega a la oficina central del edificio donde está ubicada la CDOI (caja de distribución interna óptica), y se distribuye con par cobre a cada usuario. (Sánchez J., 2018, p.23)

FTTB, Fibra óptica (Outdoor) y par de cobre (Indoor), para 32 hogares por fibra, con servicios de 100 Mbps.

#### *1.10.1.4 Fibra hasta el hogar (FTTH)*

Es conocida también como fibra hasta el domicilio, que considera todos los equipos de la red ODN en la conexión integra de la ONU a la OLT, como se muestra en la figura 20-1. (Sánchez I., 2014, p.58)



**Figura 20-1:** Arquitectura FTTH

Fuente: Rosas H., 2021, p.46

FTTH es completamente de fibra óptica, para 1 hogar por fibra, con servicios de más de 100 Mbps, la implementación de este tipo de tecnología se extiende en los diferentes tipos de servicios como el triple play, comúnmente son ofrecidos por compañías en promociones de servicios.(Ríos y Suarez, 2020, p.50)

### 1.11 Servicios Triple Play

Triple play es la agrupación de servicios de audio, video y datos, mediante un mismo medio de comunicación óptico, que ofrecen varias empresas de telecomunicaciones, este tipo de servicios es usado en zonas urbanas además que proporciona ventajas como la mejora de calidad de servicios, escalabilidad, menor costo en su implementación.(Quishpe y Vinuesa, 2010, p.54)

Los servicios que están dentro del paquete triple play, se da por la digitalización de todo tipo de señal, representada en forma de secuencia binaria de cualquier tipo de señal o información. Los servicios de telecomunicaciones que componen el paquete Triple Play se indican en las siguientes secciones.

#### 1.11.1 Voz

El servicio de telefonía fija consiste en la comunicación a través de señales analógicas entre dos terminales, el terminal origen y el terminal destino, conectados a una red conmutada en tiempo real, conocida como red PSTN (Red Telefónica Publica Conmutada), en general este servicio de telefonía fija está orientado al público.(Gómez y Morejon, 2012, p.24)

Una de las limitaciones de este servicio era la capacidad que otorgaba a los usuarios, por el ancho de banda reducido que posee, usa el códec básico G.711 con 64 Kbps de transmisión, el retraso y el jitter afecta a la calidad del servicio por lo que se recomienda retardos menores a 400 ms

### ***1.11.2 Datos***

Inicialmente, se utilizaron las líneas telefónicas analógicas para el acceso a internet y así transmitir datos, pero al requerir de anchos de banda elevados, generaron pérdidas de paquetes que se pueden recuperar debido a la inmunidad a los retardos de información o jitter. (Villacrés y Bonilla, 2016, p.8)

### ***1.11.3 Video***

Este servicio transmite grandes volúmenes de datos, además de presentar ciertos requisitos sobre el jitter y retardos, por lo general va acompañado del servicio de voz donde debe existir una sincronía correcta entre las dos, dentro de este servicio se presenta aplicaciones como: CATV, televisión online, IPTV, HDTV, VOD, entre otros que deben tener un gran ancho de banda alrededor de 50 – 70 Mbps, para así no tener problemas de conexión.

## **1.12 Parámetros de transmisión**

A través de los parámetros técnicos de transmisión se puede comprobar que la red funcione completamente en función a la calidad de servicio.

### ***1.12.1 Tasa de bit errado (BER)***

La tasa de bits errados es el resultado, de la relación entre el número de bits errados y el número de bits transmitidos en un periodo de tiempo, este parámetro de transmisión permite valorar la calidad de información de punto a punto.

### ***1.12.2 Relación señal a ruido (SNR)***

Es una forma de medir el rendimiento del enlace conseguido en la red. La relación señal / ruido (SNR) es la atenuación que se percibe de una señal entre el transmisor y el receptor, adquiriendo así datos muy importantes como: La calidad de los componentes que se utilizan en los enlaces (Dispositivos de transmisión y recepción, cable, elementos ópticos en general, etc.)

### 1.12.3 Factor Q

Este parámetro técnico permite valorar el rendimiento de una red ya que está relacionada directamente con el BER, teniendo en cuenta la presencia del ruido, la dispersión y los efectos no lineales de la transmisión de información.

### 1.12.4 Diagrama de Ojo

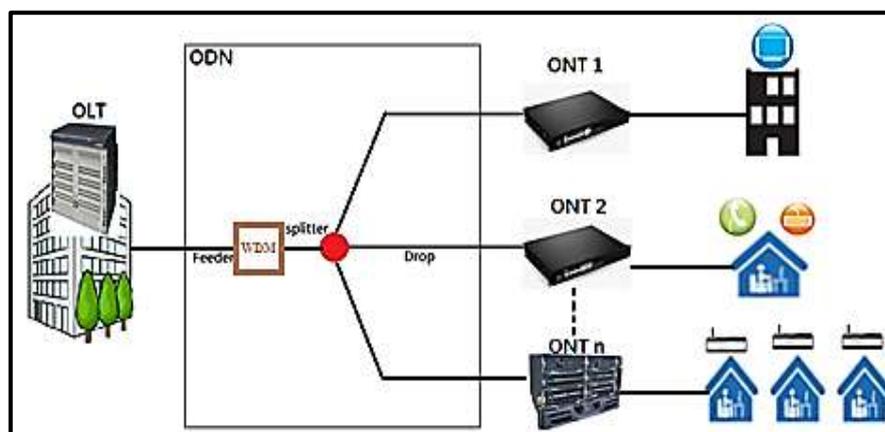
El diagrama de ojo es una forma muy conveniente y eficiente de medir la calidad de una señal digital, así como la integridad del sistema de transmisión. Si bien esta técnica es principalmente cualitativa, puede proporcionar datos cuantitativos útiles como amplitud, inestabilidad, en términos de tendencias y si el sistema se está desempeñando según las especificaciones.

## 1.13 Redes ópticas pasivas (PON)

Las redes Ópticas Pasivas (PON), evita el uso de equipamiento activo entre el usuario final y la OLT, en su lugar, implementan componentes ópticos pasivos para dirigir el tráfico a través de la red. Lo que destaca de estas redes ópticas pasivas no requieren de alimentación eléctrica además del uso principal del divisor óptico conocido como splitter. (González A., 2012, p.95)

### 1.13.1 Estructura y funcionamiento de una red PON

La estructura de una red X-PON está conformado por los siguientes elementos que se observa en la figura 21-1.



**Figura 21-1:** Redes ópticas Pasivas (PON)

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

#### *1.13.1.1 OLT (Terminación de Línea Óptica-Optical Line Terminal)*

Es un elemento activo situado en la central del proveedor, desde este componente se lleva a cabo el proceso de convertir las señales eléctricas en señales ópticas transmitidas por la fibra óptica hacia el cliente.

#### *1.13.1.2 ODN (Red de distribución Óptica-Optical Network)*

Está compuesta por el cable Feeder (Troncal), al que se conectan el puerto ODF y la entrada principal del splitter. Además, las salidas del splitter secundario se conecta al equipo terminal (ONT) mediante una caja de distribución y cables tipo Drop, como se muestra en la figura 21-1.

- **Red Feeder:** Se la conoce también como troncal que está compuesta por los elementos pasivos, que van desde el ODF de planta externa ubicado en la oficina central OLT, hasta el primer nivel de splitter, del que se dividirán en varios cables de distribución, el cable Feeder puede tener capacidades de 288 a 144 hilos.(Carrera A., 2016, p.9)
- **Red de Distribución:** Es la parte que corresponde a los elementos pasivos, posterior al primer splitter hasta las cajas de distribución óptica NAP, incluido la fibra de distribución, este cable puede ser de tendido aéreo o canalizado, cuya capacidad comúnmente es: 96, 72, 48, 12 y 8 hilos.(Carrera A., 2016, p.10)
- **Red de Dispersión:** Es la sección final considerando los elementos después de las NAP, hasta las oficinas del usuario final, terminando en una roseta óptica incluyendo el cable de fibra óptica de dispersión o conocido como cable Drop.(Carrera A., 2016, p.12)

#### *1.13.1.3 ONU (Unidad de Red Óptica-Optical Network Unit)*

ONU es un dispositivo que se puede registrar contra una OLT. Son equipos de distribución de varios servicios a muchos usuarios, proporciona conectividad X-PON para conectarse a la OLT, al tiempo que proporciona una variedad de tecnologías para otorgar servicio a los usuarios.

#### *1.13.2 Estándares XPON*

Fueron creados por la ITU, que conforman una serie de documentos donde se detalla cada una de las redes ópticas pasivas (PON) que han ido evolucionando año tras año, a causa de sus problemáticas en cuestión a su arquitectura, potencia de trabajo, velocidades de transmisión, longitudes de onda, capacidad de usuarios, modos de transmisión, protocolos, etc.

#### *1.13.2.1 APON (ATM Passive Optical Network)*

APON es el primer estándar PON dado en la recomendación ITU-T G.983, se le conoce como ATM Passive Optical Network, cuya transmisión es mediante celdas donde su ancho de banda se reparte entre las ONTs que están conectados, fue diseñado para aplicaciones de negocios ATM.(Pabón D., 2009, p.50)

Este estándar presenta ciertas problemáticas donde capacidad de transmisión máxima de 155 Mbps es el principal inconveniente debido a que se dividía para el número de ONUs conectadas, solo soporta de 8 a 32 usuarios, y debido al protocolo ATM carecía de la capacidad de ofrecer el servicio de video a causa de la baja eficiencia para el transporte de datos.

#### *1.13.2.2 BPON (Broadband PON)*

BPON conocida como Redes Ópticas Pasivas de Difusión, está basado en APON de igual manera por la recomendación ITU-T G.983, se diferencia de APON porque soporta WDM para distribución del ancho de banda con un tráfico asimétrico de 622 Mbps en downstream y 155 Mbps en upstream, admite también que las especificaciones de la capa física hace difícil alcanzar capacidades mayores a 622 Mbps, generando limitaciones técnicas y un mayor costo a causa de que es una red robusta, donde la distancia es inversamente proporcional al ancho de banda no dando solución al problema de cuello de botella, donde el ancho de banda disminuye considerablemente con un usuario bien distante de la OLT.(Vallejo R., 2013, p.25)

#### *1.13.2.3 EPON (Ethernet PON)*

EPON conocida como Redes Ópticas Pasivas con capacidad Ethernet, desarrollado por la IEEE conocido como Ethernet de Última milla (EFM), donde reemplaza el transporte de tráfico de celdas ATM de sus antecesores por el transporte de tráfico Ethernet, se rige a las normas IEEE 802.3 proporcionando tasas de transferencia simétrica de 1Gbps en ambas direcciones, presenta carencia de muchas funcionalidades en el transporte de otros servicios limitando al usuario y no al operador, presenta una división óptica de hasta 16 usuarios con un alcance de 10 Km, afectando a la eficiencia de línea a causa de una codificación de línea con gran sobrecarga.(Guevara J., 2011, p.3)

#### 1.13.2.4 GPON (Gigabit PON)

GPON es una red de acceso punto a multipunto mediante fibra óptica con capacidad Gbps, se rige en la recomendación ITU-T G.984.x, que permite el soporte de requerimientos de altos niveles de ancho de banda produciendo mejores prestaciones en el transporte de datos IP.(Chalén y Cornejo, 2015, p.3)

GPON posee velocidades asimétricas de 2.5 Gbps en *downstream* y 1,25 Gbps en *upstream*, mejorando el soporte de altas tasas de transmisión, mayor seguridad y elección de protocolo capa 2 (ATM, GEM, Ethernet).(Chalén y Cornejo, 2015, p.4)

De todas las ventajas mencionadas anteriormente, existen limitaciones técnicas como su alcance máximo de 20 Km debido a las especificaciones de los medios físicos (PMD), posee divisores pasivos de hasta 64 vías restringiendo las pérdidas por ruta, su tasa máxima de descarga es de 2,5 Gbps.

#### 1.13.2.5 XG-PON (10 Gigabit Mode Passive Optical Network)

Tecnología en redes de acceso (última milla) que consta de fibra óptica, es considerada como redes de siguiente generación (Next Generation Passive Optical Network) punto a multipunto, debido a la evolución de las redes PON se la considera en la actualidad como la más avanzada, porque puede realizar transmisiones con velocidades de hasta 10Gbps con cualquier tipo de arquitectura FTTx. Favorece el desarrollo a soluciones de acceso de alta capacidad como servicios de nueva generación televisión en alta definición (HD). Incentivando la implementación del servicio triple-play (voz, video y datos).(Valencia A., 2013, p.40)

Características importantes de la red XG-PON:

- Soporta servicios: Ethernet, Gigabit Ethernet, TDM, POSTS, VoIP, IPTV, TV Digital
- Pose un metodo de encapsulación conocido como XGEM.
- Abarca el protocolo ATM/ETHERNET.
- Tiene una longitud de onda en Upstream de 1270 nm y en downstream de 1577 nm y para video RF de 1550 nm.
- Alcance mínimo de 40 Km con una relación de splitter máximo de 1:128.
- Posee una FEC obligatorio y encriptación tipo AES

### 1.13.3 Comparación de los estándares XPON

De los diferentes estándares de diseño PON tenemos: APON, BPON, EPON, GPON y XGPON donde se hizo un análisis comparativo de las características más relativas de cada diseño de red que lo describimos en la siguiente tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Comparación entre BPON, EPON, GPON y XG-PON.

Características	BPON	EPON	GPON	XG-PON
Velocidad de transmisión (Mbps)	Up: 155, 622, 1244 Down: 155, 622	Up: 1244 Down: 1244	Ups: 1244 Down: 2488	Up: 2488 Down: 10000
Alcance Máximo	20 Km	10 Km	10-20 Km	20-60 Km
Numero de disyuntores soportados (Splitters)	1: 32	1:16	1:64	1:128
Metodo de encapsulación	ATM	ETHERNET	GEM	XGEM
Soporte de video	No	No	Si	Si
FEC	No	No	Opcional	Obligatorio
Seguridad	DES	No definida	AES	AES
Velocidad por usuario	20-40 Mbps	30-60 Mbps	40-80 Mbps	80-320 Mbps
Eficiencia Típica	83% down, 80% up	61% down, 73% up	89% down, 91% up	93% down, 94% up

Fuente: Pozo y Zurita, 2019, p.49

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

La tecnología XG-PON es mucho mejor en cuestión a las problemáticas y limitantes que presentan sus sistemas antecesores.

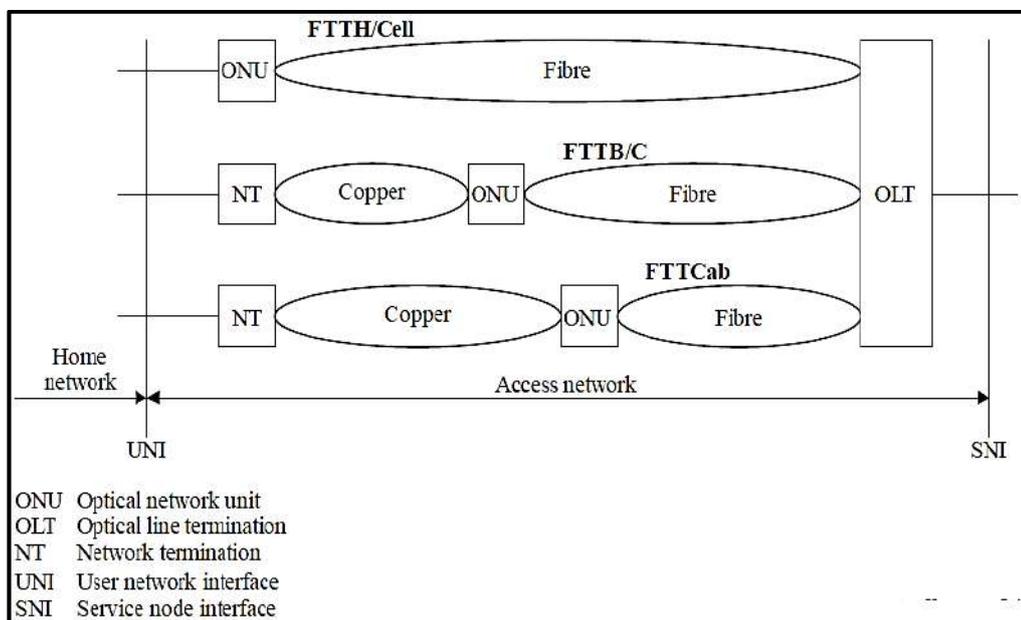
## 1.14 Normativas Técnicas ITU G.987.X

Las redes ópticas pasivas XG-PON consideradas como redes de siguiente generación, han contiene las definiciones, siglas, abreviaturas y convenciones comunes de las Recomendaciones de la serie UIT-T G.987.x (x=1, 2, 3).(ITU-T Recommendation, 2012, p.1)

### 1.14.1 Norma ITU G.987.1

La Recomendación UIT-T G.987.1 aborda los requerimientos generales de sistemas XG-PON con capacidad de 10 Gigabit, orientando y motivando la elaboración de especificaciones para las capas PHY (Physical Layer, Capa Física) y TC (convergence layer, Capa de convergencia), incluye también los requerimientos operacionales y sistemáticos para brindar soporte a varias aplicaciones, tanto comerciales y residenciales.(ITU-T, 2016a, p.1)

- Esquema de la red de Acceso: El estándar XG-PON se puede adaptar a cualquier arquitectura FTTx de redes pasivas en la siguiente figura 22-1, se observa las arquitecturas de redes PON donde se considera el punto hasta donde la fibra óptica se extiende.



**Figura 22-1:** Arquitectura de Red

Fuente: ITU-T, 2016a, p.10

Funcionamiento de la red XG-PON: En las redes XG-PON los equipos transmisores como receptores para ahorrar potencia y eficacia de energía pueden tomar los siguientes modos:

- **Dormido:** La ONU del transmisor como del receptor se mantienen en estado apagado por largos periodos.
- **Dormitado:** La ONU transmisora se mantiene apagada por un intervalo de tiempo largo, y la ONU receptora se encuentra encendida.
- **Servicio Completo:** La ONU transmisora como la receptora están encendidas.

La ONT XG-PON deberá soportar Dynamic Banwidth Assigment (DBA, por sus siglas en inglés), para así contar con múltiples servicios que tienen un gran ancho de banda.

### 1.14.2 Norma ITU G.987.2

La Recomendación UIT-T G.987.2 describe los requisitos y especificaciones para la capa administración de la capa dependiente de los medios físicos (PMD) XG-PON, considerando una red adaptable a las peticiones de los servicios residenciales y comerciales, cuestión a la velocidad de trasmisión y ancho de banda. Esta Recomendación define actualmente un tipo de sistema de

red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON), teniendo la capacidad de transmitir varios servicios (Voz, Video, Datos) entre la interfaz del operador y el usuario.(ITU-T, 2016b, p.1)

**Tabla 4-1:** Requerimientos de la Capa PMD

Parámetro	Especificación
Velocidad de Línea	Downstream: 9,9528 Gbps Upstream: 2.488 Gbps
Codificación de Línea	NRZ
Longitudes de onda	Downstream: 1575 – 1580 nm Upstream: 1260 – 1280 nm
Código FEC	Downstream: FEC fuerte, Upstream: FEC débil
Características de la Fibra Óptica	Compatible con UIT-T G652, Transmisión bidireccional utilizando WDM.
Tipo de Fuente	Laser SLM (Single-Longitudinal Mode)

**Fuente:** Villacís C., 2013, p.46

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

### 1.14.3 Norma ITU G.987.3

La Recomendación UIT-T G.987.3 describe la capa de convergencia de transmisión (TC) para sistemas de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabits, para sistemas XG-PON que operan sobre una infraestructura de acceso óptico de punto a multipunto a velocidades de datos nominales del orden de 10 Gbps en al menos una dirección, al tiempo que proporciona una amplia gama de servicios de banda ancha y banda estrecha a los usuarios finales.(ITU-T, 2014, p.1)

Esta recomendación especifica la estructura de convergencia (XGTX), funcionalidades de las subcapas de servicio de adaptación, entramado, método de encapsulación XGEM, PHY así como los servicios de integrado, la capa física OAM y el proceso de activación de la ONU (ITU-T, 2014, pp.4-5).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

Durante este capítulo se muestra los aspectos metodológicos aplicados para el desarrollo del presente proyecto, divididos en dos fases:

- Metodología de Investigación
- Metodología del Diseño de la red XG-PON mediante la normativa ITU-T G.987.2

#### 2.1 Metodología de la investigación

En esta parte de la metodología de la investigación, se especifica los tipos, métodos y técnicas de investigación, que se optó a usar para conocer y establecer características específicas de la normativa ITU G.987.2 para el desarrollo de la red XG-PON en la zona urbana de la ciudad de Guaranda.

#### 2.2 Tipos de investigación

Para realizar un proyecto, se debe llevar a cabo una óptima investigación mediante el uso de diferentes tipos de investigación como fue la parte bibliográfica, descriptiva y de campo.

##### 2.2.1 *Investigación bibliográfica*

Esta investigación es fundamental, debido a que necesitó de una primera fase donde se comenzó realizando una gran y amplia búsqueda de información en documentos con respecto a sistemas y tecnologías de comunicaciones ópticas enfocado a las redes XG-PON, en esta sección se recolecto y clasifico documentos físicos y virtuales de forma sistemática, que ejerció de fuente teórica, conceptual y metodológica para este proyecto.

##### 2.2.2 *Investigación descriptiva*

Este tipo de investigación se enfoca en la corroboración de hechos con una interpretación correcta, de situaciones, actividades y procesos de TI en la zona urbana de la ciudad de Guaranda, donde se analizó los parámetros técnicos y específicos de una red XG-PON destinado al área de estudio cuya información se recolecto de forma metódica para analizarla, con el propósito de extraer generalizaciones significativas que contribuyan a esta obra.

### **2.2.3 Investigación de campo**

Este tipo de investigación se consideró debido a que se optó por el traslado hacia el lugar de estudio del proyecto con el objetivo de lograr conseguir información real y fidedigna del entorno para la fase de diseño de la red XG-PON y posteriormente evaluación de los resultados a obtener en cuestión a los datos se trabajó directamente con los datos proporcionados por el INEC de la zona 8 a la cual pertenece la provincia de Bolívar.

### **2.2.4 Métodos de investigación**

Se empleó en este proyecto el método lógico deductivo, debido al procedimiento sintético-analítico, por lo que se expuso los conceptos, normas generales, definiciones, principios de las que se sacó conclusiones. El diseño de la red de acceso XG-PON en la zona urbana de Guaranda se realizó en base a las afirmaciones generales presentadas por la normativa ITU G.987.2, donde se condujo a aprobarla y hacerle evidente por medio de estudios y razonamientos.

### **2.2.5 Técnicas**

Este trabajo de titulación optó por las técnicas de observación y luego de entrevista considerando ciertas herramientas y procedimientos de reelección, generación y análisis de la información objetiva con un grado elevado de efectividad y confiabilidad.

#### **2.2.5.1 Entrevista**

La técnica de entrevista es el intercambio de información real entre el entrevistado y el entrevistador, con el propósito de tener datos sobre los servicios triple play en la ciudad de Guaranda dirigida específicamente a los ciudadanos de la zona urbana. La entrevista fue estructurada mediante un cuestionario elaborado con anticipación el cual se presenta en el Anexo C.

#### **2.2.5.2 Observación**

Esta técnica se utilizó con la finalidad de encontrar un diagnóstico de la zona urbana de la ciudad de Guaranda para recolectar información imprescindible en la fase de diseño de la red XG-PON.

### 2.3 Metodología para el diseño de la red XG-PON en la zona urbana de la ciudad de Guaranda

De las metodologías de redes para el diseño se eligió la metodología Top-Down Network donde se analiza tanto el diseño lógico y físico mediante requerimientos, pruebas y documentos de diseño.

La tabla 1-2, muestra las tres fases de la metodología que son el análisis, el diseño y la evaluación de la red XG-PON.

**Tabla 1-2:** Características de la metodología para el diseño de la red XG-PON.

Fase	Especificación
Análisis	En la primera fase se procedió al estudio de la organización para la cual se propone el diseño de red XG-PON, es decir de la zona urbana de Guaranda, integrando una sucesión sistemático, riguroso y racional de recolección de información, por lo que se busca alcanzar la situación lo más real posible.
Diseño	En la segunda fase se desarrolló el diseño de la red XG-PON con los datos y requerimientos obtenidos en la fase anterior, se empezó con el diseño lógico, como la topología de la red, luego se eligió las tecnologías y dispositivos específicos que satisficieron los requerimientos técnicos del diseño lógico propuesto.
Evaluación	En esta tercera fase se realizó las pruebas respectivas, para verificar la funcionalidad del proyecto mediante cálculos tanto teóricos y el uso del Software OptiSystem para constatar los resultados obtenidos.

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

### 2.4 Aspectos generales del cantón y ciudad de Guaranda

El cantón Guaranda, está localizado en la parte Este y Norte de la provincia de Bolívar, Zona de planificación Ocho del INEC, limita al Norte con la Provincia de Cotopaxi, al Sur con el cantón San José de Chimbo, al Este con las provincias de Chimborazo y Tungurahua, al oeste con los cantones Las Naves, Echeandia y Caluma. Cuenta con una superficie de 1897.8 Km<sup>2</sup> y una altitud sobre el nivel del mar de 2668 m, está conformado por 11 parroquias, 3 parroquias urbanas y 8 rurales como se muestra en la figura 1-2, abarca un total de 91877 habitantes como se especifica en el Anexo A, Pagina 2, que representa el 50 % del total provincial con 22886 viviendas registradas, de este total el 26% pertenece al área Urbana y el 74 % al área Rural, la densidad Poblacional es de 0,49 habitantes/hectárea, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (INEC, 2019, p.1)



**Figura 1-2:** Límites Geográficos del Cantón Guaranda

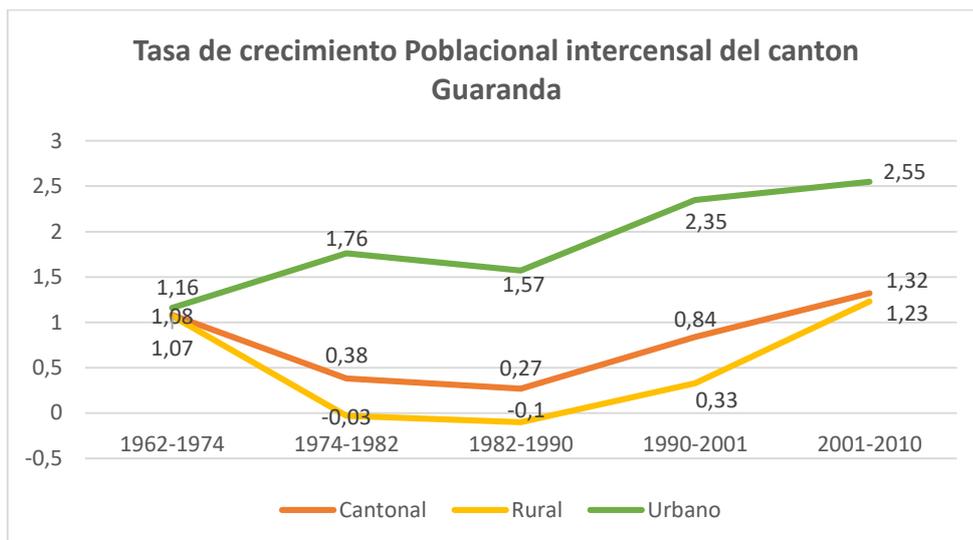
Fuente: Vélez y Guerra, 2019, p.25

Parroquias Urbanas: Guanujo, Ángel Polibio Chávez, Gabriel Ignacio Veintimilla.

Parroquias Rurales: Salinas, Simiatug, San Simón, San Lorenzo, Santa Fe, Julio Moreno, Facundo Vela, San Luis de Pambil.

#### 2.4.1 Situación demográfica

El cantón Guaranda, según información de fases intercensales de 1962 al 2010, tiene la peculiaridad de que la población crece lentamente; sin embargo, el área urbana ha sostenido altas tasas de crecimiento poblacional destacando los picos en 1990-2001, 2001-2010 como se muestra en el gráfico 1-2, debido a las mejoras en accesos viales a la ciudad, además de la creación de varias instituciones educativas superiores, atrayendo a la población rural de la provincia. (Cornejo M., 2013, pp. 14-15)

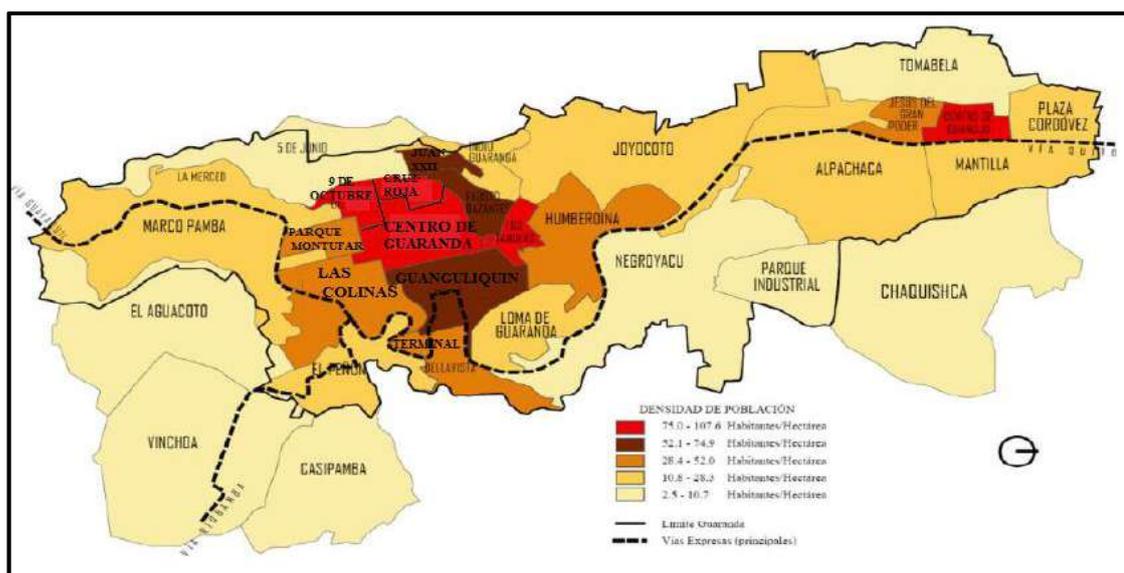


**Gráfico 1-2:** Tasa de crecimiento poblacional por periodos intercensales.

Fuente: INEC, 2019, p.4

Como se muestra en el gráfico 1-2, existe un crecimiento poblacional consecutivo en el área urbana desde el año 1962 que empezó con 1,62% al año 2010 con una tasa poblacional de 2,55%. Por lo que se considera que la población establecida en la ciudad de Guaranda representa el 26% del total del cantón, al ser capital cantonal y provincial reúne la mayor parte de servicios (administrativos, educativos, financieros y comerciales), elementos esenciales y estructura.(INEC, 2019, pp. 2-3-4)

#### 2.4.2 Densidad poblacional por sectores de la ciudad de Guaranda



**Figura 2-2:** Densidad poblacional por sectores de la Ciudad de Guaranda

Fuente: GAD Guaranda, 2019, p.62

En base a las Zonas censales, y delimitación de sectores urbanos de la ciudad como se observa en la figura 2-2, se ha establecido la densidad poblacional mostrado con sus cifras en el Anexo A, donde destaca los siguientes sectores con mayor densidad poblacional (habitantes por hectárea, Hab/Ha): Centro de Guaranda con 94,5 Hab/Ha; Centro de Guanujo 98,6 Hab/Ha; Cruz roja con 84,9 Hab/Ha; Los tanques con 87,8 Hab/Ha; 9 de Octubre con 107,9 Hab/Ha, especificando que los dos centros históricos poseen viviendas antiguas, coloniales y concentran la mayor población, infraestructura y servicios.(INEC, 2019, pp. 64-65)

## 2.5 Diseño Lógico

### 2.5.1 Localización de la zona de estudio.

La zona urbana de la ciudad de Guaranda o conocida también como San Pedro de Guaranda está localizada a 150 km de la ciudad de Guayaquil y a 85 Km de la ciudad de Ambato con las coordenadas de posición en Latitud:  $1^{\circ}35'32''$  S y Longitud:  $78^{\circ}59'52''$ , a una altitud sobre el nivel del mar de 2673m como se muestra en la figura 3-2.



**Figura 3-2:** Zona urbana de la ciudad de Guaranda

Fuente: Google Earth Pro, 2022

### 2.5.2 Sector de estudio

El proyecto se enfocó en los sectores urbanos de la ciudad de Guaranda con mayor densidad poblacional como son: la 9 de octubre, Las Colinas, Cruz Roja, Juan XXII, Centro de Guaranda, Guanguliquin, Los Tanques, Parque Montufar y La Terminal como se observa en la figura 2-2, que constan de 9808 habitantes y 2774 viviendas en total como se muestra en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Sectores con mayor densidad de población y vivienda en la ciudad de Guaranda

N°	Sectores	Área en Ha	Población 2010	Vivienda 2010	Densidad población	Densidad vivienda
2	9 de octubre	11	1198	330	107,6	29,6
3	Las colinas	41	1644	478	40,4	11,8
6	Cruz roja	6	495	154	84,9	26,4
7	Juan XXIII	6	383	102	67,9	18,1
8	Centro Guaranda	28	2599	794	94,5	28,9
10	Guanguliquin	33	2125	526	64,4	15,9
12	Los tanques	9	772	216	87,8	24,6
24	Parque Montufar	11	381	117	35,2	10,8
25	El terminal	4	211	57	52,0	14,0
<b>Promedio</b>		149	9808	2774	71,53	20,01

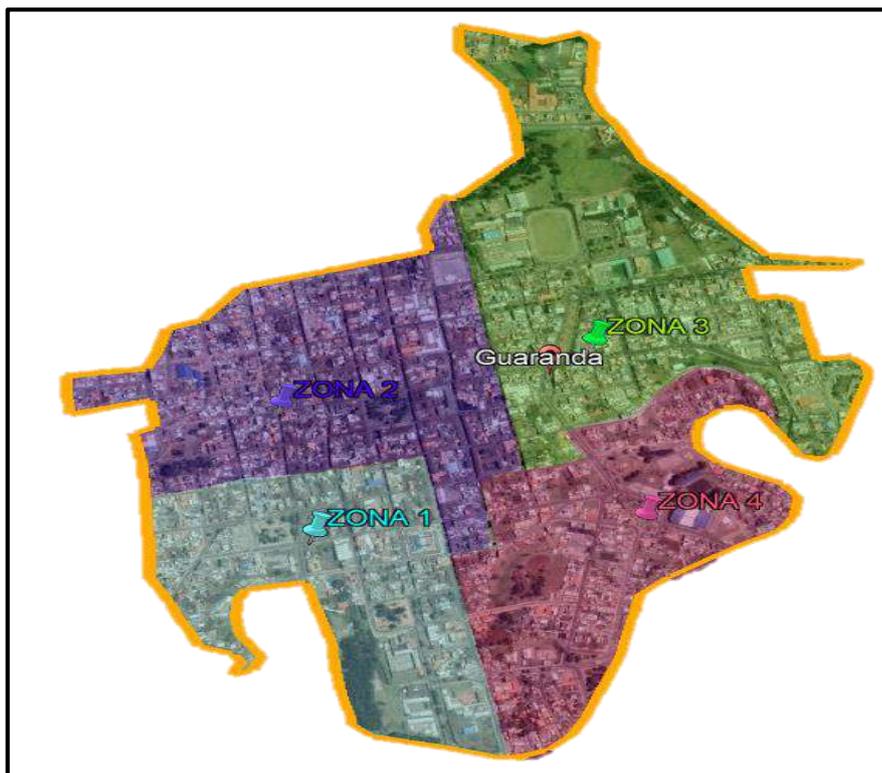
**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

Sin embargo, se recalca que para el proyecto se considera únicamente la cantidad de viviendas por motivo de que los servicios son contratados en su mayoría por hogar mas no por habitante; estos datos se los obtuvo mediante una solicitud al Coordinador Zonal 8 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) del año 2010 debido a que solo hay publicaciones de datos a nivel cantonal y parroquial de las diferentes provincias.

En el Anexo A, se observa las cifras y sectores urbanos de estudio mencionados, detallados según el Área en Ha, censo poblacional 2010, censo de vivienda 2010, densidad poblacional, densidad de vivienda.

#### 2.5.2.1 División del sector en zonas

Ya realizado la delimitación de la zona urbano de la ciudad de Guaranda basado en el plano de delimitación del cantón Guaranda del INEC (2010) que se encuentra en el Anexo B, se optó por dividir en 4 zonas representados respectivamente I, II, III y IV, como se observa en la figura 4-2, donde cada zona fue sectorizada según la densidad de viviendas, características demográficas y crecimiento de la demanda.



**Figura 4-2:** Ubicación Geográfica de la ciudad de Guaranda

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

#### 2.5.2.2 Población

Se realizó un recorrido por el sector urbano de la ciudad de Guaranda, para determinar los diferentes usuarios finales que se hallan en la actualidad, fijando así el número de viviendas habitadas en las diferentes zonas de estudio. En la tabla 3-2, se definió los posibles usuarios finales de acuerdo con las zonas previamente establecidas.

**Tabla 3-2:** Viviendas por zona

Numero de zona	Número de viviendas
Zona 1	447
Zona 2	1020
Zona 3	829
Zona 4	478
Total	2774

Fuente: INEC, 2019, p.3

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

La zona total tiene 2774 viviendas que se encuentran distribuidas de manera homogénea en la zona urbanística de la ciudad de Guaranda, como se muestra a continuación:

- **Zona 1:** Conformada por los sectores 9 de octubre y parque Montufar.
- **Zona 2:** Conformada por los sectores Juan XXIII, Cruz Roja y centro de Guaranda.

- **Zona 3:** Conformada por los sectores Guanguluquin, Los tanques y La terminal.
- **Zona 4:** Conformada por el sector Las Colinas.

### 2.5.2.3 Demanda del sector

En este caso, la necesidad es la demanda o solicitud del cliente, que requiere para mejorar la calidad de los servicios de telecomunicaciones, se realizaron recorridos por el sector determinado, además de la contabilización de clientes potenciales y previsiones de crecimiento anual de la zona.

A través de varias visitas realizadas a la ciudad de Guaranda, se identificaron clientes potenciales que podrían adquirir los servicios (Triple Play) mediante una red XG-PON con una calidad de servicio adecuada a las necesidades del usuario en el sector. Sobre la base del número de viviendas identificadas en la ciudad, se calculó la demanda del sector. Este cálculo se realizó para una previsión a 10 años y con una tasa de crecimiento anual de 1,73 % según el INEC del año 2010, a continuación, se indica la fórmula de la demanda total. Esto se muestra en la ecuación 1-2.

$$Df = D_o \times (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 1-2}$$

Donde:

- $Df$ , es la demanda final,
- $D_o$ , es la demanda inicial en este caso el valor de  $D_o = 2774$
- $i$ , es el índice de crecimiento anual, en este caso es de 1,73% proporcionado por el INEC del 2010
- $n$ , es el tiempo en años de proyección estimado en este caso  $n= 10$  años

Teniendo como resultado la ecuación 2-2.

$$Df = 2774 \times (1 + 0,0173)^{10} = 3293 \quad \text{Ecuación 2-2}$$

El diseño de la red fue considerado para una demanda futura a 10 años y que cumpla con otorgar servicios a 3293 posibles usuarios finales domiciliarios.

#### 2.5.2.4 *Tamaño de la muestra*

Para determinar la muestra se toma como referencia una cantidad considerable de viviendas y habitantes en la zona urbanística de la ciudad de Guaranda, esto se obtendrá mediante una muestra aleatoria simple en la cual se basó en los datos del INEC del 2010, sobre el número de viviendas de los sectores con mayor densidad de habitantes de la ciudad y se aplica la siguiente ecuación 3-2.

$$n = \frac{N}{(e^2 \times (N-1)) + 1} \quad \text{Ecuación 3-2}$$

Donde:

- n, es el número de encuestas.
- N, es el número de viviendas.
- E, es el margen de error 5%.

Mediante la ecuación 4-2 se obtuvo que se deben realizar 350 encuestas.

$$n = \frac{2774}{(0,05^2 \times (2774-1)) + 1} = 349,70 \quad \text{Ecuación 4-2}$$

#### 2.5.2.5 *Diseño de la encuesta*

Para la composición de la encuesta, se usó 7 preguntas de opción múltiple, con una duración aproximada de 7 minutos, a cada persona se le explica de una manera simple el enfoque de la encuesta sobre la tecnología XG-PON orientado a la calidad de servicios de telecomunicaciones que poseen, obteniendo resultados reales que aporten la evaluación y diseño de la red óptica, dicha encuesta esta presenta en el Anexo C.

#### 2.5.2.6 *Resultados y análisis de la encuesta.*

En la zona urbana de la ciudad de Guaranda se entrevistó a 350 personas en su residencia en la que el propósito de las preguntas de la encuesta que se encuentra en el Anexo C, fue conocer la satisfacción y la consideración de adquirir servicio triple play, con la mejora en el ancho de banda. El resultado de cada pregunta se analizó a continuación:

- **Pregunta 1:** ¿Actualmente usted posee usted de alguno/s de los siguientes servicios en su hogar?

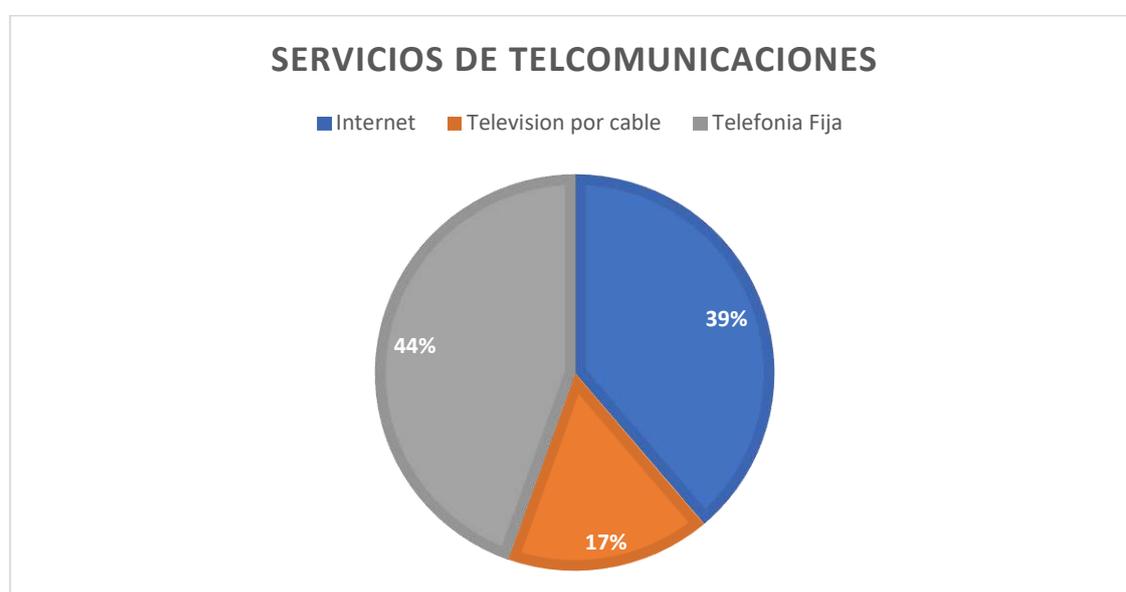
Se obtuvo información de acuerdo con los servicios utilizados en las viviendas. En la tabla 4-2, se observa los resultados con el tipo de servicios de telecomunicaciones que disponen los encuestados.

**Tabla 4-2:** Tipos de servicios de telecomunicaciones

Servicios	Paquete	Respuestas	Porcentaje
Internet	a	136	38,85%
Televisión por Cable	b	58	16,67%
Telefonía Fija	c	156	44,57%
Total		350	100,00%

**Fuente:** Investigación de Campo

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.



**Gráfico 2-2:** Porcentaje de los servicios en la ciudad de Guaranda

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

En el gráfico 2-2 se determinó que la mayoría de las personas encuestadas tienen acceso a servicios de telecomunicaciones, en la que el internet y la telefonía fija destacan con un 38,85% y 44,57% respectivamente, mientras que la televisión por cable posee solo ciertas personas en su minoría.

- **Pregunta 2:** ¿Si usted, tiene al menos dos de los servicios seleccionados anteriormente, ¿Los ofrece el mismo operador de Telecomunicaciones? Si solo dispone de un servicio, pase a la siguiente pregunta.?

En la tabla 5-2, se determina si el servicio o paquete de servicios con el que cuenta el encuestado es de un mismo proveedor de Telecomunicaciones.

**Tabla 5-2:** Sevicios ofrecidos por un mismo proveedor

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Si	89	25,43%
No	261	74,57%
Total	350	100,00%

Fuente: Investigación de Campo

Realizado por: Samaniego, José, 2022



**Gráfico 3-2:** Porcentaje de usuarios con servicios contratados por un mismo proveedor

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

Como se indica en el gráfico 3-2, el 74, 57 % de encuestados tienen acceso a los servicios de telecomunicaciones de diferentes proveedores, por lo que se puede decir que la entrega de servicios triple play es un campo que aún no se encuentra totalmente explotado en la ciudad de Guaranda.

- **Pregunta 3:** ¿Indique el grado de satisfacción sobre el servicio que usted posee?

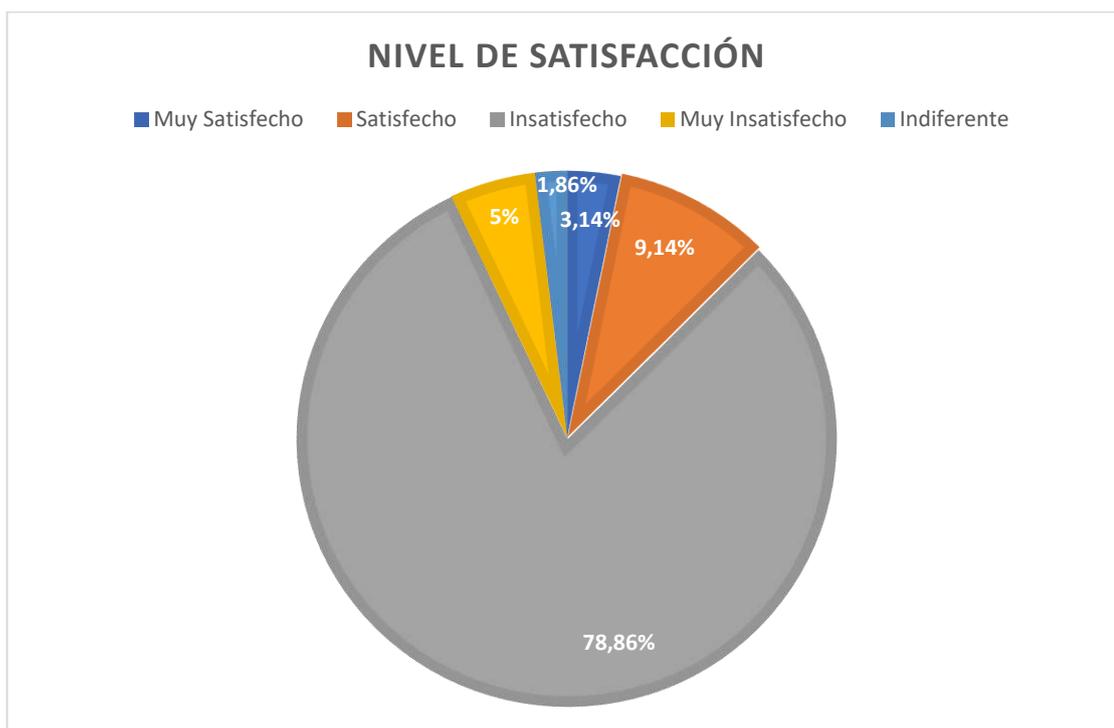
La tabla 6-2, indica el grado de satisfacción con lo que los encuestados están con sus respectivos servicios de telecomunicaciones que poseen.

**Tabla 6-2:** Niveles de satisfacción de los servicios

Nivel de Satisfacción	Opciones	Respuestas	Porcentaje
Muy Satisfecho	a	11	3,14%
Satisfecho	b	32	9,14%
Insatisfecho	c	276	78,86%
Muy Insatisfecho	d	25	7%
Indiferente	e	6	1,86%
Total		350	100,00%

Fuente: Investigación de Campo

Realizado por: Samaniego, José, 2022



**Gráfico 4-2:** Porcentaje de satisfacción con los servicios

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

Como se observa en el gráfico 4-2, el 78,86 % de encuestados están insatisfechos con los servicios de telecomunicaciones que tiene actualmente por lo que se consideró viable el estudio, diseño y evaluación del proyecto.

- **Pregunta 4:** ¿Durante este tiempo usted ha necesitado de un mejor ancho de banda para realizar actividades como: clases online, teletrabajo, video llamadas, juegos en línea, entre otros?

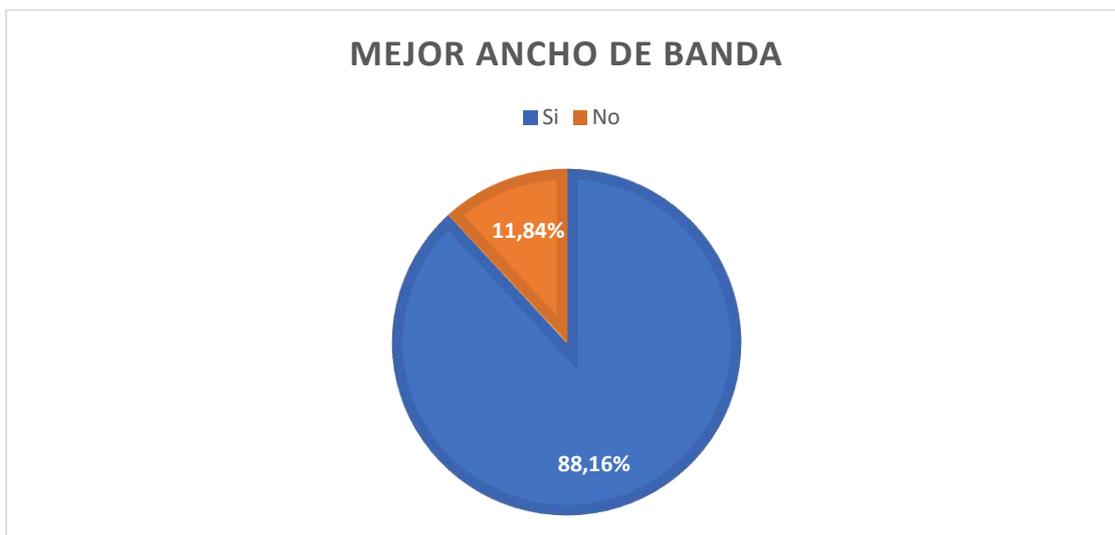
La tabla 7-2, se estableció que las personas encuestadas necesitaron de un mejor ancho de banda para realizar varias actividades virtuales y acceso a aplicaciones dentro de su vivienda.

**Tabla 7-2:** Necesidad de un mejor ancho de banda

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Si	309	88,16%
No	41	11,84%
Total	350	100,00%

**Fuente:** Investigación de Campo

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022



**Gráfico 5-2:** Porcentaje de necesidad de mejorar el ancho de banda

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

El gráfico 5-2, indica que un 88,16% de las personas encuestadas realizaron actividades de clases online, mensajería, video llamadas, descarga de archivos, juegos en línea, descarga de archivos, etc. Determinando que los usuarios finales necesitaran mayores anchos de banda, para lo cual es necesario mejorar los equipos haciendo que el uso del presente diseño sea muy necesario.

- **Pregunta 5:** ¿En la actualidad usted estaría interesado en acceder a servicios de internet con un ancho de banda alrededor de 100Mbps?

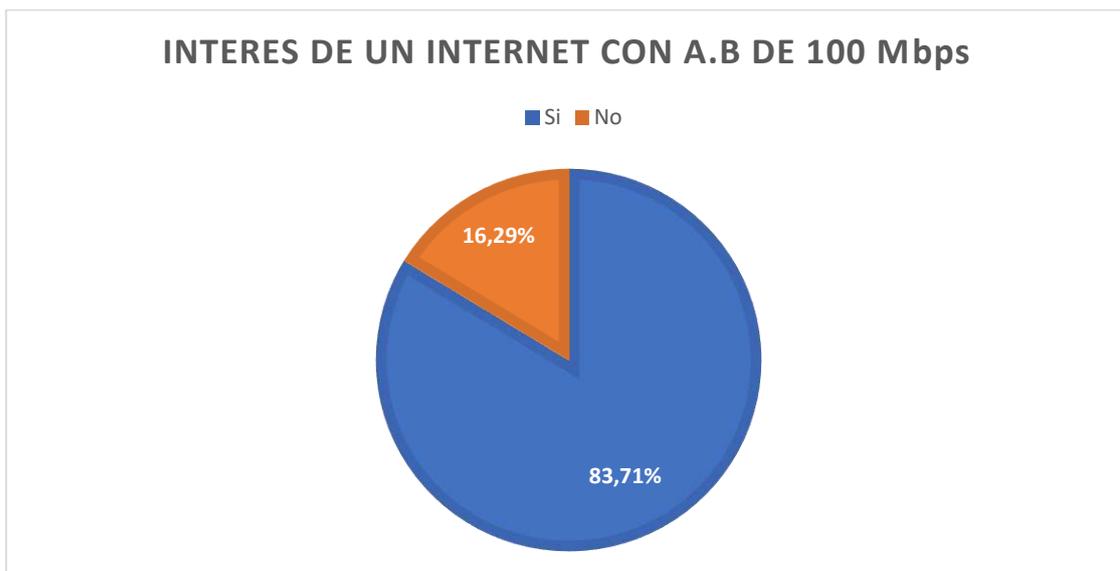
La tabla 8-2, muestra el interés de los encuestados por una mejor capacidad de servicio de internet en su vivienda.

**Tabla 8-2:** Interes de internet con un ancho de banda alrededor de 100Mbps

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Si	293	83,71%
No	57	16,29%
Total	350	100,00%

**Fuente:** Investigación de Campo

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022



**Gráfico 6-2:** Porcentaje de acceder a Internet con un ancho de banda alrededor de 100 Mbps

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

En la encuesta se planteó la posibilidad de un servicio de internet con una capacidad de 100 Mbps, que es muy grande, esta pregunta se lo hizo simplemente para tomar como referencia la probabilidad de que los usuarios finales puedan tener una navegación elevada, como se muestra en el gráfico 6-2, el 83,71% de personas encuestadas están dispuestos a recibir una capacidad elevada para su vivienda.

- **Pregunta 6:** ¿Ha oído hablar sobre los avances tecnológicos de la fibra óptica como es la tecnología XG-PON?

La tabla 9-2, indica el interés de tener varios servicios de telecomunicaciones y pagarlos mediante una misma factura.

**Tabla 9-2:** Conocimiento de la tecnología XG-PON

Opciones	Respuestas	Porcentaje
Si	18	5,14%
No	332	94,86%
Total	350	100,00%

**Fuente:** Investigación de Campo

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022



**Gráfico 7-2:** Personas que conocen sobre XG-PON

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

Como se señala en el gráfico 7-2, existe un 94,86% de encuestados desconocen los avances sobre la fibra óptica, manifestando que los servicios que poseen como internet, telefonía fija y televisión por cable no ha mejorado, por lo que existe una desconformidad al aumento de pago de servicios sin mejora en la velocidad de transmisión de datos y tiempo de respuesta.

- **Pregunta 7:** ¿Usted estaría dispuesto a cambiarse a una nueva tecnología que brinde un servicio (Triple play) más eficaz?

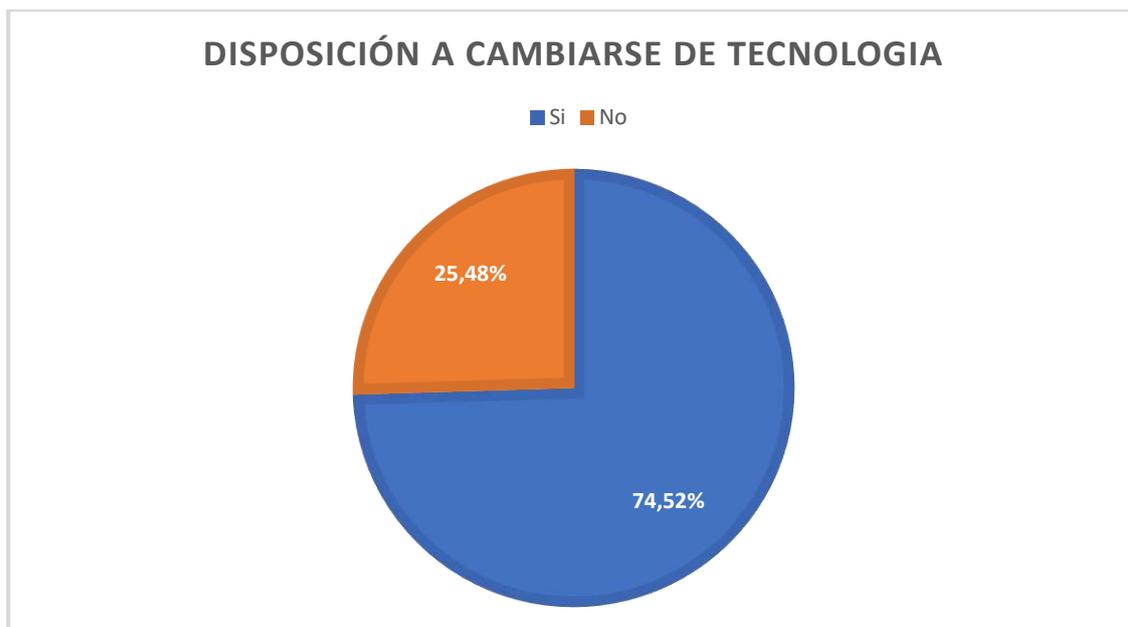
En la tabla 10-2, se estableció el número de personas dispuestas a cambiarse a XG-PON

**Tabla 10-2:** Disposición a cambiarse de tecnología

Costo de Servicios	Respuestas	Porcentaje
Si	261	74,52%
No	73	25,48%
Total	350	100,00%

**Fuente:** Investigación de Campo

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022



**Gráfico 8-2:** Disposición a cambiarse de tecnología

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

Como se observa en el gráfico 8-2, el 74,53% de personas encuestadas está al ver que la disponibilidad y calidad de servicio no es al ofertados, están claramente dispuestos a cambiar tanto de proveedor como de tecnología que presente mejores prestaciones como es el caso de XG-PON. Mientras que el 25,48% restante temen a la incertidumbre de que no mejoren los servicios.

#### 2.5.2.7 Análisis de las encuestas

Según la información recolectada de las encuestas realizadas en el sector de la ciudad de Guaranda, existe un número elevado de habitantes que no están conformes con el servicio o los servicios de telecomunicaciones que poseen, en sus hogares ya sean de forma individual o en paquetes de servicios, de la cual existía un 74,57% que eran de distintos proveedores de servicios, además de eso el 78,86% de la población recalco la insatisfacción de los servicios que poseían en sus viviendas, en la actualidad las actividades cotidianas que la persona encuestada realizaba a diario son clases online, video llamadas, descarga de archivos entre otros, estaban de acuerdo en que necesitaban un mayor ancho de banda para realizarlos, se plantió un servicio con una capacidad de 100Mbps como referencia para una navegación elevada donde el 83,71% del total de la muestra estaban dispuestos a obtener dicho servicio.

Luego de haber hecho el estudio de los servicios disponibles en la zona urbana de la ciudad de Guaranda, según la muestra analizada indica el 74,53% de aceptación de la propuesta de una nueva tecnología, por lo que es factible el proyecto por los datos obtenidos que respaldan la necesidad de una red FTTH utilizando el estándar ITU G.987.X o conocida como XG-PON, que

provea una mejora en equipos y capacidad de los servicios, ya que es un campo que aún no se encuentra explotado totalmente en dicho sector de la ciudad.

### **2.5.3 *Arquitectura***

El modelo de arquitectura que se propuso en el diseño fue en base a las especificaciones de la recomendación ITU-T G.987.2 como se muestra en la tabla 4-1, que detalla las características de la capa PMD que posee la capacidad de transmitir todo tipo de servicios entre la central de servicios y el usuario final, se tomó como referencia las velocidades de línea de 2.488 Gbps en upstream y de 9.9528 Gbps en Downstream además del mejoramiento de las longitudes de onda en XG-PON.

### **2.5.4 *Selección del tipo de tecnología FTTx***

En la sección 1.10.1 del Capítulo I, se especifica los diferentes tipos de arquitecturas de red de acceso FTTx, para difusión de información a los usuarios, en el desarrollo de proyecto de titulación se consideró la arquitectura que tenga más ventajas sobre las demás.

Determinar la tecnología FTTx, fue una de las partes más influyentes en el diseño, debido a que de este factor dependerá el alcance de la fibra óptica. El proyecto necesita de un ancho de banda considerablemente alto para prestar servicio triple play, donde se optó por la tecnología FTTH que es capaz de ofrecer altas velocidades de transmisión. Para esta elección se contempló también el tipo viviendas que existen en el sector de estudio vista en la sección 2.5.2, donde la mayoría de estas son casas, corroborando esta información en el anexo A proporcionado por el INEC del 2010.

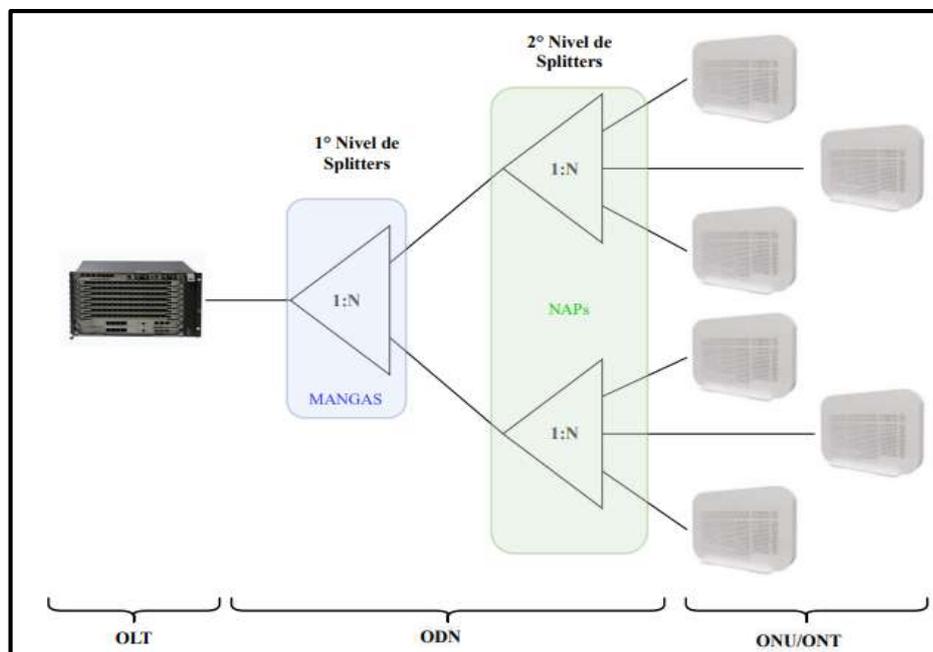
### **2.5.5 *Selección de la topología de red***

La tecnología XG-PON, usa multiplexación por división de onda (WDM), por lo que el canal de subida (upstream) trabaja a una longitud de onda diferente que al canal de bajada (Downstream), por tal motivo la topología más adecuada por la que se optó es punto a multipunto o conocida como topología tipo árbol.

- **Canal ascendente (Upstream):** utiliza una longitud de onda de trabajo de 1260-1280 nm, en la que la ONT envía información a la OLT.

- **Canal descendente (Downstream):** Usa una longitud de onda de trabajo de 1575-1581 nm, envía información en un sentido en forma de brocadas, hacia todos los receptores, por medio de TDM desde la OLT hacia la ONT.

En la figura 5-2, indica que la OLT es el punto de partida, hacia el primer nivel de splitter, y luego al segundo nivel de splitter. Los splitter o conocidos como divisores ópticos, se encuentran de (1xN) donde N toma del valor de 2,4,8,16,32,64), hasta llegar al usuario final llamado ONT. Como se indica en la figura 2-2, sale del equipo OLT hacia un splitter primario y secundario llamados también divisores ópticos que pueden ir de 1: N, la misma que constituye la red OND, hasta llegar a la ONT del abonado.



**Figura 5-2:** Topología de la red de fibra óptica

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

### 2.5.6 Selección de la norma de fibra óptica

Para el diseño de este proyecto y elección de la norma de fibra óptica, se basó en el estándar G.987 de XG-PON, donde indica que el tipo de fibra óptica debe ser compatible con las normas G.652 o la norma G.657.

Una de las ventajas de la fibra óptica monomodo G.657, es que presenta mínimas pérdidas por curvatura de cable, lo cual es un gran beneficio debido a que la arquitectura de la red PON del diseño es de tipo FTTH, por lo que la fibra óptica se acoplará a la infraestructura de la casa del

usuario final, considerando también que la mayor parte del cableado es de forma aérea, por lo que no existirán muchas curvas y se optaría también por la fibra óptica monomodo G.652.

En la tabla 11-2 se indica los principales parámetros de operación de los distintos estándares de G.652 y G.657 existentes, donde se descarta la fibra óptica G.652.A Y G.652.B por presentar un pico de absorción OH (Pico de agua), a diferencia de las fibras G.652.C y G.652.D que son fabricados para eliminar ese pico de agua y obtener una mejor anchura espectral.(G, 2005, pp. 13-16)

Lo mismo se puede decir de las fibras G.657 que se subdivide en dos categorías A y B, donde la fibra óptica G.657.A tiene menor coeficiente de atenuación y compatibilidad con el estándar antes mencionado.(Moretón M., 2018, pp. 13-14)

**Tabla 11-2:** Parametros de operación estandar G.652 Y G.657

Parámetros	Estándar G.652				Estándar G.657	
	G.652.A	G.652.B	G.652.C	G.652.D	G.657.A	G.657.B
Longitud de Onda	1310 nm 1550 nm	1310 nm 1550 nm 1625 nm	1360 nm 1530 nm	1360 nm 1530 nm	1260 nm 1625 nm	1310nm 1550 nm 1625 nm
Coeficiente de atenuación	1310 nm: 0,5dB/Km 1550 nm: 0,4dB/Km	1310 nm: 0,5dB/Km 1550 nm: 0,35dB/Km 1625 nm: 0,4dB/Km	1310 – 1625 nm: 0,4dB/Km 1550 nm: 0,3dB/Km	1360-1625 nm: 0,4dB/Km 1550 nm: 0,3dB/Km	1310 - 1625 nm: 0,4dB/Km 1550 nm: 0,3dB/Km	1310nm: 0,5dB/Km 1550 nm: 0,3dB/Km 1625 nm: 0,4dB/Km
Coeficiente PMD	0,5 ps/km	0,2 ps/km	0,5 ps/km	0,2 ps/km	0,2 ps/km	TBD

Fuente: Yungán S., 2019, p.63

Realizado por: Samaniego, José, 2022

Para la red feeder y la red de distribución en el diseño se eligió la fibra monomodo G.652.D, debido a que trabaja a largas distancia y transmite con mayor ancho de banda, soporta también mayores velocidades, además de poseer un menor coeficiente, para nuestra red de dispersión se eligió la fibra óptica G.657.A, debido a que la red con tecnología XG-PON tiene longitudes de onda en upstream de 1260 a 1280 nm y en sentido downstream de 1575 a 1580 nm, fácil adaptación a estructuras FTTH y compatibilidad con la fibra óptica G.652.

### 2.5.7 Selección del tipo de cable aéreo

En la siguiente tabla 12-2, se compara los diferentes tipos de cables aéreos para escoger el adecuado.

**Tabla 12-2:** Comparación de los cables aéreos

Características	Cable ADSS	Cable Figura 8	Cable OPGW
Confiabilidad	Alta	Alta	Alta
Costo de instalación	Bajo	Bajo	Alto
Costo del cable	Bajo	Medio	Alto
Mantenimiento	Fácil	Fácil	Difficil
Acceso a fibras ópticas.	Fácil	Fácil	Difficil

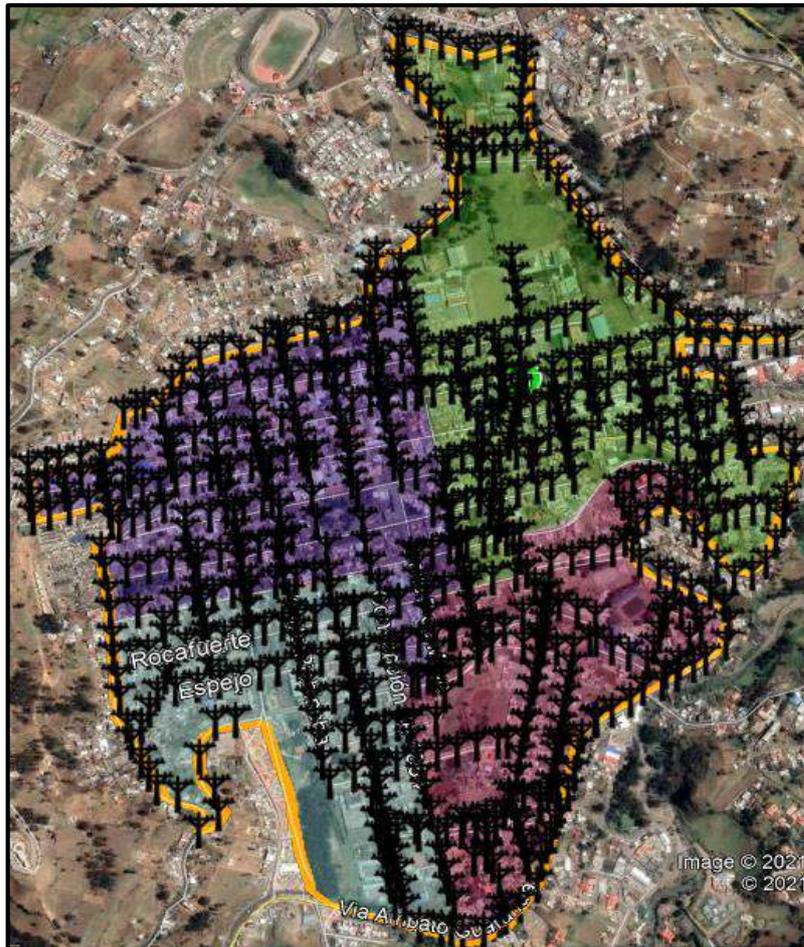
Fuente: Cruz N., 2019, p.59

Realizado por: Samaniego, José, 2022

Según el cuadro comparativo de cables aéreos, se escogió el cable de tendido aéreo de tipo ADSS de estructura holgada por lo económico, fácil de instalar, con seguridad de mantenimiento de la fibra óptica a comparación a los otros dos tipos de cable.

### 2.5.8 *Tendido de fibra óptica*

Para el despliegue de la red se utilizó el tendido aéreo, por la existencia de postes pertenecientes a la Corporación Nacional de Electricidad de Bolívar (CNEL), que se arriendan para que una empresa de telecomunicaciones pueda proporcionar servicio triple play al sector de estudio como se indica en la figura 6-2, identificándolo a través de Google Earth Pro.



**Figura 6-2:** Localización de postes en el sector de estudio

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 2.5.9 Capacidad por servicio

Para establecer el ancho de banda requerido para el servicio Triple play contemplado en la sección 1.11, se verifico la capacidad de estos, es decir el ancho de banda requerido como se describe con detalle cada servicio en la tabla 13-2.

El estándar ITU G.711, sugiere utilizar un canal de 0.064Kbps en cada sentido para el servicio de telefonía fija, mientras que para televisión por cable o digital el sistema utilizado en Ecuador es el ISDB-T (Radiodifusión Digital de Servicios Integrados), que ocupa el algoritmo de comprensión de MPEG4, por lo que requiere una capacidad mínima para brindar servicios de SDTV o HDTV de 2 Mbps y 9 Mbps, para el servicio de internet no hay un estándar que aconseje un ancho de banda optimo, ya que cada proveedor decide el plan que ofrece al usuario final. Se debe considerar también que en la actualidad el uso del internet se lo realiza para streaming en HD, VoD, transferencia y compartición de archivos, educación virtual, teletrabajo virtual, video conferencias, juegos online, etc. Lo que genera una necesidad de un mayor ancho de banda.

La tecnología XG-PON proporciona un canal con un mayor ancho de banda, por lo que se puede aprovechar y asignar una capacidad de 20 – 40 Mbps con posibilidad de aumento.

**Tabla 13-2:** Ancho de banda requerido para el servicio triple play

Servicio		Ancho de Banda Requerido (AB)	
		Capacidad Requerida	Capacidad Total
Telefonía	VoIP	1 Mbps	1 Mbps
	POTs		
Televisión	SDTV	2 Mbps	11Mbps
	HDTV(por canal)	9 Mbps	
Datos	Internet(VoD, compartición y transferencia de archivos, teletrabajo, E-virtual, Juegos en línea )	40 Mbps	41,5 Mbps
	Video Conferencia	1,5 Mbps	Mbps
Total			53,5 Mbps

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

En la tabla 13-2, se determinó que necesita un total de 53.5 Mbps para brindar un buen servicio a los usuarios finales.

### 2.5.10 Ancho de banda

Determinado el ancho de banda requerido, se llevó a cabo el cálculo para establecer que el diseño que cumpla las necesidades de los usuarios como se indica en la ecuación 5-2. El ancho de banda de la tecnología XG-PON para downstream es de 9,9528 Gbps y para upstream es de 2.488 Gbps. Por lo que para este diseño se utilizó dos niveles de splitteo como se muestra en la figura 7-2,

donde el primer nivel de splitter es de 1:8 y el segundo nivel de splitter es de 1:16 teniendo así una relación total de 1:128 que es la cantidad máxima de suscriptores que se abarca por puerto.

$$AB = AB(XG\_PON1) \times Nivel\ Splitter \quad \text{Ecuación 5-2}$$

Donde:

- AB, es el ancho de banda Final
- XG\_PON1, es el ancho de según la tecnología XG-PON1
- Nivel Splitter, corresponde a cada nivel de splitteo.

**Para Upstream:** En la ecuación 6-2, se realizó el cálculo del ancho de banda para el primer nivel de splitter.

$$AB = 2.488\ Gbps \times \frac{1}{8} = 311\ Mbps \quad \text{Ecuación 6-2}$$

En la ecuación 7-2 se realizó el cálculo del ancho de banda para el segundo nivel de splitter.

$$AB = 311\ Mbps \times \frac{1}{16} = 19,44\ Mbps \quad \text{Ecuación 7-2}$$

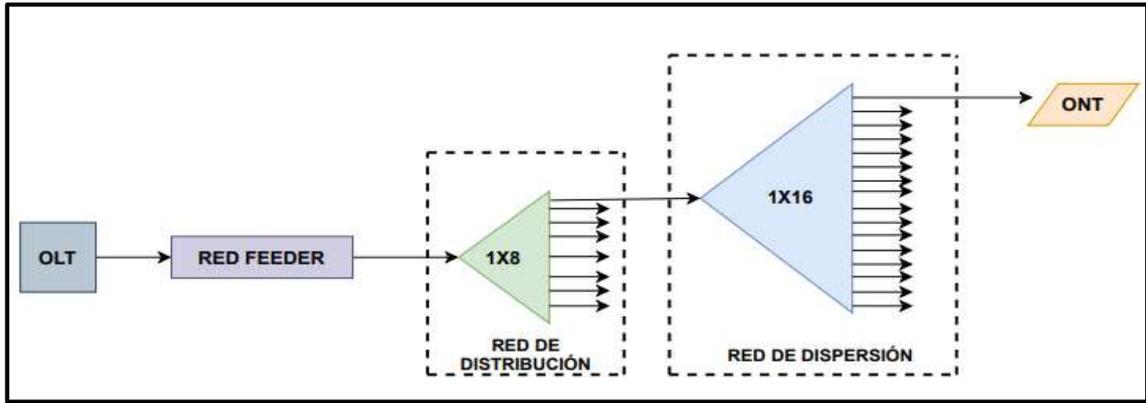
**Para Downstream:** En la ecuación 8-2 se realizó el cálculo del ancho de banda para el primer nivel de splitter.

$$AB = 9,9528\ Gbps \times \frac{1}{8} = 1244,1\ Mbps \quad \text{Ecuación 8-2}$$

En la ecuación 9-2 se realizó el cálculo del ancho de banda para el segundo nivel de splitter.

$$AB = 1244,13\ Mbps \times \frac{1}{16} = 77,76\ Mbps \quad \text{Ecuación 9-2}$$

Según la ecuación 8-2 y la ecuación 9-2 aplicadas, se determinó que en downstream existe un ancho de banda final de 77,76 Mbps para cada canal de comunicación del usuario final, que es mayor que el ancho de banda requerido de 53,5 Mbps, por lo tanto, la tecnología XG-PON propuesta para el diseño de la red de la zona urbana de la ciudad de Guaranda puede soportar las capacidades por abonado de la red.



**Figura 7-2:** Diagrama lógico de la red XG-PON

Realizado por: Samaniego, José, 2022

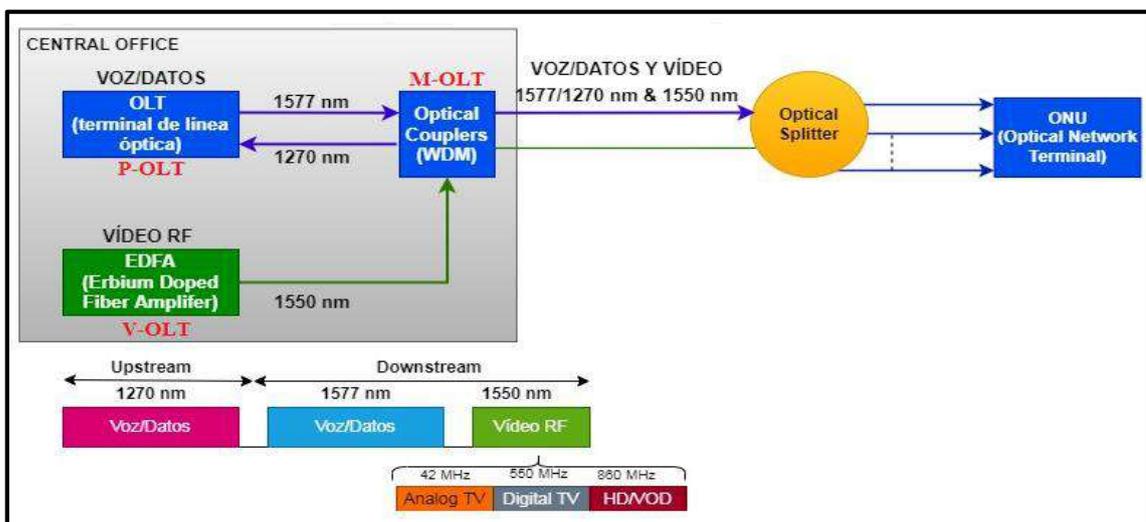
Para optimizar los recursos físicos, a utilizar en este sector se calculó el número de puertos XG-PON1 mediante la ecuación 10-2.

$$\text{Número de Puertos } XG\_PON1 = \frac{\text{Total de viviendas del sector}}{128 \text{ clientes por puerto}} = 21,67 \quad \text{Ecuación 10-2}$$

Según la ecuación 10-2, se necesita 22 puertos de la OLT para establecer a las 2774 viviendas de la zona urbana de la ciudad de Guaranda.

### 2.5.11 Arquitectura del servicio triple play

Para el diseño de este proyecto de titulación se tomó en cuenta que es una red *backbone*, por lo que utiliza tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) permitiendo que cada portadora óptica para la transmisión de audio/datos y video usen diferentes longitudes de onda, pero que compartan la misma fibra óptica como se muestra en la figura 8-2.



**Figura 8-2:** Tecnología XG-PON

Realizado por: Samaniego, José, 2022

- **P-OLT (provider OLT):** Este módulo se encarga de recoger las tramas de voz y datos que viene de la red de internet para transformarlas en señales que se enviarán en distintas ramas a los usuarios finales, para esta transmisión se usa la longitud de onda de 1490 nm. Absorbe la trama de voz y datos que vienen de la ONU usando la longitud de onda correspondiente a 1270 nm.
- **V-OLT (video OLT):** Se encarga de transportar las tramas de video de la red video broadcast o VoD hacia el cliente, se transforma las tramas en señales inyectables en las ramas de los usuarios viajando a 1550 nm.
- **M-OLT (multiplexer OLT):** El equipo multiplexor WDM se encarga de multiplexar y demultiplexar las señales P-OLT y V-OLT en dirección ONT (Downstream) y en dirección de la OLT (Upstream) mediante una misma la misma fibra.

Una red XG-PON asigna una longitud de onda para el tráfico de voz y datos tanto para upstream y downstream, a través de la tecnología WDM se asigna una tercera longitud de onda a para el broadcast de video RF especificado como se especifica en la tabla 14-2.

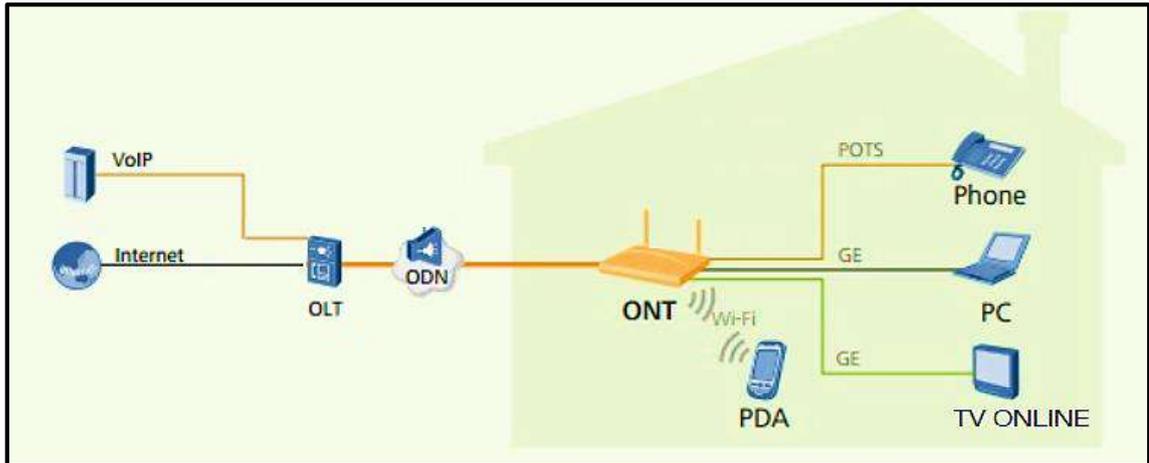
**Tabla 14-2:** Asignacion de lonjitudes de onda para cada servicio del paquete triple play

	Servicios	Trafico	Longitud de onda	Metodo de Transmisión
Triple Play	Audio/ Datos	Upstream	1270 nm	WDM
		Downstream	1577 nm	
	Video RF	Downstream	1550 nm	

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

En esta sección se determina cada paquete triple play que se ofrece al usuario final.

- **Voz e Internet:** Desde el dispositivo ONU que se ubicó en las diferentes zonas de la zona urbana de la ciudad de Guaranda, con acceso a la red a través de la fibra óptica y con ventanas de transmisión para voz y datos de 1577 nm.
- **TV Online:** Utiliza el protocolo de transmisión TCP/IP, donde el internet proporciona una nueva forma de producir y trasmitir material audiovisual en línea, la televisión por internet usa conexiones para transmitir video desde la fuente (Host u origen) hasta un dispositivo (usuario) como se observa en la figura 9-2.

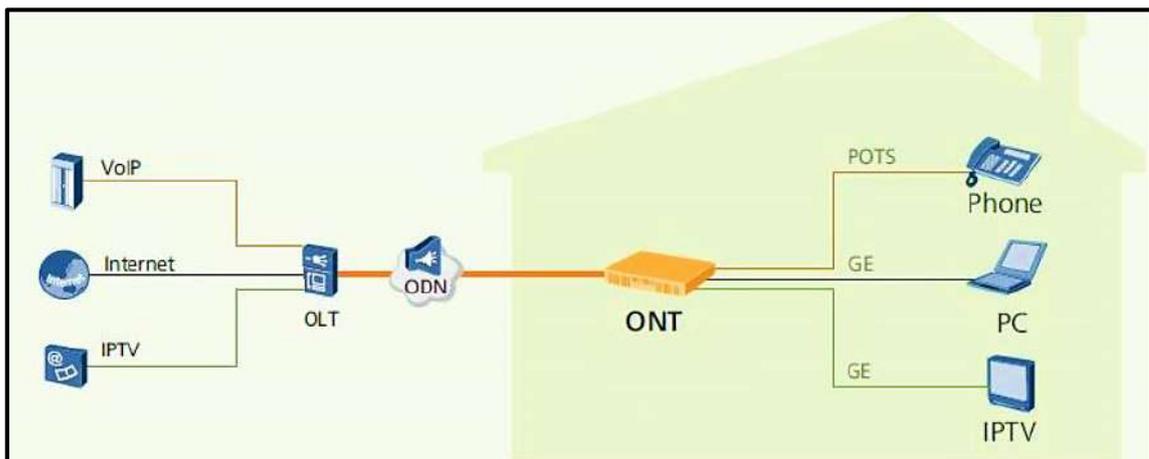


**Figura 9-2:** Diagrama para el servicio de voz, internet y TV online

Realizado por: Samaniego, José, 2022

Existía la limitación en cuestión del ancho de banda que consume el streaming, debido al poco ancho de banda generando una imagen de pobre calidad, sin embargo, al proponer el diseño de la tecnología XG-PON hace que este servicio sea óptimo y factible, ya que solo bastara con conectar un dispositivo al internet para usar este servicio.

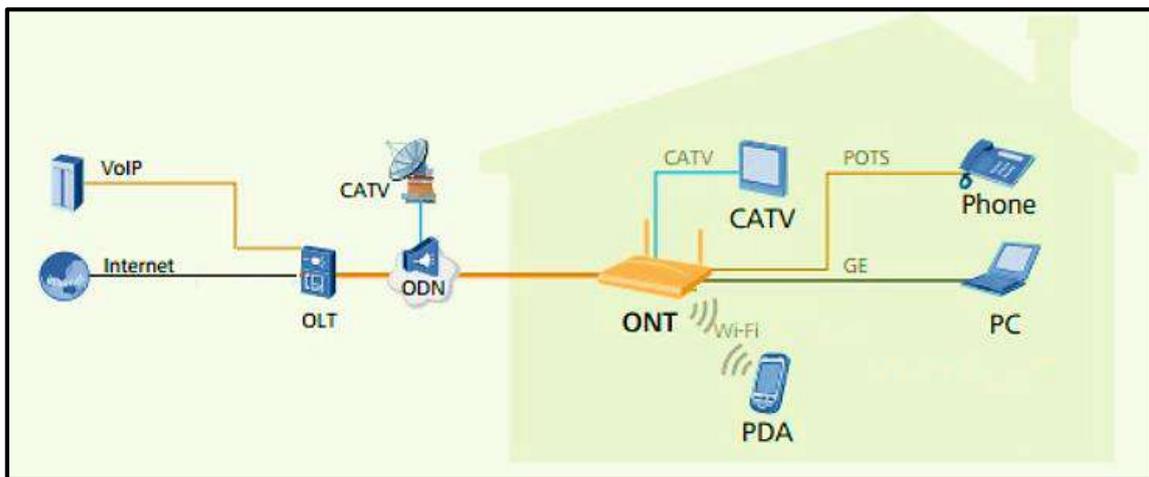
- **Voz e Internet:** De acuerdo con el dispositivo ONU se diseñó en las viviendas residenciales de los clientes potenciales, que presentan acceso a los beneficios de la tecnología FTTH este dispositivo posee las características óptimas de recepción y transmisión para la red.
- **IPTV:** Los datos y señal de televisión usan una misma longitud de onda que viajan juntos, encapsulados en forma de paquetes IP, como se observa en la figura 10-2. Para otorgar este servicio es necesario poseer un servidor de IPTV, que debe estar conectado a la OLT.



**Figura 10-2:** Diagrama para el servicio de voz, internet e IPTV

Realizado por: Samaniego, José, 2022

- **Voz e Internet:** Según el dispositivo ONU que se ubicó en los diferentes sectores de la zona urbana de la ciudad, este dispositivo presenta características específicas y necesarias para la transmisión y recepción de la red.
- **CaTV:** Mediante la cabecera de televisión, CaTV tiene una señal RF que contiene todos los canales tanto de televisión terrestre (80 a 863 MHz) como de satélite (950 a 2150 MHz), con algunos canales analógicos y otros digitales, usa un módulo V-PON de laser lineal, donde la señal RF se transmite a una longitud de onda de 1550 nm, en el otro punto de la red el usuario final posee la ONU que extrae la señal RF que se puede aplicar directamente a un cable coaxial al equipo de TV como se observa en la figura 11-2.



**Figura 11-2:** Diagrama para el servicio de voz, internet y CaTV

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 2.5.12 Ubicación geográfica de los equipos

En esta sección se hace una reseña de los sitios específicos en la que están ubicados los elementos activos y pasivos de la red XG-PON.

#### 2.5.12.1 Ubicación de la terminal de línea óptica (OLT)

La OLT que se usó para este proyecto se ubicó específicamente, en la latitud 1°35'39,49''Sur y longitud 79°00'06.82''Oeste, que se encuentra en las calles Rocafuerte y Sucre, cerca del parque central de la ciudad de Guaranda esto facilito el diseño de la red considerando las 4 zonas de estudio, en la figura 12-2 se indica la dirección exacta de la OLT.



**Figura 12-2:** Ubicación Geográfica de la OLT

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

### 2.5.12.2 Mangas porta splitter

En este estudio se colocó las mangas porta splitter, con el acrónimo MT0x donde el símbolo x representa el número de manga del primer nivel de splitter, según a la zona a la que pertenece (1, 2, 3, 4) en la tabla 15-2 se detalla, la dirección de cada manga, el número de zona, en la figura 13-2 se indica lo mencionado antes.

**Tabla 15-2:** Ubicación de Mangas Porta Splitters

Zona	Manga	Dirección
1	MT01	Sucre y Espejo2
2	MT02	Convención 1884 entre Olmedo y 10 de Agosto
	MT03	Convención 1884 y Manuela Cañizares
3	MT04	Av. Cándido Rada y Eloy Alfaro
	MT05	Av. Cándido Rada y Joaquín Galarza
4	MT06	Vía a Ambato y olmedo.

Fuente: Google Earth Pro, 2022

Realizado por: Samaniego, José, 2022.



**Figura 13-2:** Ubicación de Manga Porta Splitter

Realizado por: Samaniego, José, 2022

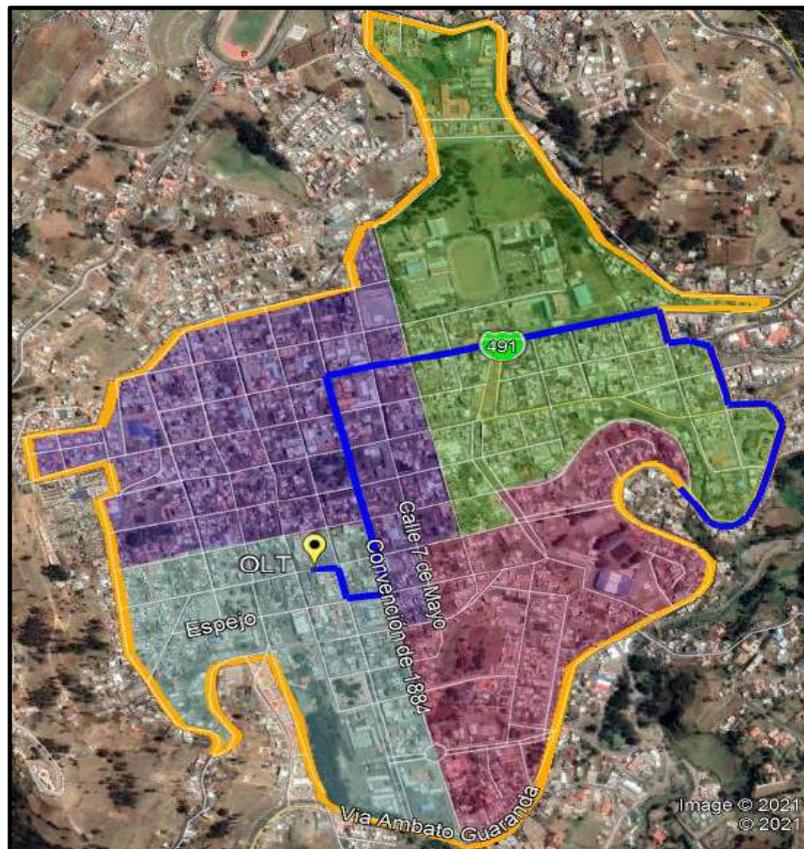
## 2.6 Red de planta externa - Diseño Físico

La estructuración de la red externa se basó en las normas establecidas por la tecnología XG-PON, en función a la velocidad, alcance, y compartición, además de ofrecer calidad de servicio al extremo empresarial mediante un enlace de fibra óptica.

### 2.6.1 Red Feeder

La red Feeder o Troncal abarca los cables de fibra óptica G.652.D canalizados, con una gran capacidad que puede ir de 12, 24, 48, 72, 96, 144 y hasta 288 hilos.

Para el diseño del proyecto de red de fibra óptica hasta el hogar se utilizó un cable Feeder de 8 buffers, donde cada buffer tiene 12 hilos es decir un total de 96 hilos, la red Feeder es la que se conecta desde el armario de distribución óptica situada en la OLT, hasta la manga de sangrado en la que se realiza un corte de fibra principal, tomando solo un número de hilos necesarios para cubrir la zona determinada. En la figura 14-2 se muestra el inicio y fin de la red Feeder de color azul.



**Figura 14-2:** Red Feeder o Troncal

Realizado por: Samaniego, José, 2022

Parámetros por considerar:

- Se elegido la fibra óptica ADSS de 96 Hilos monomodo, por que trabaja a largas distancias, bajo costo y fácil mantenimiento.
- El tendido es aéreo en su totalidad por presencia de postes propios del CNEL-Bolívar.
- El cable Feeder es de gran capacidad, se consideró dejar una reserva de 30m cada 500m del cable Feeder.

En la figura 14-2 se observa el tendido de fibra óptica de la red feeder, que inicia el tendido desde la calle Rocafuerte entre Pichincha y sucre, donde gira hacia la calle espejo2, gira nuevamente en sentido norte en la calle convención 1884 hasta llegar a la calle transversal manuela cañizares uniéndose con la Av. Cándido rada, desplegándose hasta la calle Joaquín Galarza, terminando el tendido de la red troncal en la vía a Ambato y olmedo.

Los splitter primarios de 1:8 abarcados en mangas porta splitter, fueron colocados en cada una de las 4 zonas de forma estratégica identificadas como MT0x, donde la X representa el número de manga, y su cantidad dependió de las viviendas de cada zona. En la tabla 16-2 se cita cada manga del diseño, coordenadas geográficas, la distancia a la que se está de la OLT, y cantidad de splitters por manga siendo este un total de 22 debido a que se ocupa uno por puertos de la OLT.

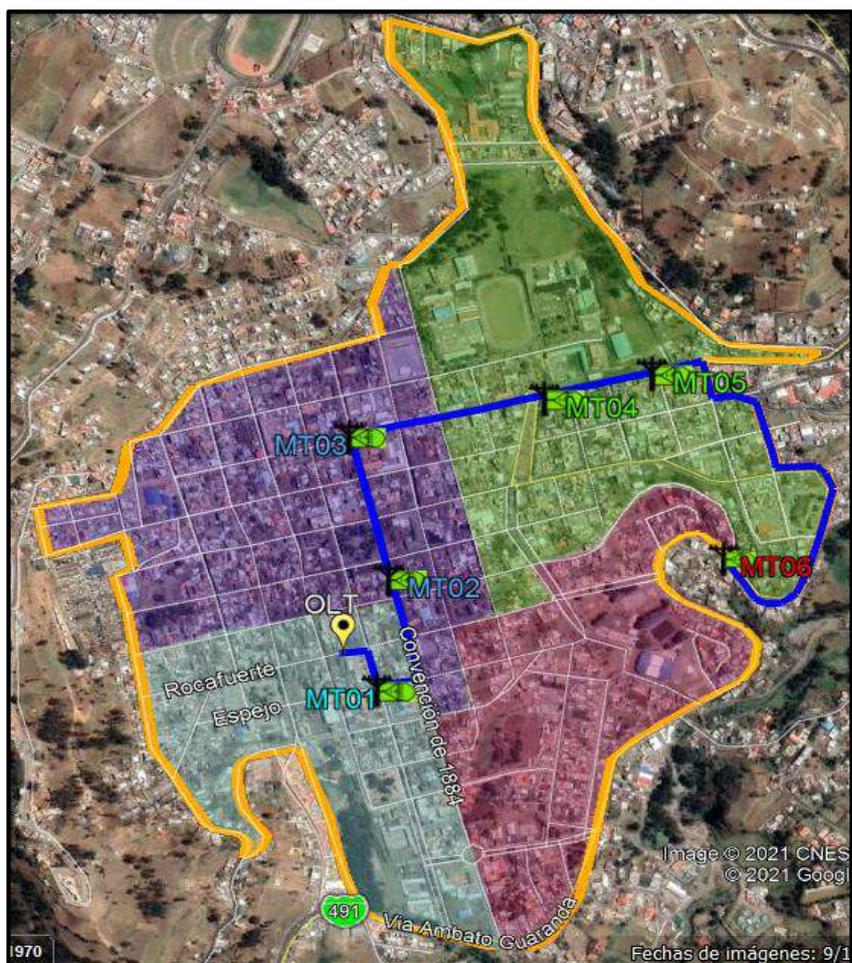
**Tabla 16-2:** Especificaciones de las mangas porta splitter

Zona	Manga	Ubicación (Latitud, Longitud)	Distancia	$= \frac{\# \text{ de viviendas por zona}}{\text{Total de splitteo}}$	Cantidad de splitter (1° nivel=1:8)
1	MT01	1°35'41.72"S 79° 0'4.81"O	123.3 m	$\frac{447}{128}$	4
2	MT02	1°35'34.41"S 79° 0'3.91"O	410,1 m	$\frac{1020}{128}$	8
	MT03	1°35'25.18"S 79° 0'6.17"O	698,1 m		
3	MT04	1°35'22.70"S 78°59'54.50"O	1,10 Km	$\frac{829}{128}$	7
	MT05	1°35'21.11"S 78°59'48.04"O	1,30 Km		
4	MT06	1°35'33.17"S 78°59'43.90"O	2,18 Km	$\frac{478}{128}$	4

Fuente: Google Earth Pro, 2022

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La figura 15-2, se muestra cada manga, simbolizada por una forma de domo color verde enumerado desde el 1 al 6 en cada zona detallado a continuación.



**Figura 15-2:** Ubicación de las mangas troncales de cada zona

Realizado por: Samaniego, José, 2022

- Zona 1:** La red troncal es representada de color Azul como se ve en la figura 15-2, en la primera zona para llegar a la primera manga MT01 se utilizó el primer buffer de 12 hilos, en la cual están activos 4 hilos ya que dentro de esta manga se coloca 4 splitter de 1:8 debido a que existen 447 viviendas en esta zona, los demás hilos son para reserva en caso de un mantenimiento o correctivo. La distribución de buffers e hilos por color y numero de zona se detallan en la tabla 17-2.
- Zona 2:** En esta zona se ocuparon 8 hilos como activos del segundo buffer del cable Feeder representado por color azul en la figura 15-2, dejando los demás para reserva en caso de mantenimiento o correctivo. Estos 8 hilos activos son repartidos 4 y 4 que están conectados a 2 mangas denominadas MT02 y MT03, en la que cada manga contiene 4 splitters de 1:8 es decir un total de 8 splitters en esta zona debido a que existen 1020 viviendas. La distribución de buffers e hilos por color y numero de zona se detallan en la tabla 17-2.
- Zona 3:** De la misma manera en esta zona se utilizaron 6 hilos como activos del tercer buffer del cable Feeder representado por color azul en la figura 15-2, dejando los demás para reserva en caso de mantenimiento o correctivo. Estos 6 hilos activos son repartidos 3 y 3 están

conectados a 2 mangas denominadas MT04 con 4 splitters de 1:8 y MT05 con 3, decir un total de 7 splitters en esta zona debido a que existen 829 viviendas. La distribución de buffers e hilos por color y numero de zona se detallan en la tabla 17-2.

- **Zona 4:** Similar a la Zona 1 se usó 4 hilos como activos del cuarto buffer del cable Feeder representado por color azul en la figura 15-2, dejando los demás para reserva en caso de mantenimiento o correctivo. Estos 4 hilos activos son conectados a la manga denominada MT06, que contiene 4 splitters de 1:8 debido a que existen 478 viviendas en esta zona. La distribución de buffers e hilos por color y numero de zona se detallan en la tabla 17-2.

En esta sección la tabla 17-2 detalla el tipo de cable Feeder que se adquiere para cada zona, la cantidad de buffers e hilos con los que cuenta y de cada uno de estos, que se usan para poder dar servicio a las 2684 viviendas del sector.

**Tabla 17-2:** Hilos de fibra optica utilizados en la red Feeder

Distribución de hilos activos por cada buffer del cable utilizado en la red Feeder					
Zona	Manga	Cable ADSS de 96 Hilos		Hilos Activos	
		Total de Buffers	Total de Hilos por Buffer	Numero de Buffer	Numero de Hilos
1	MT01	8	12	1=Azul	1=Azul 2=naranja 3=verde 4=marrón
2	MT02			2=naranja	1=Azul 2=naranja 3=verde 4=marrón
	MT03			3=verde	1=Azul 2=naranja 3=verde 4=marrón
3	MT04			4= Marrón	1=Azul 2=naranja 3=verde 4=marrón
	MT05			5= Gris	1=Azul 2=naranja 3=verde
4	MT06			6= blanco	1=Azul 2=naranja 3=verde 4=marrón

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 2.6.2 Red de Distribución

Esta red se ocupa de la distribución de todos los hilos de fibra óptica otorgados a la zona, desde la manga hasta cada una de las NAPs (Network Access Point), donde está el segundo nivel de

splitter. La función principal es cubrir un sector específico de la zona, por lo general son ubicados por cuadra o manzana dependiendo de la dimensión de cada zona.

La red de distribución se realizó desde las mangas troncales desde las salidas de los splitter de primer nivel hasta las cajas de distribución ópticas (NAPs), o segundo nivel de splitter que en este caso la relación es de 1:16. Las NAPs, fueron colocados en los postes de cada cuadra de manera estratégica, con la finalidad de obtener una relación total de 1:128 cubriendo así la zona urbana de la ciudad de Guaranda.

Para la red de distribución de las 4 zonas se elijo el cable ADSS de 48 hilos conformado por 8 buffers y en cada buffer existen 12 hilos, fue seleccionado de acuerdo al número de viviendas en cada sector, en la tabla 19-2 se especifica los hilos de fibra activos en la red por cada zona.

Para conocer y controlar las NAPs que se utilizó en cada zona se ocupó la ecuación 11-2.

$$Total\ de\ NAPs\ por\ zona = \frac{Total\ de\ viviendas\ por\ zona}{Division\ del\ segundo\ nivel\ de\ splitteo} \quad \text{Ecuación 11-2}$$

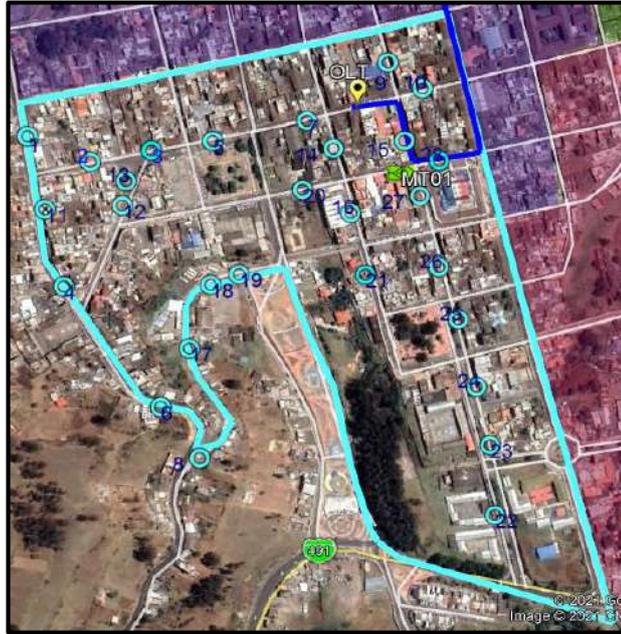
**Tabla 18-2:** Cantidad de NAPs por zona

Zonas	$\frac{Total\ de\ viviendas\ por\ zona}{Division\ del\ segundo\ nivel\ de\ splitteo}$	Numero de NAPS
1	$\frac{447}{16}$	28
2	$\frac{1020}{16}$	64
3	$\frac{829}{16}$	52
4	$\frac{478}{16}$	30

Realizado por: Samaniego, José, 2022

En la tabla 18-2 se especifica el número de NAPs utilizados en cada zona del sector de estudio. Para cada zona se empezó enumerando desde la NAP más lejana en secuencia hasta llegar a la NAP más cercana.

- **Zona 1:** En la primera zona se ocupó un buffer en la cual están activos 4 hilos del cable Feeder para conectar a los splitter de primer nivel (1:8) de la Manga MT01, que a su vez se conecta a la NAP con splitter de segundo nivel (1:16), donde cada NAP tiene una capacidad máxima de establecer 16 usuarios mediante conexión Drop, por tal motivo en esta zona se utilizan 28 NAPs para garantizar el servicio triple play al total de viviendas de la zona.

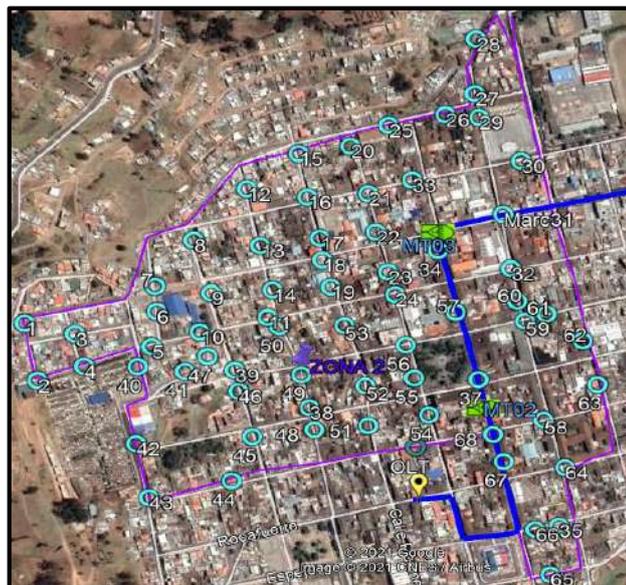


**Figura 16-2:** Ubicación de las NAPs en la Zona 1

Realizado por: Samaniego, José, 2022

En la figura 16-2 se muestra enumeradas las NAPs de forma descendente desde el 28 al 1 para la manga MT01.

- **Zona 2:** Para abastecer de servicio triple play a las 1020 viviendas se proyectó utilizar 34 NAPs conectadas a la manga MT02 y de igual forma para la manga MT03, por lo que en la zona 2 se designó 68 NAPs en total.

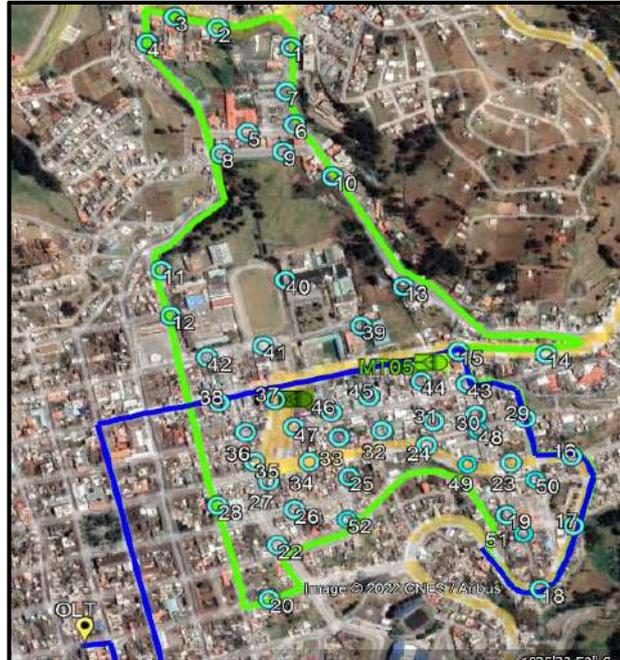


**Figura 17-2:** Ubicación de las NAPs en la Zona 2

Realizado por: Samaniego, José, 2022

En La figura 17-2 se muestra enumeradas las NAPs de forma descendente desde el 68 al 1.

- **Zona 3:** En esta zona existen 829 viviendas para cubrir, por lo que se le asignan 32 NAPs que se conectan a la manga MT04 y 20 NAPs a la manga MT05 teniendo un total de 52 NAPs que son necesarias para brindar servicio a esta zona.

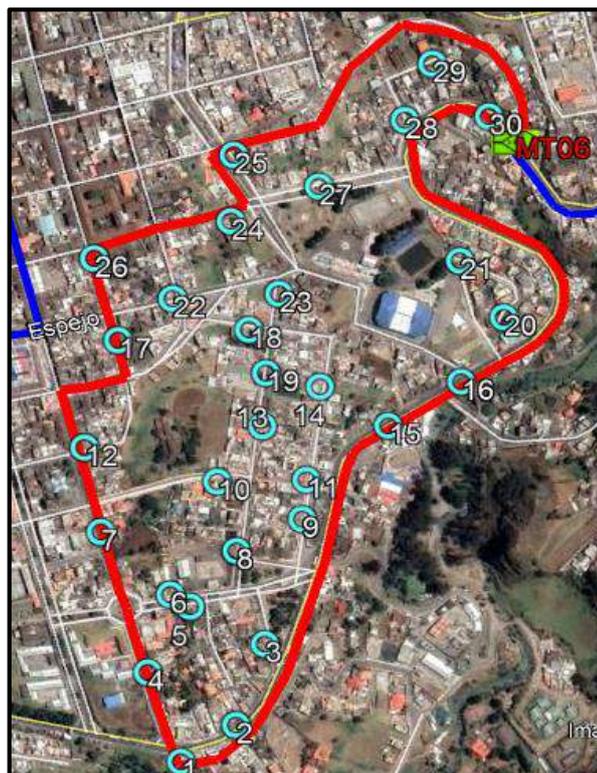


**Figura 18-2:** Ubicación de las NAPs en la Zona 3

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La figura 18-2 indica el número de NAPs en la zona 3 enumeradas descendentemente de izquierda a derecha.

- **Zona 4:** Para dar servicio triple play a las 478 viviendas se designó utilizar 30 NAPs conectadas a la manga MT06 a continuación en la Figura 19-2 se muestra enumeradas de forma descendente de arriba hacia abajo.



**Figura 19-2:** Ubicación de las NAPs en la Zona 4

Realizado por: Samaniego, José, 2022

**Tabla 19-2:** Hilos de fibra activos en la red de distribución

Distribución de hilos activos por cada buffer del cable utilizado en la red de Distribución					
Zona	Manga	Cable ADSS de 48 Hilos		Hilos Activos	
		Total de Buffers	Total de Hilos por Buffer	Numero de Buffer	Numero de Hilos
1	MT01	4	12 Hilos. 1 = Azul, 2 = Naranja, 3= Verde, 4= Marrón, 5 = Gris, 6 = Blanco, 7 = Rojo, 8 = Negro, 9 = Amarillo, 10 = Violeta, 11= Rosado, 12= Celeste.	1 = Azul, 2 = Naranja, 3 = Verde, 4=Marrón.	Se utilizó 4 Buffers por cada buffer se encuentran 8 hilos activos y 4 de reserva.
2	MT02			1 = Azul, 2 = Naranja, 3 = Verde, 4 = Marrón.	El primer cable de 48 hilos se utilizó 4 buffers de los cuales 32 hilos están activos, designados para MT02.
	MT03			1 = Azul, 2 = Naranja, 3 = Verde, 4 = Marrón.	El segundo cable de 48 hilos designado para MT03 donde se utilizó 4 buffers de los cuales 32 hilos están activos.
3	MT04			1 = Azul, 2 = Naranja, 3 = Verde, 4= marrón.	El primer cable de 48 hilos se utilizó 4 buffers de los cuales 32 hilos están activos, designados para MT04.
	MT05			1 = Azul, 2 = Naranja, 3 = Verde.	El segundo cable de 48 hilos designado para MT05 donde se utilizó 3 buffers de los cuales 24 hilos están activos.
4	MT06			1 = Azul, 2 = Naranja, 3 = Verde, 4= marrón.	Se utilizó 4 Buffers de los cuales 32 hilos están activos para MT06

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La tabla 19-2, se muestra la distribución de hilos activos por cada buffer utilizado en la red de distribución para cada manga en cada zona de cobertura.

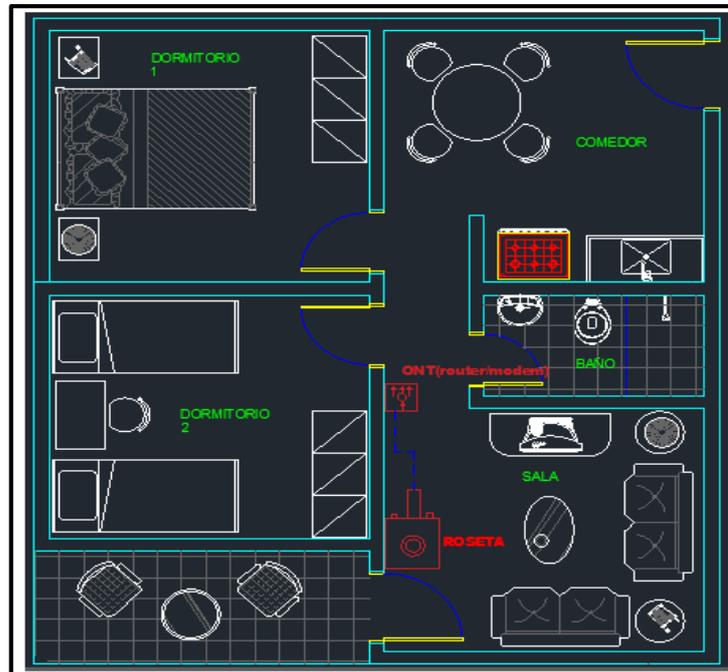
### 2.6.3 Red de Dispersión

La sección final es la red de dispersión que comprende la conexión de las diferentes NAPs hasta la ONT de la vivienda del usuario final mediante una roseta óptica, cabe mencionar que en este proyecto cada splitter está ubicado en la caja de distribución, y puede brindar de servicios hasta 16 usuarios, además que para este diseño la fibra de dispersión está bajo el estándar ITU-T G.657.

### 2.6.4 Red de planta interna - Diseño Físico

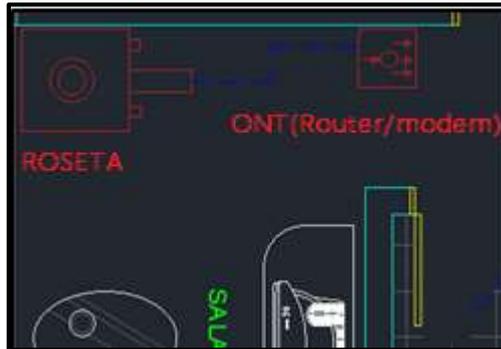
La red de planta interna abarca el canal de comunicación que existe en la vivienda del usuario, por lo que el diseño consta de la roseta óptica y la ONT llamado router o modem.

El diseño físico de la red en la planta interna se basó en una vivienda que consta de dos dormitorios, un baño, comedor (incluye la cocina) y una sala se observa en la figura 20-2. La red interna está conformada por la roseta conectada a la ONT, ubicada en la sala para una buena cobertura de la vivienda indicada en la figura 21-2.



**Figura 20-2:** Planta interna

Realizado por: Samaniego, José, 2022.



**Figura 21-2:** Red Interna

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

### 2.6.5 Selección de elementos activos y pasivos

Para la elección de los elementos activos y pasivos que se utilizarán en la red FTTH/XG-PON, se consideró los aspectos técnicos y específicos de cada equipo evitando problemas del enlace y brindar servicios de voz datos y video eficientes.

RED FTTH XG-PON:

- Elementos Activos: OLT, ONT
- Elementos Pasivos: Splitter, Fibra Óptica, Conectores.

#### 2.6.5.1 Elementos activos

Son los equipos activos cuya función es generar la información que se quiere transmitir, ubicados en los extremos de la red, el transmisor u OLT está en la Oficina Central y el receptor u ONT en la planta interna de la vivienda del usuario.

- **OLT**

Para el diseño de la red con tecnología XG-PON se seleccionó el equipo OLT de la marca Huawei, específicamente el MA5800-X15, debido a que tiene una arquitectura distribuida, además de tener mayores tasas de transferencia de datos y un gran ancho de banda en el canal de comunicación.

Este equipo activo Huawei MA5800-X17, soporta protocolos que ofrecen seguridad y calidad de servicio al usuario como SSH (Secure Shell), SLL (Secure Sockets Layer), HTTPS (Protocolo de transferencia de Hiper-Texto).

La OLT Huawei MA5800-X17 presenta ventajas de soporte en despliegues de cualquier red FTTX, que pueden ser FTTH, FTTC, FTTB, FTTN. Permite una arquitectura de red reducida, debido a que centraliza todo el tráfico de todos los equipos del exterior como son las ONTs, MDUs, switches

Elementos del equipo:

- Tarjetas de servicios de 16 puertos 10GPON cada una.
- Tarjetas de control para la gestión del equipo.
- Tarjetas de Uplink de conexión del equipo con la red de datos.
- Tarjetas de poder de regulación de energía de -38 a -72 V.

En la figura 22-2 se muestra el equipo activo Huawei MA5800-X17.



**Figura 22-2:** OLT Huawei MA5800-X17

**Fuente:** Huawei Technologies,2019

La tabla 20-2 se indica las características técnicas de la OLT Huawei MA5800-X17.

**Tabla 20-2:** Características técnicas Huawei MA5800-X17

Artículo	MA5800-X17
Dimensiones(ancho x profundidad x alto)	493 mm x 287 mm x 486 mm
Capacidad de conmutación del sistema	7 Tbits/s
Puertos GPON, XG-PON, XGS-PON	172
Temperatura ambiente	-40°C a +65°C
Rango de voltaje de trabajo	-38.4 V CC a -72 V CC

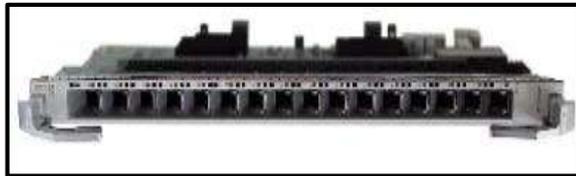
**Fuente:** Huawei Technologies, 2019

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022

Las tarjetas de servicio que utiliza son las H90LXGSF como se muestra en la figura 23-2 que utiliza conectores de fibra óptica tipo SC-PC de color azul, donde los puertos de la tarjeta son conectados hacia el ODF de la red troncal, para de ahí conectarse al primer splitter.

Las características principales de la tarjeta H90LXGSF son:

- Cada tarjeta tiene 16 puertos con una capacidad de conectar 128 usuarios cada una.
- Mejor experiencia de video 4K/8K/VR.
- Plataforma común de virtualización multiservicio.
- Tasa de Puerto: upstream = 2.488 Gbit/s, downstream = 9,953 Gbit/s
- Escalabilidad de la red.



**Figura 23-2:** Tarjeta de servicio H90LXGSF

**Fuente:** Huawei Technologies, 2019

- **ONT**

Es el equipo que se encarga de transformar la señal óptica en señal eléctrica ubicado en las viviendas de cada usuario, para una correcta calidad de servicio el elemento activo debe ser compatible con el estándar G.987.X es decir XG-PON, debe tener los puertos necesarios para dar servicio Triple Play, debe contar necesariamente con un láser transmisor DFB para fibras ópticas monomodo. Par el diseño de la red FTTH se usó la ONT de Huawei HN8M038055Q como se observa en la figura 24-2, que deberá cumplir con los requerimientos necesarios de las tablas 21-2 y 22-2 para satisfacer las necesidades del usuario final.



**Figura 24-2:** ONT HN8M038055Q

**Fuente:** Huawei Technologies, 2019

La tabla 21-2, muestra los parámetros técnicos de los puertos de la ONT.

**Tabla 21-2:** Características técnicas ONT Huawei HN8M038055Q

<b>Puerto XG-PON</b>	
Clase	N1/N2
Sensibilidad del Receptor	-28dBm
Longitud de Onda	Upstream: 1260nm - 1360 nm Downstream: 1575nm - 1580 nm
Velocidad	2.5 Gbps de subida 10 Gbps de bajada
<b>Puerto ETHERNET</b>	
VLAN	Etiquetas VLAN basados en puertos Ethernet. Eliminación de Etiquetas
Direcciones MAC	Aprendizaje de direcciones MAC
<b>WLAN</b>	
Protocolo	IEEE 802.11 b/g/n (2.4G) IEEE 802.11 a/n/c (5G)
Seguridad	WPS
Interconexión inteligente	Cobertura Wi-fi Inteligente

**Fuente:** Huawei Technologies, 2019

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022

La tabla 22-2 indica las especificaciones de la ONT.

**Tabla 22-2:** Especificaciones de la ONT HN8M038055Q

<b>Artículo</b>	<b>ONT HN8M038055Q</b>
Dimensiones(ancho x profundidad x alto)	238 mm x 190 mm x 26 mm
Puertos de red	XG-PON
Puertos	4 GE + 1* 10GE + 2.4G y 5G Wi-Fi + 2USB
Temperatura ambiente	0 ° C hasta + 40 ° C
Cobertura	150 m
Peso	850 g
Fuente de Alimentacion	12 V CC, 3 A
Consumo de energia	< 34 W

**Fuente:** Huawei Technologies, 2019

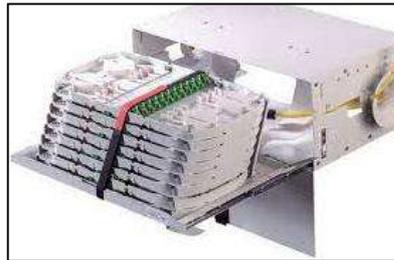
**Realizado por:** Samaniego, José, 2022

### 2.6.5.2 Elementos pasivos

Son los elementos que mantienen la comunicación entre los equipos activos, que están en el medio de la OLT y ONT como son: los distribuidores de fibra óptica (ODF), los splitters ubicados en las mangas troncales o puntos de acceso a la red (NAPs), conectores, rosetas y fibra óptica. A continuación, se detallan los elementos seleccionados según las características necesarias para la red propuesta.

- **Distribuidor de Fibra Óptica (ODF)**

Este equipo está ubicado en la oficina central permitiendo la conexión de la OLT y la planta externa del resto de la red FTTH, cuyo objetivo es organizar y administrar cada cable de fibra óptica. Para la presente red se utiliza el ODF TYCO que ofrece hasta 96 puertos. La figura 25-2 muestra como es el ODF y la tabla 23-2 sus características.



**Figura 25-2:** ODF marca TYCO

Fuente: SILVER TELECOM,2020

**Tabla 23-2:** Características técnicas del ODF marca TYCO.

Artículo	ODF TYCO ELECTRONICS
Bandejas Removibles	Si
Numero de Puertos	12,24,48,72,96
Tipo de Conectores	SC,FC,LC (APC,UPC)

Fuente: SILVER TELECOM, 2020

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

- **Rack de ODFs**

Es un armario metálico donde se colocan los elementos activos y pasivos de la red como se observa en la figura 26-2, existen dos tipos abiertos y cerrados, siendo el más recomendable el tipo cerrado debido a que brinda seguridad en el acceso de solo personal autorizado. El Rack se escogió de la misma marca TYCO que el ODF.



**Figura 26-2:** RACK marca TYCO

Fuente: SILVER TELECOM, 2020

- **Power Splitters o Divisores de potencia**

Los splitter son elementos ópticos pasivos que permite dividir la potencia del transmisor y ancho de banda de cada puerto, presenta la ventaja de compartir el mismo ancho de banda a distintos usuarios, pero generando una reducción de la potencia a causa de dividir está generando la inserción de niveles de atenuación. La tabla 24-2 indica las pérdidas de inserción de cada splitter según su relación.

**Tabla 24-2:** Características técnicas de los splitters.

Nivel de Division de Potencia	Perdidas (dB)
1:64	19,3
1:32	16,5
1:16	13,5
1:8	10
1:4	7,2
1:2	3,2

Fuente: Parra O., 2019, p.78

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

Para la red FTTH se trabajó con 2 tipos de splitters, 1:8 en las mangas troncales y 1:16 en las NAPs, debido a que es recomendable utilizar splitters de no muchos niveles para un mejor despliegue de la red y a su vez un adecuado mantenimiento.

Para el diseño de la red XG-PON se optó por splitters de la marca Huawei, que son óptimos para el servicio que se oferto, además de contar con una relación entre elementos activos y pasivos de una misma marca. La figura 27-2 muestra un splitter Huawei 1:8.



**Figura 27-2:** Splitter 1:8 marca Huawei

Fuente: OPTYTECH, 2019

- **Manga Domo**

Es un contenedor plástico encargado de almacenar y proteger, los splitters de primer nivel y empalmes por fusión, generalmente están ubicados en los postes. Este proyecto utilizó mangas tipo domo (GJS03-M8AX-JX-144D) como se muestra en la figura 28-2, cuyas especificaciones están en la tabla 25-2.



**Figura 28-2:** Manga Domo

Fuente: OPTYTECH, 2019

**Tabla 25-2:** Características técnicas de la manga domo.

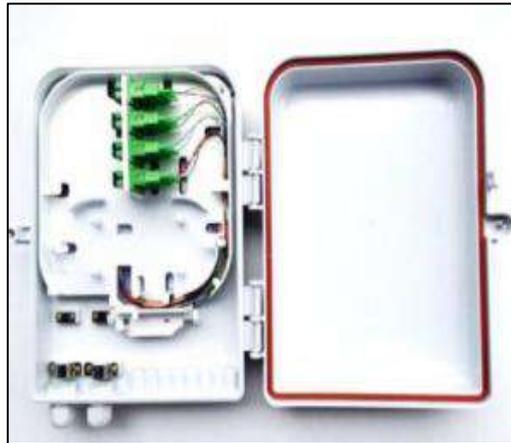
Modelo	GJS03-M8AX-JX-144D
Dimensiones	100 mm x 50 mm x 20 mm
Tipo de Conector y pulido	SC/APC
Longitud de onda	1310, 1490 y 1550
Perdidas por insercion	≤ 10.5 dB
Directividad	≥ 55 dB
Perdidas de retorno	≥ 55 dB
Temperatura de Operacion	-40°C a 85°C

Fuente: OPTYTECH, 2019

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

- **NAP (Punto de acceso a la red)**

Son cajas de distribución óptica que almacenan los splitters de segundo nivel, para el diseño se optó por la NAP JFOPP-PDB0216 como se observa en la figura 29-2, mientras que la tabla 26-2 muestra las características técnicas del elemento pasivo.



**Figura 29-2:** NAP JFOPP-PDB0216

**Fuente:** OPTYTECH, 2020

**Tabla 26-2:** Características técnicas de la NAP JFOPP-PDB0216.

<b>Modelo</b>	<b>JFOPP-PDB0216</b>
Material	Plastico de alto impacto
Resistencia	Rayos UV, lluvia, ambiente salinos y ácidos.
Alojamiento	Splitters de 1:8 y 1:16
Conector	SC/APC
Monbtahe	Poste y Pared
Uso de redes	FTTH, CATV, LAN

**Fuente:** OPTYTECH, 2019

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022

- **Fibra Óptica**

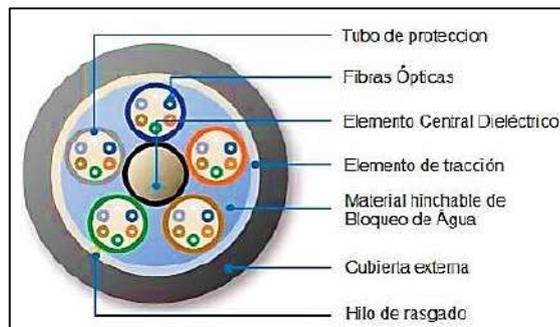
Se optó por cable ADSS de características loose tube, ideal para tendido aéreo debido a sus características de peso ligero con recubrimiento secundario de plástico, con el fin de eludir interferencias eléctricas y condiciones ambientales por el gel protector que posee. Para el proyecto se usó cable de 48 y 96 hilos para la red de distribución y feeder. En la figura 30-2 se muestra como está formado el cable ADSS, mientras que en la tabla 27-2 están las características técnicas de cada Cable ADSS.

**Tabla 27-2:** Características técnicas del cable ADSS de 48 y 96 hilos

<b>Cable ADSS de 48 Hilos</b>	
Modelo	OC-ADSS-48C/4Km
Marca	LINKEDPRO
Numero de Buffers/hilos por Buffer	4 Buffers que contiene 12 hilos cada buffer.
Buffers	1 = Azul, 2 = Naranja, 3=Verde, 4 = Marrón
Hilos	1 = Azul, 2 = Naranja, 3= Verde, 4= Marrón, 5 = Gris, 6 = Blanco, 7 = Rojo, 8 = Negro, 9 = Amarillo, 10 = Violeta, 11= Rosado, 12= Celeste.
Tipo de Fibra Óptica	Monomodo Loose Tube
Norma Aplicada	G.652.D
Cubierta Exterior	Polietileno de Alta Densidad
Temperatura de Operación	-20°C - +65°C
Protección	Contra rayos UV y Humedad
<b>Cable ADSS de 96 Hilos</b>	
Modelo	OC-ADSS-96C-S100/4Km
Marca	LINKEDPRO
Numero de Buffers/hilos por Buffer	8 Buffers que contiene 12 hilos cada buffer
Buffers	1 = Azul, 2 = Naranja, 3=Verde, 4 = Marrón, 5 = Gris, 6 = Blanco, 7 = Rojo, 8 = Negro
Hilos	1 = Azul, 2 = Naranja, 3= Verde, 4= Marrón, 5 = Gris, 6 = Blanco, 7 = Rojo, 8 = Negro, 9 = Amarillo, 10 = Violeta, 11= Rosado, 12= Celeste.
Tipo de Fibra Óptica	Monomodo Loose Tube
Norma Aplicada	G.652.D
Cubierta Exterior	Polietileno de Alta Densidad
Temperatura de Operación	-20°C - +65°C
Protección	Contra rayos UV y Humedad

**Fuente:** Furukawa Electric LatAm, 2019

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.



**Figura 30-2:** Cable ADSS

**Fuente:** Furukawa Electric LatAm, 2019

- **Cable Drop**

El cable Drop posee 2 hilos de fibra de baja sensibilidad a curvatura, compuesta con aramidas de vidrio para dar mayor resistencia mecánica y una cubierta termoplástica como se observa en la figura 31-2, además de permitir la conexión de los splitters que están en las NAPs con la roseta óptica de cada usuario. En la tabla 28-2 se muestra las características de este tipo de cable.

**Tabla 28-2:** Características técnicas del cable Drop

Tipo de Fibra	Monomodo
Norma Aplicada	G.657.A1
Diámetro Coating ( $\mu\text{m}$ )	245
Color de los hilos	Verde y amarillo
Temperatura de Operación	-20°C – 65°C
Radio mínimo de curvatura en la instalación/operación	30 mm

**Fuente:** Furukawa Electric LatAm, 2019

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.



**Figura 31-2:** Cable Drop

**Fuente:** Furukawa Electric LatAm, 2019

- **Conectores**

Se instalan a lo largo de la red para conectar la fibra óptica y un elemento pasivo, se utilizó conectores SC/APC como se observa en la figura 32-2 debido a que es compatible con los equipos, en la tabla 29-2 se resumen sus características técnicas.

**Tabla 29-2:** Características técnicas del conector SC/APC.

Tipo de Fibra	Monomodo G.652 D/G.657
Perdidas	0,4 dB
Temperatura	40 a - 75 °C
Peso	0,01 Kg

**Fuente:** Furukawa Electric LatAm, 2019

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.



**Figura 32-2:** Conector SC/APC

**Fuente:** Furukawa Electric LatAm, 2019

- **Patchcord**

Para el diseño de la red XG-PON se utilizó el Patchcord maraca OptyTech, este elemento se encarga de conectar la roseta óptica con el recetor u ONT y la OLT con el ODF. La figura 33-2 muestra como es un patchcord de fibra, y la tabla 30-2 el resumen de las características técnicas.

**Tabla 30-2:** Características tecnicas del Patchcord SC/APC.

Tipo de Fibra	Monomodo G.652 D
Perdida de interacción	0,2 dB
durabilidad	1000 conexiones
Diámetro de chaqueta	2 mm – 3mm
longitud	3, 5, 10, 15, 20 m

Fuente: OPTYTECH, 2019

Realizado por: Samaniego, José, 2022.



**Figura 33-2:** Patchcord de fibra óptica

Fuente: OPTYTECH, 2019

- **Roseta Óptica**

Es una caja de platico ubicada en las instalaciones de cada vivienda del usuario, el cual se conecta mediante patchcord a cada ONT. La roseta que se utilizo es de la marca Furukawa Electric como se muestra en la figura 34-2, resumiendo sus características técnicas en la tabla 31-2.

**Tabla 31-2:** Características tecnicas de la Roseta Optica

Tipo de conector	SC/APC
Dimensiones	115 mm x 80 mm x 25 mm
Tipo de Fibra	Monomodo y Multimodo
Diámetro de chaqueta	2 mm – 3mm
Aplicaciones	Redes internas FTTx
Instalación	Terminal interior del cliente
Accesorios Incluidos	4 Cintas plásticas, 2 tornillos, 2 tornillos para cierre de la tapa.

Fuente: Furukawa Electric LatAm, 2019

Realizado por: Samaniego, José, 2022.



**Figura 34-2:** Roseta Óptica

**Fuente:** Furukawa Electric LatAm, 2019

- **Pigtail**

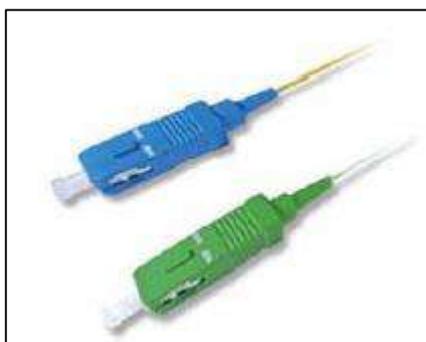
Es el encargado de conectar las NAPs y la roseta óptica, de la misma forma se encuentra en el ODF para la conexión con la OLT. Se eligió el Pigtail de la marca OptyTech como se puede ver en la figura 35-2, y sus características técnicas en la tabla 32-2.

**Tabla 32-2:** Características técnicas del Pigtail

Tipo de conector	SC/APC
Diámetro	0,9 mm x 3,0 mm x 2,0 mm
Tipo de Fibra	Monomodo G.652.D / G.657.A
Tipo de conector	SC/APC, SC/UPC
Temperatura de Operación	-20°C – 70°C
Perdidas de retorno	APC ≥ 50 dB

**Fuente:** Furukawa Electric LatAm, 2019

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.



**Figura 35-2:** Pigtail

**Fuente:** Furukawa Electric LatAm, 2019

## 2.7 Presupuesto óptico

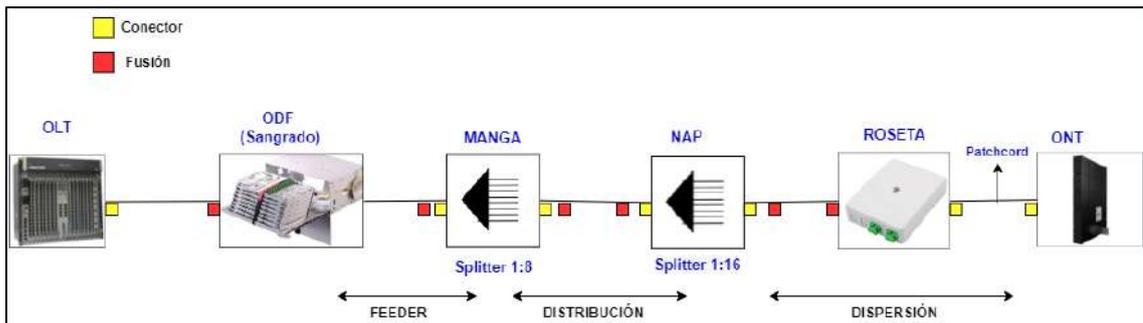
La red FTTH está formada por equipos activos como por elementos pasivos, siendo estos últimos los elementos que generan una disminución de la potencia del transmisor cada vez que pasa por uno de estos elementos es decir que se producen pérdidas de inserción. El presupuesto óptico es

uso para el análisis de la pérdida total insertado en la red, y así determinar si está dentro del rango de atenuación aceptable.

### 2.7.1 Diagrama de la red FTTH/XG-PON

La red FTTH XG-PON se lo represento en un diagrama de bloques cada elemento activo o pasivo que están entre el transmisor y receptor. Como se puede observar en la figura 36-2 en medio del enlace existe 2 niveles de splitteo que son conectados a la fibra óptica a través de un conector y una fusión a cada extremo. Existe también la presencia de una fusión de la red Feeder, del ODF llamado sangrado, que es simplemente extraer los buffers de fibra óptica, los hilos que se necesitan para la cobertura de la zona. Terminando así con una fusión de la roseta óptica conectada al patchcord del receptor.

Se tomó en consideración un margen de guarda de 3dB, para precaver a futuro una inserción de pérdidas a causa de nuevas fusiones, cambio de splitters, fusiones, etc. Por lo que lo que se consideró como también como un parámetro de perdida de potencia al igual que los elementos pasivos.



**Figura 36-2:** Esquema de elementos activos y pasivos de la red XG-PON

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

La tabla 33-2, es el resumen de todos los elementos pasivos que generan pérdidas con sus respectivos valores.

**Tabla 33-2:** Valores de atenuacion de los elementos pasivos de la red XG-PON.

Elemento Pasivo		Cantidad	Atenuación (dB)
Fibra Óptica	1577	Km	0,4 dB/Km
Conectores		5	0,4 dB
Fusión		6	0,1 dB
Splitter	1:8	1	10 dB
Splitter	1:16	1	13,5 dB
Patchcord		1	0,2 dB
Margen de guarda		1	3 dB

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

### 2.7.2 *Fórmula para el cálculo de pérdidas por inserción.*

Para el análisis matemático se tomó en cuenta los elementos pasivos que se encuentran desde la OLT hasta la ONT, considerados en la tabla 33-2 de la sección 2.7.1 para así calcular las pérdidas totales de un usuario por cada zona.

$$A_{total} = A_f + L_c + L_e + A_{sp1} + A_{sp2} + Ms \quad \text{Ecuación 12-2}$$

Donde:

- $A_{total}$ : Atenuación Total.
- $A_f$ : Atenuación de la fibra.
- $L_c$ : Perdida total de los conectores.
- $L_e$ : Perdida total de empalmes.
- $A_{sp1}$ : Atenuación del primer nivel de splitteo.
- $A_{sp2}$ : Atenuación del segundo nivel de splitteo.
- Ms: Margen de Seguridad.

Se tomó en cuenta la recomendación de la CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones), donde se refiere a una reserva de 30 metros de fibra óptica por cada 500 metros para futuros mantenimientos o instalaciones (CNT, 2012, p.25).

### 2.7.3 *Fórmula para el balance de potencia*

Una vez obtenidos los valores de atenuación se realiza el cálculo del balance de potencia, para comprobar la potencia recibida es superior a la sensibilidad del equipo además que debe cumplir con el estándar ITU-T G.987.2. Para este análisis se ocupó la siguiente ecuación.

$$P_{rx} \leq P_{tx} - At \quad \text{Ecuación 13-2}$$

Donde:

- $P_{rx}$ : Sensibilidad del equipo receptor.
- $P_{tx}$ : Potencia del transmisor.
- At: Perdida total de conectores.

#### 2.7.4 Rango de atenuación para XG-PON

La recomendación ITU-T G.987.2, indica que el equipo tanto transmisor (OLT) y receptor (ONT) deben recibir una cierta cantidad de pérdidas obligatorias. La tabla 34-2 indica el rango de atenuación de cada clase.

**Tabla 34-2:** Atenuaciones minimas y maximas de la tecnologia XG-PON según su clase.

Clase	Perdida mínima (dB)	Perdida máxima (dB)
Nominal 1 (N1)	14	29
Nominal 2 (N2)	16	31
Extendido 1 (E1)	18	33
Extendido 2 (E2)	20	35

Fuente: ITU-T G.987.2,2016, p.9

Realizado por: Samaniego, José, 2022

Cada equipo activo posee su respectivo datasheet bajo la clase que está fabricado, debido a que si las pérdidas son superiores a las permitidas ningún servicio Triple Play podrá funcionar, de manera similar si la pérdida recibida es menor a la atenuación mínima existe el riesgo de un daño del equipo receptor.

Según las especificaciones de la OLT y ONT se optó para el diseño de la red FTTH la clase N2 de la tabla 34-2.

#### 2.7.5 Cálculo de presupuesto de pérdidas.

En esta sección se realizó el cálculo de las pérdidas de los usuarios más cercano y lejano, y determinar si están dentro del rango de atenuación de la clase N2, considerando que el parámetro que va a cambiar de cada usuario es la distancia o cantidad de fibra óptica a usar.

- **Cálculo del usuario más cercano**

El usuario más cercano está a 0.07 Km de distancia con la OLT, ubicado en la zona 1, consideramos también 30 metros de reserva, por lo cual la distancia total es de 0.1 Km. Reemplazamos los datos de la tabla 33-2 en la ecuación 14-2 obtenemos:

$$At = \left(0.1 \text{ km} * \frac{0.4 \text{ dB}}{\text{Km}}\right) + (5 * 0.4 \text{ dB}) + (6 * 0.1 \text{ dB}) + 10 \text{ dB} + 13.5 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 29,14 \text{ dB} \quad \text{Ecuación 14-2}$$

Así, con 29.14 dB la ONT percibe las pérdidas necesarias según la descripción del rango de atenuación clase N2.

- **Caculo del usuario más lejano**

El usuario más lejano está a 1.74 Km de distancia con la OLT, ubicado en la zona 3, consideramos también 90 metros de reserva, por lo cual la distancia total es de 1.83 Km. Reemplazamos los datos de la tabla 33-2 en la ecuación 14-2 obtenemos:

$$At = \left(1.83 \text{ km} * \frac{0.4 \text{ dB}}{\text{Km}}\right) + (5 * 0.4 \text{ dB}) + (6 * 0.1 \text{ dB}) + 10 \text{ dB} + 13.5 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 29,84 \text{ dB} \quad \text{Ecuación 15-2}$$

Así, con 29,84 dB la ONT percibe las pérdidas necesarias según la descripción del rango de atenuación clase N2.

La tabla 35-2, muestra la atenuación de cada zona con sus respectivas distancias del usuario más cercano y lejano de la OLT.

**Tabla 35-2:** Atenuación del usuario mas cercano y lejano de cada zona

Zonas	Usuario	Distancia (km)	Atenuación (dB)
Zona 1	Más cercano	0,1	29,14
	Más lejano	0,56	29,32
Zona 2	Más cercano	0,26	29,21
	Más lejano	1,4	29,66
Zona 3	Más cercano	0,51	29,31
	Más lejano	1,83	29,84
Zona 4	Más cercano	0,34	29,34
	Más lejano	1,19	29,56

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022.

En la zona urbana de la ciudad de Guaranda los usuarios poseen pérdidas de 29,14 dB a 29,84 dB, al no existir una diferencia considerable entre las pérdidas del usuario más lejano y más cercano de cada zona y entre todas estas se afirma la correcta ubicación de la OLT, mangas y NAPs.

### 2.7.6 *Calculo de balance de potencias*

Luego se determinó si la potencia recibida en el dispositivo de cada usuario es mayor a la sensibilidad del receptor, según la recomendación ITU-T G.987.2, la sensibilidad del receptor de clase N2 a utilizar es de -28 dBm, además la potencia del transmisor debe estar entre +4 dBm a +8 dBm.

Para los cálculos se utilizó 5 dBm, como potencia del transmisor

- **Calculo del usuario más cercano**

En la ecuación 15-2, se reemplaza los datos de la atenuación total, sensibilidad del receptor y potencia del transmisor.

$$-28 \text{ dBm} \leq 5 \text{ dBm} - 29,14 \text{ dBm} \quad \text{Ecuación 16-2}$$

$$\mathbf{-28 \text{ dBm} = -24,14 \text{ dB}}$$

Así, con -24.14 dBm la ONT percibe la potencia optima según las especificaciones de la clase N2.

- **Calculo del usuario más lejano**

En la ecuación 15-2 se reemplaza los datos de la atenuación total, sensibilidad del receptor y potencia del transmisor.

$$-28 \text{ dBm} \leq 5 \text{ dBm} - 29,84 \text{ dBm} \quad \text{Ecuación 17-2}$$

$$\mathbf{-28 \text{ dBm} = -24,84 \text{ dB}}$$

Así, con -24.86 dBm la ONT percibe la potencia optima según las especificaciones de la clase N2.

La tabla 36-2 muestra la atenuación de cada zona con sus respectivas distancias del usuario más cercano y lejano de la OLT.

**Tabla 36-2:** Potencia de recepcion del usuario mas cercano y lejano de cada zona.

Zonas	Usuario	Distancia (km)	Potencia (dBm)
Zona 1	Más cercano	0,1	-24,14
	Más lejano	0,56	-24,32
Zona 2	Más cercano	0,26	-24,21
	Más lejano	1,4	-24,66
Zona 3	Más cercano	0,51	-24,31
	Más lejano	1,83	-24,84
Zona 4	Más cercano	0,34	-24,34
	Más lejano	1,19	-24,56

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

En la zona urbana de la ciudad de Guaranda los usuarios tendrán una potencia de recepción de -24,14 dBm a -24,84 dBm, y dado que deben regirse a la sensibilidad del receptor de -28 dBm, se concluye que estos resultados no rebasan la sensibilidad mínima en ningún caso, por lo tanto, no hay ningún inconveniente en cuanto a los equipos a utilizar, garantizando así el servicio triple play a cada usuario.

## CAPÍTULO III

### 3. GESTIÓN DEL PROYECTO

Para la simulación se de la red se optó por el *software* OptiSystem perteneciente a la empresa Optiwave, por lo que es necesario adquirir una licencia para instalarlo y utilizarlo, pero existe la opción de uso gratuito con 30 días de vigencia desde el momento de instalación tiempo suficiente para desarrollar la simulación de la red.

OptiSystem es un *software* especializado para el diseño de redes de fibra óptica, que hace posible que los usuarios planifiquen, prueban y simulen un enlace de transmisiones ópticas. Fue creado para cumplir con las necesidades de los investigadores, científicos, ingenieros de telecomunicaciones ópticas, integradores de sistemas estudiantes y una amplia variedad de usuarios.

Por lo tanto, este software permite comprobar y comparar los resultados teóricos del balance de potencias, que recalculo en el capítulo anterior en la sección 2.7.6 de los usuarios más cercanos y lejanos de cada zona.

#### 3.1 Análisis del *software* OptiSystem

El software OptiSystem Overview como se muestra en la figura 1-3, fue desarrollado por la empresa canadiense Optiwave con 22 años de historia en el diseño de software de simulación que permite comprobar el diseño de redes PON, enfocado en el campo electrónico y óptico de ayuda estudiantil no solo a nivel académico sino a nivel profesional. Este software trabaja como una interfaz gráfica de fácil comprensión capaz de diseñar sistemas análogos, digitales, amortiguados, sub-amortiguados y sobre-amortiguados.



**Figura 1-3:** Software OptiSystem

Fuente: Optiwave, 2022

En la tabla 1-3, se resumen las características y herramientas principales que posee el *software* OptiSystem.

**Tabla 1-3:** Características y herramientas principales del software OptiSystem.

<b>Características</b>	<b>Herramientas principales</b>
Permite simulación de un diseño de fibra óptica con ciertas características.	Analizador de espectros.
Se puede planificar, realizar pruebas de ensayo y error.	Factor de calidad (Q).
Permite simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de la redes PON emergentes.	Analizador de diagrama de ojo.
Permite realizar mezclas de longitudes de onda (2,3, hasta cuatro).	Analizador de la probabilidad de error de bit (BER).
Se pueden observar fenómenos como la modulación cruzada de fase o de auto-fase.	Diagramas de constelación.

Fuente: Optiwave, 2022

Realizado por: Samaniego, José, 2022

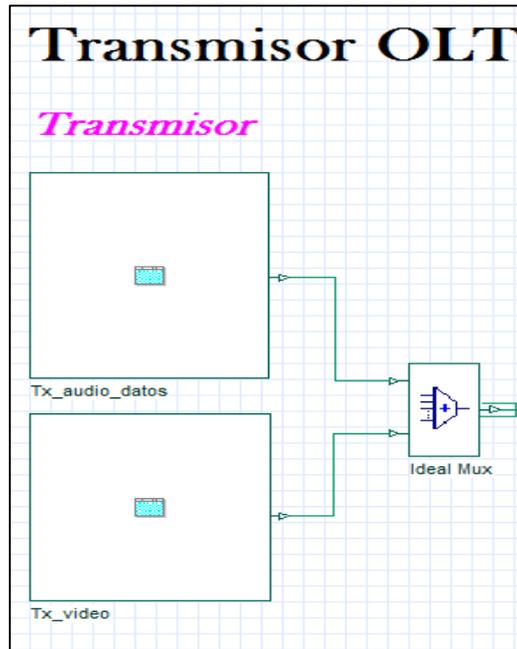
En el presente proyecto necesitó comprobar los resultados calculados en el capítulo anterior, por lo que se usó el software OptiSystem para simular el sistema completo de red XG-PON de la zona de estudio.

### **3.2 Desarrollo de la simulación.**

El diseño de la red FTTH consta de tres partes que son el transmisor (OLT), el receptor (ONT) y la red de distribución óptica (ODN) donde se encuentran los elementos pasivos. Por lo tanto, la simulación se divide de la misma manera, y a continuación se detalla cada sección. Además de poder observar el diseño completo de la red FTTH en el Anexo D.

#### **3.2.1 Descripción de la OLT**

La OLT está conformada de dos subsistemas, el primero corresponde a la transmisión de datos en sentido descendente hacia la ONT, y el segundo a la recepción de datos en sentido ascendente es decir de la ONT a la OLT. El subsistema de transmisión óptico WDM en sentido descendente se divide en 2 subsistemas adicionales, que comprende al transmisor de voz/datos y video, a causa de que trabajan a distintas longitudes de onda, el servicio de voz/datos funciona a 1577 nm mientras que el servicio de video a 1550 nm. La longitud de trabajo del subsistema de recepción ascendente es de 1270nm, por lo que se realizó configuraciones al software ora que el transmisor pueda enviar información según lo establecido en el estándar ITU-T G.987.X es decir 10Gbps. La Figura 2-3 muestra cada uno de los subsistemas de la OLT.



**Figura 2-3:** Terminal de Línea Óptica (OLT)

Realizado por: Samaniego, José, 2022

Ambos servicios viajan por una misma fibra óptica como se muestra en la figura 2-3, por lo que es necesario la multiplexación por división de longitud de onda (WDM), a causa de que cada servicio trabaja a un rango diferente, y se lo represento como un multiplexor ideal en el OptiSystem.

A continuación, en la tabla 2-3 y tabla 3-3, se detallan los elementos de cada subsistema.

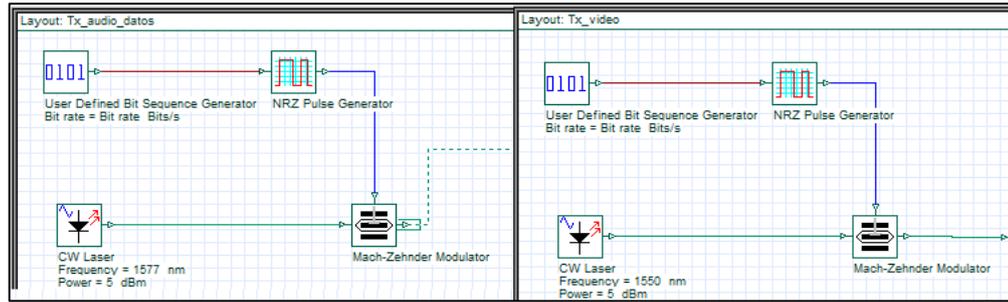
**Tabla 2-3:** Elementos y características del subsistema transmisor de voz, datos y video

Transmisor de voz, datos y video	
Elemento	Característica
Generador de secuencia de bits	Genera secuencia de bits que serán modulados y luego enviados por la fibra óptica al receptor. Similar a la navegación por internet, llamada codificada o algún videostreaming.
Codificador NRZ	Toma los bits del generados de secuencia y los transforma en una señal codificada eléctrica de no retorno a cero. XG-PON trabaja con NRZ.
CW Laser	Es la fuente óptica del transmisor, que también sirve como portadora para la modulación óptica posterior. Aquí se configura la longitud de onda y potencia según el estándar aplicado en el diseño.
Modulador Mach-Zehuder	A este elemento viene la señal eléctrica del codificador NRZ y se modula con la frecuencia portadora de la fuente CW láser.

Fuente: Optiwave, 2022

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La figura 3-3 muestra el transmisor de voz/datos y el de video, con las longitudes de onda diferentes.



**Figura 3-3:** Transmisor de voz/datos y video

Realizado por: Samaniego, José, 2022

En la tabla 3-3, se resumen los elementos y características, que forman el subsistema receptor de voz, datos.

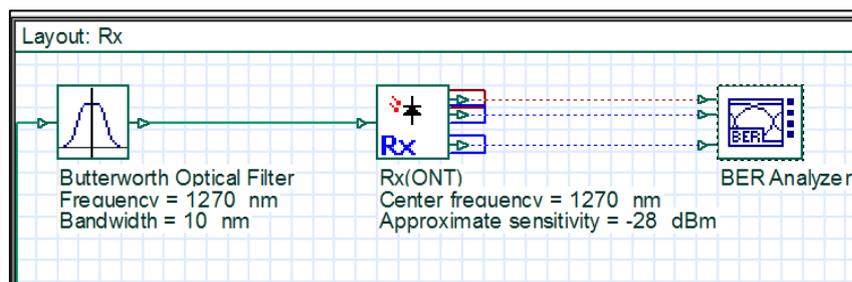
**Tabla 3-3:** Elementos y características del subsistema receptor de voz y datos

Receptor de voz, datos	
Elemento	Característica
Filtro óptico Butterworth	Este elemento filtra la señal recibida de la ONT y elimina la componente de ruido que provoca el dispositivo pasivo. El software permite modificar este parámetro.
Receptor Óptico	Contiene los elementos del receptor como son: fotodetector, filtro pasa bajo y modulador óptico. Sobre todo da la opción de modificar la sensibilidad del receptor y la frecuencia de trabajo.
Analizador de probabilidad de error de bit (BER)	Se usa para determinar la calidad de servicio del enlace, entregando resultados del factor de calidad (Q), el BER y el diagrama de ojo que deben ser superiores a lo decretado por el estándar.

Fuente: Optiwave, 2022

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La figura 4-3, muestra el receptor de voz/datos de la OLT, con una longitud de onda de 1270 nm de trabajo tanto en el filtro como en el receptor.



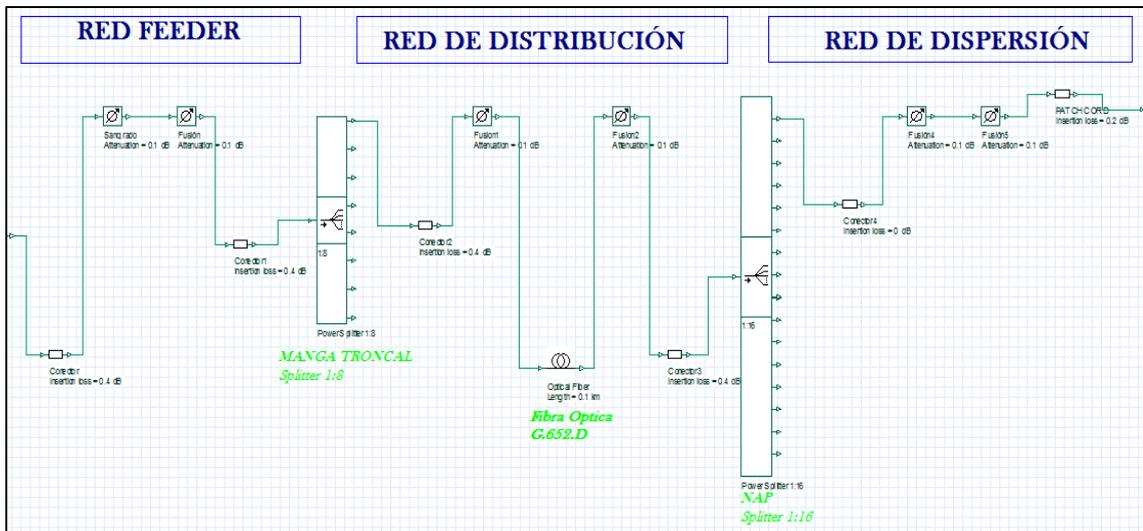
**Figura 4-3:** Receptor de voz, datos de la OLT

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 3.2.2 Descripción de la red de distribución óptica

La ODN está formada por todos los elementos pasivos que están en medio de la comunicación de la red FTTH, como se observa en la figura 5-3. Esta red está dividida en tres redes que son: la

feeder, distribución y dispersión siendo la fibra óptica el medio de comunicación, se puede observar de manera más precisa en el Anexo D.



**Figura 5-3:** Software OptiSystem

Realizado por: Samaniego, José, 2022

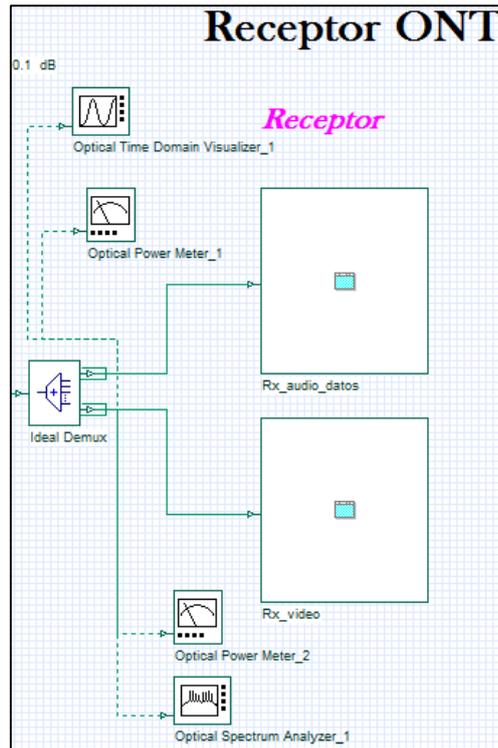
Para la simulación se usó la fibra óptica que cumpla con el estándar G.652.D que genera pérdida de 0.4 dB/Km, luego el primer nivel de splitteo 1:8 causan pérdidas de 10 dB seguido del segundo nivel de splitteo 1:16 con una pérdida de 13,5 dB, para conectar la fibra óptica se utiliza conectores ópticos con su respectiva fusión, además de esto se añadió un margen de seguridad de 3 dB para pérdidas que pueden aumentar en el futuro.

### 3.2.3 Descripción de la ONT/ONU

La ONT consta de dos subsistemas, el primero corresponde a la recepción de datos en sentido descendente es decir desde la OLT, y el segundo para la transmisión de datos en sentido ascendente es decir hacia la OLT.

El subsistema de recepción óptico WDM descendente, está dividido en 2 subsistemas correspondiente al receptor de voz/datos y video, que trabajan a una longitud de onda distinta.

La figura 6-3 muestra cada subsistema de la ONT.



**Figura 6-3:** Terminal ONT

**Realizado por:** Samaniego, José, 2022

Debido a que en la misma fibra se transmiten todos los servicios, es inevitable realizar la demultiplexación por división de longitud de onda (DWDM) para poder separarlos, porque trabajan en rangos diferentes, y gracias al OptiSystem se puede representar a través de un demultiplexor ideal.

Los elementos que tienen los subsistemas de recepción audio/datos y video son similares a la OLT, con la diferencia de su longitud de onda de trabajo como es, de 1577 nm para voz/datos y 1550 nm para video, de la misma forma el subsistema del transmisor de la ONT es semejante al de la OLT con la diferencia de su rango de trabajo de 1270 nm.

### 3.3 Evaluación de Resultados

En esta sección se realizó la simulación y evaluación de la red FFTH usando el estándar ITU G.987.X, con la finalidad de determinar la factibilidad técnica, mediante el software OptiSystem.

El desempeño de la red FTTH con tecnología XG-PON fue evaluado mediante el análisis de los parámetros técnicos que son la Potencia, Factor Q (Factor de Calidad), Diagrama de ojo, y Mínimo BER (Tasa de error de bit mínimo) mismos que deben cumplir con los parámetros de calidad de servicio donde la Potencia de recepción debe estar entre -8 dBm a -128 dBm, el Factor

Q debe ser mayor a 6 y el BER inferior a  $1 \times 10^{-10}$ , además de la calidad de la transmisión de video en la que su jitter o retardo está relacionado al BER, el cual deberá ser menor a  $1 \times 10^{-12}$ .

Como herramientas para analizar las señales ópticas se optó por el uso del analizador de espectro (Optical Spectrum Analyzer) y el medidor de potencia (Optical Power Meter) mientras que para las señales eléctricas se usó el analizador de BER (BER Analyzer) y del diagrama de ojo.

Las gráficas de los resultados obtenidos que se muestran a continuación con el uso de cada herramienta mencionada anteriormente está enfocado tanto para el usuario más lejano y cercano de toda la ciudad de Guaranda, mientras que para cada zona se lo detalla mediante tablas para una mejor comprensión.

### 3.3.1 Potencia

En esta sección se expone los resultados de la potencia a la salida del transmisor (OLT), potencia de recepción de la ONT tanto para el usuario más cercano y más lejano de la zona urbana de la ciudad de Guaranda.

#### 3.3.1.1 Potencia del transmisor OLT

Se utilizó la herramienta Optical Power Meter para obtener el resultado de la potencia del equipo transmisor como se muestra en la figura 7-3. Se puede observar, que la OLT entrega a la fibra óptica una potencia de 5.221 dBm, cumpliendo con los parámetros del estándar ITU G,987.2 en función al rango de potencia suministrada por el equipo activo.



**Figura 7-3:** Potencia a la salida de la OLT

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 3.3.1.2 Potencia recibida al usuario más cercano

En el presupuesto de pérdidas es usuario más cercano de la zona urbana de la ciudad de Guaranda está en la zona 1 a 0.1 Km de la OLT. En la figura 8-3, se observa la potencia recibida por el usuario a través del software OptiSystem.



**Figura 8-3:** Potencia recibida en la ONT del usuario más cercano

Realizado por: Samaniego, José, 2022

EL análisis realizado en el OptiSystem mediante el Optical Power Meter presenta -24.140 dBm, comparado con el valor teórico calculado en el presupuesto óptico que es de -24.14 dBm, no existe una diferencia por lo que sigue siendo mayor a los -28 dBm de la sensibilidad del receptor, indicando que el enlace es óptimo.

### 3.3.1.3 Potencia recibida al usuario más lejano

En el presupuesto de pérdidas es usuario más cercano de la zona urbana de la ciudad de Guaranda está en la zona 3 a 1.83 Km de la OLT. En la figura 9-3 se observa la potencia recibida por el usuario a través del software OptiSystem.



**Figura 9-3:** Potencia recibida en la ONT del usuario más lejano.

Realizado por: Samaniego, José, 2022

EL análisis realizado en el OptiSystem mediante el Optical Power Meter presenta -24.747 dBm, comparado con el valor teórico calculado en el presupuesto óptico que es de -24.84 dBm, se tiene una diferencia de 0,093 dBm, considerándolo irrelevante ya que sigue siendo mayor a los -28 dBm de la sensibilidad del receptor, indicando que el enlace es óptimo.

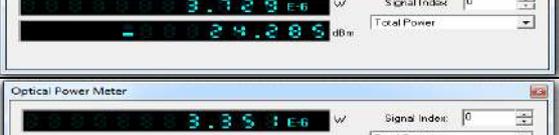
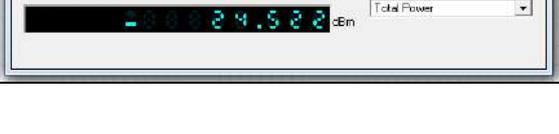
Esta caída de potencia se da al simular la red en el OptiSystem se toma en cuenta parámetros adicionales, como pérdidas intrínsecas y extrínsecas de los materiales de fabricación de la fibra óptica.

### 3.3.1.4 Potencia recibida en cada zona del usuario más cercano y lejano

En la tabla 4-3, se aprecia los resultados obtenidos de las potencias de recepción de las ONT de cada uno de los usuarios correspondientes a cada una de las 4 zonas.

Según la simulación, se observó que la potencia de recepción del usuario más cercano y más lejano de cada zona de estudio están dentro del rango de -28 dBm a -8 dBm, establecido por el estándar ITU-T G.987.2.

**Tabla 4-3:** Potencia de recepción del usuario más cercano y lejano de cada zona

Zona	Usuario	Distancia	Potencia Simulada
1	Cercano	0,1 Km	
	Lejano	0,56 Km	
2	Cercano	0,26 Km	
	Lejano	1,4 Km	
3	Cercano	0,51 Km	
	Lejano	1,83 Km	
4	Cerca	0,34 Km	
	Lejano	1,19 Km	

Realizado por: Samaniego, José, 2022

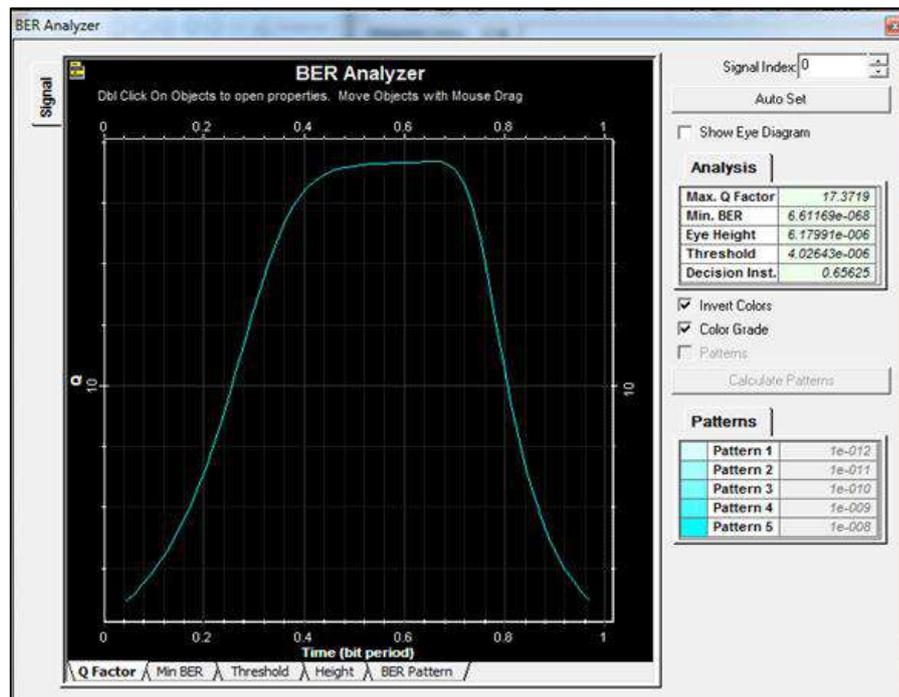
### 3.3.2 Factor Q (factor de calidad)

Para el análisis del Factor Q y el BER se utilizó la herramienta de visualización BER Analyzer del software, mismo que presenta los resultados a la salida del Rx referentes al usuario más cercano y lejano de toda la zona urbana de la ciudad de Guaranda. Estos parámetros técnicos muestran en graficas el comportamiento del enlace al exponerse a factores que reducen la calidad de la señal como son la atenuación, dispersión y efectos no lineales que afectan directamente la comunicación por fibra óptica.

Según el estándar ITU G.987.2, el factor de calidad mínimo de la red debe ser igual o mayor a 6, el BER debe ser menor a  $1 \times 10^{-10}$  para audio/datos y  $1 \times 10^{-12}$  para video.

#### 3.3.2.1 Factor de calidad del usuario más cercano

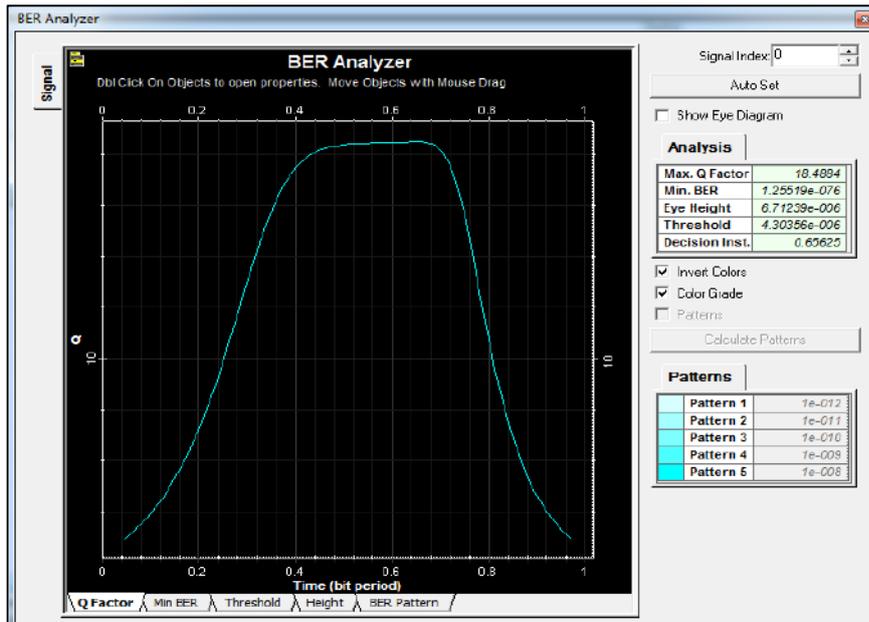
De acuerdo con la figura 10-3, obtenida para el usuario más cercano perteneciente a la Zona 1 a una distancia de 0,1 Km de toda la ciudad de Guaranda, muestra que el factor de calidad máximo referente al servicio de audio/datos es de 17,371 que indica una inferior cantidad de pérdidas por atenuación o dispersión a la potencia proporcionada por la OLT.



**Figura 10-3:** Factor Q del usuario más cercano del receptor de audio/datos

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La figura 11-3, indica el parámetro de calidad de servicio del receptor de video, donde el factor de calidad máximo del sistema es de 18,488.

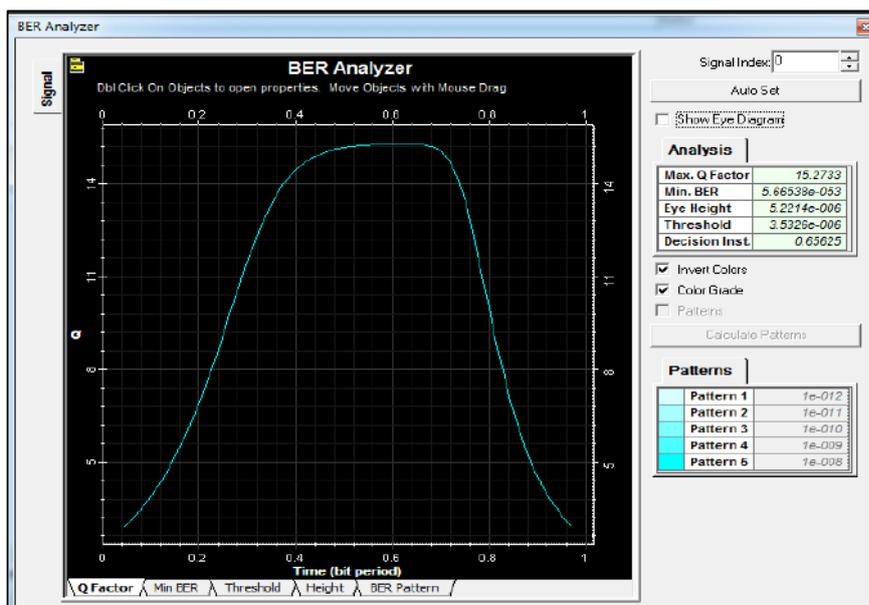


**Figura 11-3:** Factor Q del usuario más cercano del receptor de video

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

### 3.3.2.2 Factor de calidad del usuario más lejano

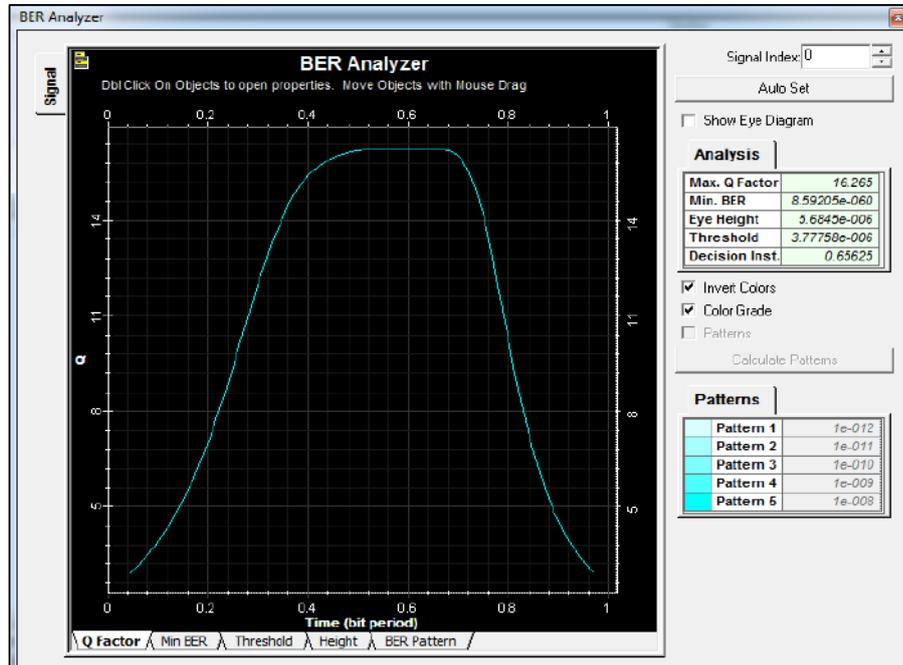
El usuario más lejano de toda la zona urbana de la ciudad de Guaranda está a 1,83 Km de la OLT específicamente en la Zona 3. La figura 12-3, muestra el resultado referente a la calidad de servicio del receptor audio/datos, donde el factor de calidad máximo del sistema es de 15,273 haciendo referencia a que es una baja cantidad de pérdidas por atenuación o dispersión a la potencia proporcionada por la OLT.



**Figura 12-3:** Factor Q del usuario más lejano del receptor de audio/datos

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La figura 13-3, muestra el parámetro de calidad de servicio del receptor de video que es de 16,265 de tal manera que está dentro de la norma ITU-T G.987.2.



**Figura 13-3:** Factor Q del usuario más lejano del receptor de video

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 3.3.2.3 Factor de calidad del resto de usuarios en cada zona

En forma general la tabla 5-3, muestra el Factor de calidad (Q) de cada uno de los usuarios más cercanos y lejanos de su respectiva zona, tanto para audio/datos como para video.

**Tabla 5-3:** Valores del Factor de calidad (Q) del usuario más cercano y lejano de cada zona

Zona	Usuario	Distancia	Factor de calidad (Q)	
			Audio/datos	Video
1	Más cercano	0,1 Km	17,371	18,488
	Más lejano	0,56 Km	16,775	17,8814
2	Más cercano	0,26 Km	17,178	18,2849
	Más lejano	1,4 Km	15,772	16,794
3	Más cercano	0,51 Km	16,864	17,952
	Más lejano	1,83 Km	15,273	16,265
4	Más cercano	0,34 Km	17,076	18,177
	Más lejano	1,19 Km	16,022	17,059

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

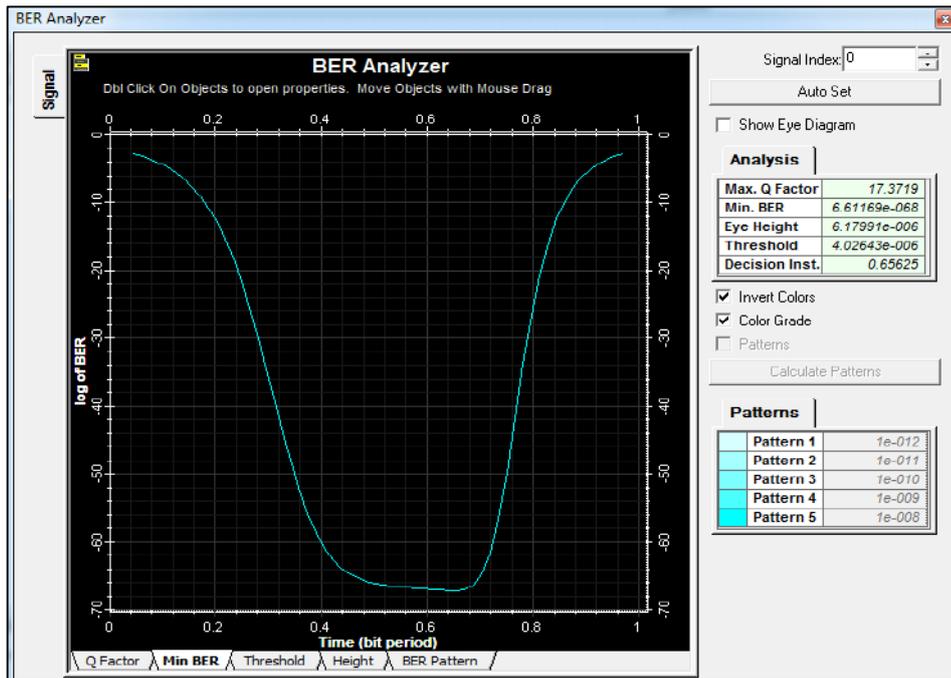
### 3.3.3 Mínimo BER

Un parámetro de consideración para un buen rendimiento al igual que el factor de calidad, es la tasa de error de bits mínima, debido a que se puede determinar el número de bits erróneos que se tienen por bits transmitidos, su resultado debe ser igual o menor a  $1 \times 10^{-10}$  lo que es equivalente a que se genere un bit errado de 10000 millones de bits transmitidos y recibidos.

A continuación, se describe los valores obtenidos para el usuario más cercano y lejano del sector de estudio, además de que la tabla 6-3, detalla los resultados obtenidos del BER para casa zona con su respectivo usuario.

### 3.3.3.1 Mínimo BER del usuario más cercano

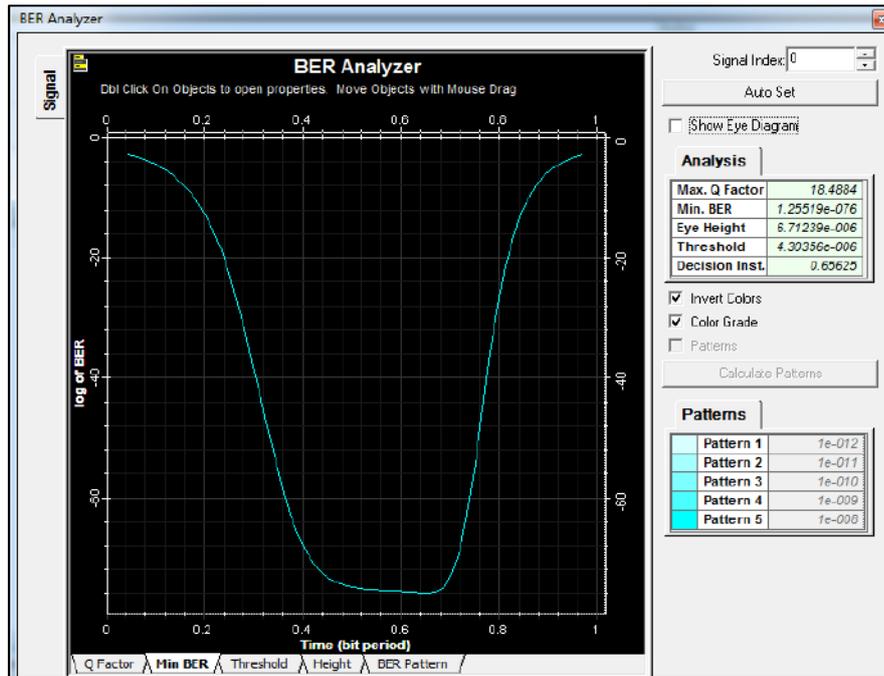
La figura 14-3, detalla los valores del BER obtenidos del usuario más cercano de toda la zona de estudio, respecto al receptor de audio/datos con un valor de  $6,611 \times 10^{-68}$  como mínimo BER, teniendo así 6 bits dañados de cada  $1 \times 10^{-68}$  bits transferidos.



**Figura 14-3:** Mínimo BER del usuario más cercano del receptor de audio/datos

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La figura 15-3, indica el mínimo BER del receptor de video que es de  $1,255 \times 10^{-76}$ , es decir que se tiene 1,255 bits en una trama que posiblemente puede llegar con error al receptor por cada  $1 \times 10^{-76}$  bits transmitidos.

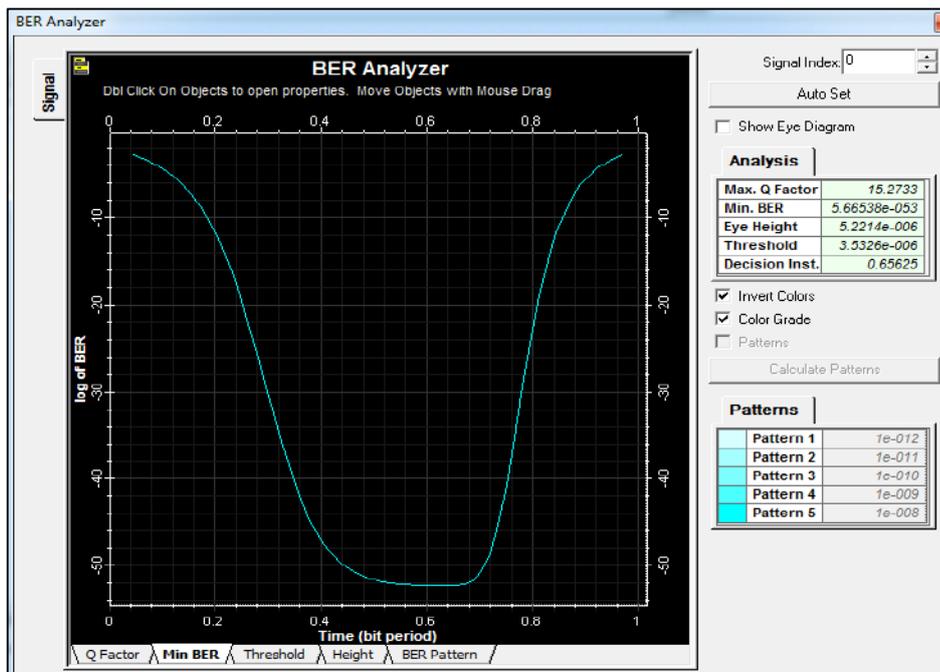


**Figura 15-3:** Mínimo BER del usuario más cercano del receptor de video

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 3.3.3.2 Mínimo BER del usuario más lejano

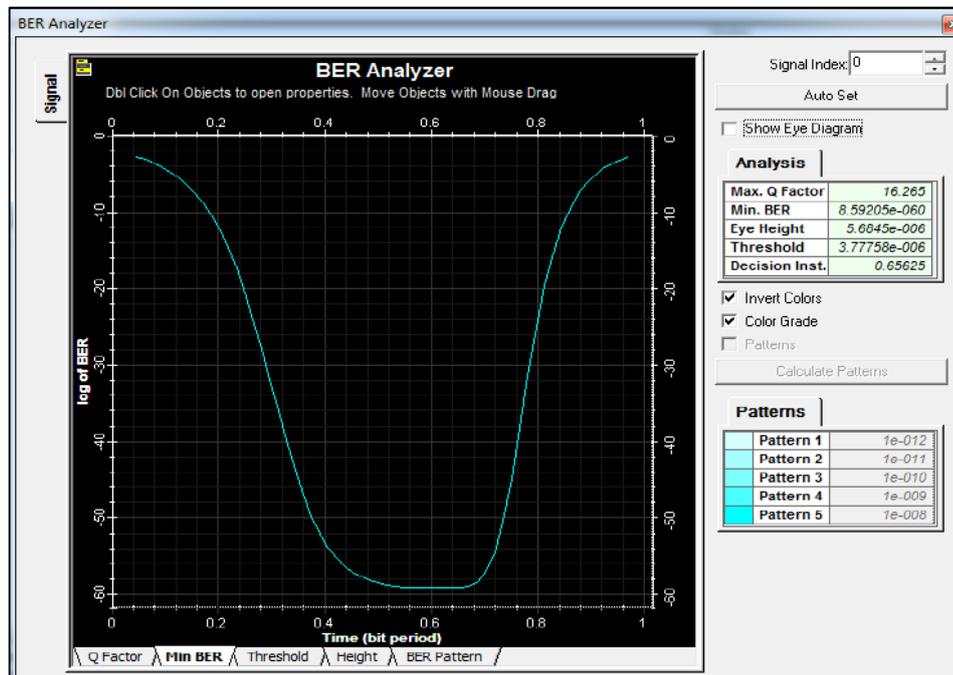
El usuario más lejano está a una distancia de 1,83 Km de la ubicación de la OLT. La figura 16-3, indica los valores del mínimo BER que es de  $5,66538 \times 10^{-53}$ , es decir que se puede esperar 5 bits erróneo por cada  $1 \times 10^{-53}$  bits transmitidos.



**Figura 16-3:** Mínimo BER del usuario más lejano del receptor de audio/datos

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La figura 17-3, indica el mínimo BER del receptor de video que es de  $8,592 \times 10^{-60}$ , es decir que se tiene 8,592 bits en una trama que posiblemente puede llegar con error al receptor por cada  $1 \times 10^{-60}$  bits transmitidos.



**Figura 17-3:** Mínimo BER del usuario más lejano del receptor de video

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 3.3.3.3 Mínimo BER del resto de usuarios en cada zona

La tabla 6-3, muestra los valores del mínimo BER de cada usuario de su respectiva zona, y se puede ver que al igual que el Factor Q los valores del mínimo BER obtenidos en la simulación son óptimos en comparación a lo establecido en la norma ITU G.987.2 tanto para recepción de audio/datos y video.

**Tabla 6-3:** Valores del mínimo BER del usuario más cercano y lejano de cada zona

Zona	Usuario	Distancia	BER	
			Audio/datos	Video
1	Más cercano	0,1 Km	$6,611 \times 10^{-68}$	$1,255 \times 10^{-76}$
	Más lejano	0,56 Km	$1,250 \times 10^{-63}$	$8,082 \times 10^{-72}$
2	Más cercano	0,26 Km	$1,877 \times 10^{-66}$	$5,353 \times 10^{-75}$
	Más lejano	1,4 Km	$2,371 \times 10^{-56}$	$1,311 \times 10^{-63}$
3	Más cercano	0,51 Km	$4,054 \times 10^{-64}$	$2,270 \times 10^{-72}$
	Más lejano	1,83 Km	$5,665 \times 10^{-53}$	$8,592 \times 10^{-60}$
4	Más cercano	0,34 Km	$1,082 \times 10^{-65}$	$3,839 \times 10^{-74}$
	Más lejano	1,19 Km	$4,382 \times 10^{-58}$	$1,451 \times 10^{-65}$

Realizado por: Samaniego, José, 2022

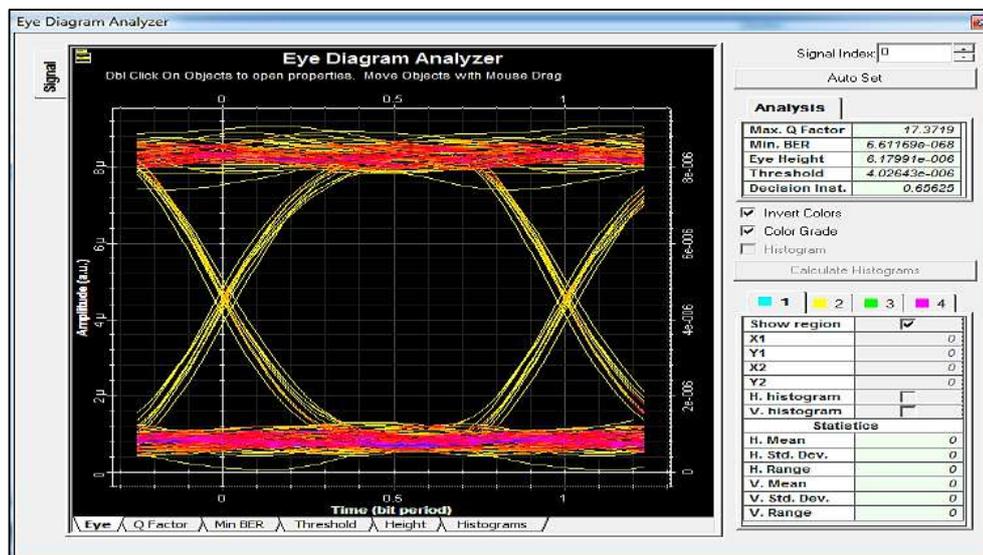
### 3.3.4 Diagrama de ojo

El diagrama de ojo es uno de los puntos necesarios para poder medir el desempeño del enlace, mediante la observación de los pulsos del tipo NRZ producidos en el transmisor, que se propaga mediante el medio que es la fibra óptica, en donde el eje X representa el tiempo en que se produce la apertura y cierre del ojo mientras que el eje Y es el nivel de amplitud de la señal, produciendo así lo que se denomina como Bit Period que muestra que entre menor sea la apertura del ojo más deficiente será el desempeño del sistema a causa de la existencia de jitter.

A continuación, se indican los valores resultantes de la simulación mediante la herramienta Eye Diagram Analyzer del OptiSystem del usuario más cercano y lejano de toda la zona urbana de la ciudad de Guaranda.

#### 3.3.4.1 Diagrama de ojo del usuario más cercano

De toda la zona urbana de la ciudad de Guaranda el usuario más cercano está a 0,1 Km de la OLT. La figura 18-3, muestra el diagrama de ojo del receptor de audio/datos, según la simulación del OptiSystem el factor Q máximo del sistema es de 17,371, donde el mínimo BER que posee es de  $6,611 \times 10^{-68}$  por lo cual se espera 6 bits erróneos por cada  $1 \times 10^{-68}$  bits transmitidos y la altura del ojo es de  $6,179 \times 10^{-6}$  lo que constata que los bits se están transmitiendo sin ninguna interferencia, debido a que el uno lógico está alrededor de  $7 \times 10^{-6}$  y que los cruces de pulsos se dan precisamente entre 0 y 1, por lo que el jitter es nulo.

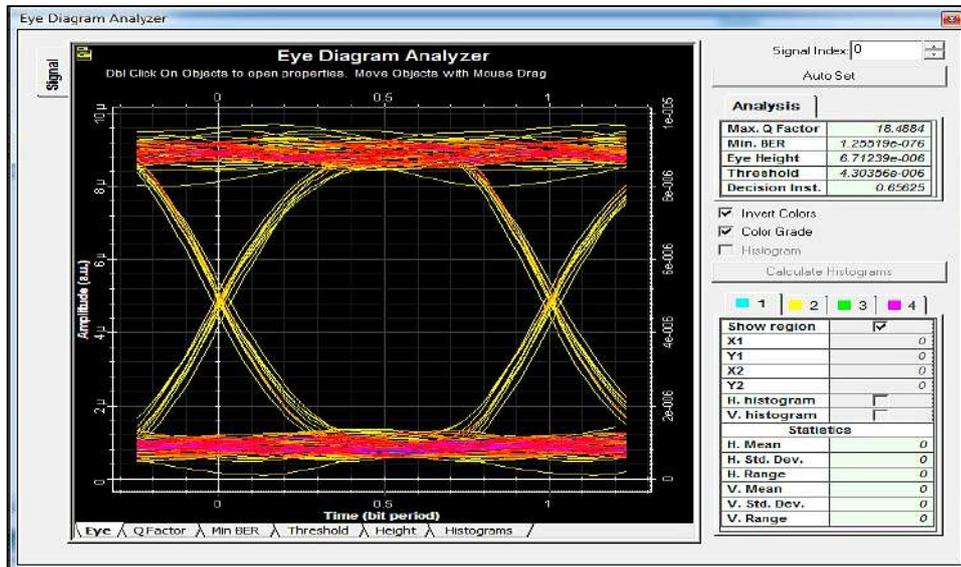


**Figura 18-3:** Diagrama de ojo del usuario más cercano del receptor de audio/datos

Realizado por: Samaniego, José, 2022

En la figura 19-3, se observa el diagrama de ojo del receptor de video, donde se detalla el factor de calidad máximo del sistema que es de 18,488, con un BER mínimo de  $1,255 \times 10^{-76}$

presentando así 1 bit dañado de cada  $1 \times 10^{-76}$  bits transmitidos y la altura del ojo es de  $6,712 \times 10^{-6}$ , mostrando que no hay interferencia por ende el jitter es nulo.

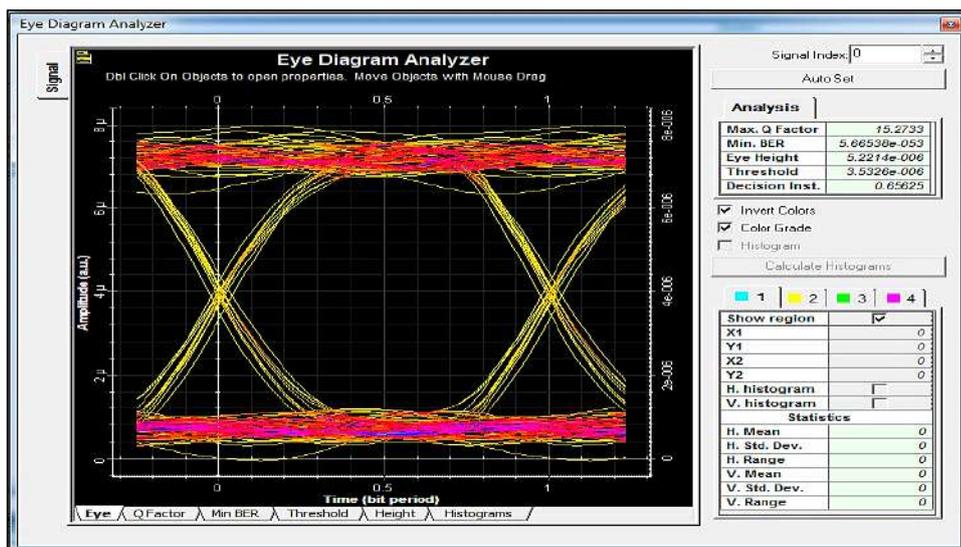


**Figura 19-3:** Diagrama de ojo del usuario más cercano del receptor de video

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 3.3.4.2 Diagrama de ojo del usuario más lejano

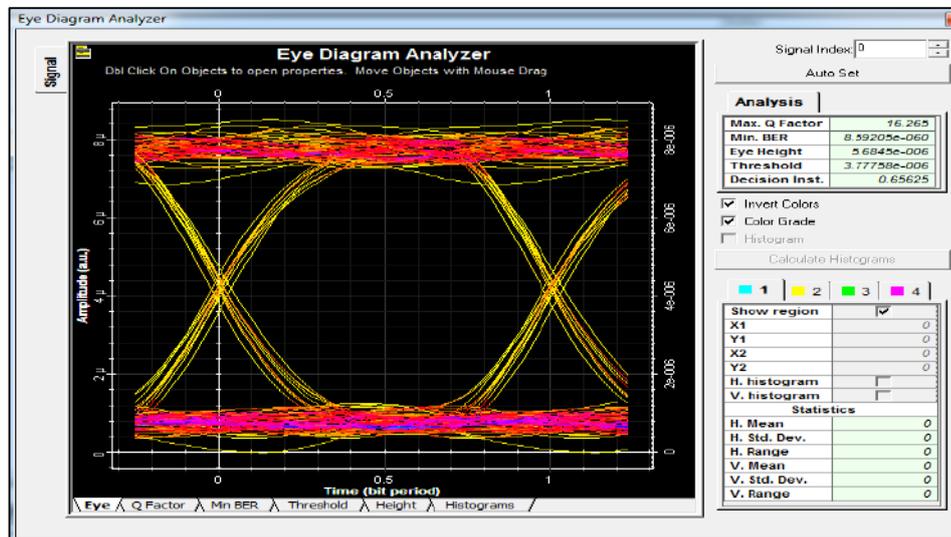
La figura 20-3, muestra el diagrama de ojo del receptor de audio/datos, según la simulación del OptiSystem el factor Q máximo del sistema es de 15,273, donde el mínimo BER que posee es de  $5,665 \times 10^{-53}$  por lo cual se espera 5 bits erróneos por cada  $1 \times 10^{-53}$  bits transmitidos y la altura del ojo es de  $5,221 \times 10^{-6}$  lo que comprueba que no hay interferencia, además que los cruces de los pulsos ocurren exactamente entre 0 y 1, por lo cual el jitter es nulo.



**Figura 20-3:** Diagrama de ojo del usuario más lejano del receptor de audio/datos

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La figura 21-3, se observa el diagrama de ojo del receptor de video, donde se detalla el factor de calidad máximo del sistema es de 16,265, con un BER mínimo de  $8,592 \times 10^{-60}$  considerando así tener 8 bits dañados por cada  $1 \times 10^{-60}$  bits transmitidos y la altura del ojo es de  $5,684 \times 10^{-6}$ , mostrando que no hay interferencia por ende el jitter es nulo.



**Figura 21-3:** Diagrama de ojo del usuario más lejano del receptor de video

Realizado por: Samaniego, José, 2022

### 3.3.4.3 Valores de altura del ojo del resto de usuarios en cada zona

La tabla 7-3, detalla el parámetro de altura de ojo de cada uno de los usuarios de su respectiva zona tanto de audio/datos como video.

**Tabla 7-3:** Parámetros de altura de ojo del usuario más cercano y lejano de cada zona

Zona	Usuario	Distancia	Altura de ojo	
			Audio/datos	Video
1	Más cercano	0,1 Km	$6,179 \times 10^{-6}$	$6,712 \times 10^{-6}$
	Más lejano	0,56 Km	$5,912 \times 10^{-6}$	$6,425 \times 10^{-6}$
2	Más cercano	0,26 Km	$6,086 \times 10^{-6}$	$6,612 \times 10^{-6}$
	Más lejano	1,4 Km	$5,447 \times 10^{-6}$	$5,927 \times 10^{-6}$
3	Más cercano	0,51 Km	$5,941 \times 10^{-6}$	$6,456 \times 10^{-6}$
	Más lejano	1,83 Km	$5,221 \times 10^{-6}$	$5,684 \times 10^{-6}$
4	Más cercano	0,34 Km	$6,039 \times 10^{-6}$	$5,561 \times 10^{-6}$
	Más lejano	1,19 Km	$5,560 \times 10^{-6}$	$6,048 \times 10^{-6}$

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

Al terminar con el análisis de estos 4 parámetros técnicos que determinan la calidad de la señal que toman las ONTs, se demuestra que cada uno de los resultados obtenidos de las simulaciones del *software* OptiSystem, tanto para el usuario más cercano y más lejano del sector cumplen con la recomendación ITU-T G.987.2 donde la potencia de recepción no rebasa la sensibilidad del receptor de -28 dBm, el Factor Q debe ser mayor a 6 y el BER inferior a  $1 \times 10^{-10}$ , además de la calidad de la transmisión de video con un BER menor a  $1 \times 10^{-12}$ , concluyendo así que la red

propuesta es viable y factible para ser implementada en la zona urbana de la ciudad de Guaranda garantizando así el servicio Triple Play a cada usuario.

### 3.4 Factibilidad técnica

Para determinar la factibilidad técnica de la red de servicio triple play, se ocupó los rangos de aceptación de los parámetros de transmisión según la normativa ITU-T G.987.2 como se muestra en la tabla 8-3.

**Tabla 8-3:** Valores Óptimos según lo estipulado en la recomendación ITU G.987.x

Parámetros	Valor
Potencia de transmisión; Clase N2	4 dBm a 8 dBm
Sensibilidad de recepción; Clase N2	-28 dBm a -8 dBm
Factor Q	$\geq 6$
BER	audio/datos $< 1 \times 10^{-10}$ ; video $< 1 \times 10^{-12}$
Diagrama del Ojo	Inexistencia de desfases que degraden la señal en el receptor

Fuente: ITU-T G.987.2, 2016

Realizado por: Samaniego, José, 2022

En la tabla 9-3 y tabla 10-3 se observa claramente los resultados calculados y simulados del usuario más cercano y más lejano de cada zona.

**Tabla 9-3:** Comparación de la potencia obtenida según la normativa ITU-T G.987.2

PARÁMETRO ITU G.987.2	ZONA	CALCULADOS		SIMULADOS	
		Cercano	Lejano	Cercano	Lejano
$P_{tx} = 4 \text{ dBm a } 8 \text{ dBm}; \text{Clase N2.}$	1	5 dBm	5 dBm	5,21 dBm	5,21 dBm
	2	5 dBm	5 dBm	5,21 dBm	5,21 dBm
	3	5 dBm	5 dBm	5,21 dBm	5,21 dBm
	4	5 dBm	5 dBm	5,21 dBm	5,21 dBm
$P_{rx} = -28 \text{ dBm a } -8 \text{ dBm}; \text{Clase N2.}$	1	-24,14 dBm	-24,32 dBm	-24,140 dBm	-24,302 dBm
	2	-24,21 dBm	-24,66 dBm	-24,197 dBm	-24,596 dBm
	3	-24,31 dBm	-24,84 dBm	-24,285 dBm	-24,747 dBm
	4	-24,34 dBm	-24,56 dBm	-24,225 dBm	-24,522 dBm

Realizado por: Samaniego, José, 2022

**Tabla 10-3:** Comparación de los parámetros técnicos de transmisión de la red XG-PON.

Zona	Simulados				ITU G.987.2
	Cercano		Lejano		
	Audio/Datos	Video	Audio/Datos	Video	
1	17,371	18,488	16,775	17,814	Factor Q $\geq 6$
2	17,178	18,2849	15,772	16,794	
3	16,864	17,952	15,273	16,265	
4	17,076	18,177	16,022	17,059	
1	$6,611 \times 10^{-68}$	$1,255 \times 10^{-76}$	$1,250 \times 10^{-63}$	$8,082 \times 10^{-72}$	BER(audio/datos) $< 1 \times 10^{-10}$ ; BER(video) $< 1 \times 10^{-12}$
2	$1,877 \times 10^{-66}$	$5,353 \times 10^{-75}$	$2,371 \times 10^{-56}$	$1,311 \times 10^{-63}$	
3	$4,054 \times 10^{-64}$	$2,270 \times 10^{-72}$	$5,665 \times 10^{-53}$	$8,592 \times 10^{-60}$	
4	$1,082 \times 10^{-65}$	$3,839 \times 10^{-74}$	$4,382 \times 10^{-58}$	$1,451 \times 10^{-65}$	
1	$6,179 \times 10^{-6}$	$6,712 \times 10^{-6}$	$5,912 \times 10^{-6}$	$6,425 \times 10^{-6}$	Altura del ojo $< 7 \times 10^{-6}$
2	$6,086 \times 10^{-6}$	$6,612 \times 10^{-6}$	$5,447 \times 10^{-6}$	$5,927 \times 10^{-6}$	
3	$5,941 \times 10^{-6}$	$6,456 \times 10^{-6}$	$5,221 \times 10^{-6}$	$5,684 \times 10^{-6}$	
4	$5,941 \times 10^{-6}$	$5,561 \times 10^{-6}$	$5,560 \times 10^{-6}$	$6,048 \times 10^{-6}$	

Realizado por: Samaniego, José, 2022

Mediante el análisis comparativo de los parámetros técnicos de transmisión, se determinó que los valores calculados y simulados, están dentro del rango óptimo de la capa física ITU G.987.2 Clase N2, además los equipos activos y pasivos seleccionados cumplen con los requerimientos necesarios para soportar este tipo de red, determinado así la factibilidad técnica de la red XG-PON para brindar servicio triple play en la zona urbana de la ciudad de Guaranda.

### 3.4.1 Análisis comparativo entre los estándares ITU G984.X(GPON) e ITU G987.X

Para ratificar los resultados obtenidos de los parámetros técnicos de transmisión como potencia de recepción y calidad de servicio de la tecnología XG-PON son mejores que su antecesora, se utilizó los datos de titulación de la Ing. Jenny Sani Dominguez, el cual consistía en el diseño y evaluación de una red FTTH utilizando el estándar G984.X para la zona urbana del cantón Pelileo de la provincia de Tungurahua.

La tabla 11-3 indica los parámetros de simulación de los dos diseños de red FTTH.

**Tabla 11-3:** Parámetros técnicos de comparación entre la red GPON y XG-PON

Parámetro	Diseño de red GPON	Diseño de red XG-PON
Normativa	ITU-T G.984.2	ITU-T G.987.2
Longitud de onda	Upstream: 1310 nm Downstream: 1490 nm Video RF: 1550 nm	Upstream: 1270 nm Downstream: 1577 nm Video RF: 1550 nm
Clase	B +	N2
Potencia de la OLT	8 dBm	5 dBm
Sensibilidad de la ONT	-28 dBm	-28 dBm
Relación de división de potencia	1:32	1:128

Fuente: Sani J., 2017, p.64

Realizado por: Samaniego, José, 2022

#### 3.4.1.1 Presupuesto de pérdidas y balance de potencias

La tabla 12-3, indica una síntesis de las pérdidas totales del usuario más cercano y más lejano de cada zona de la red analizada en la zona urbana del cantón Pelileo.

**Tabla 12-3:** Presupuesto óptico de las NAPs más distantes.

Zona	Distancia de la OLT (Km)	Atenuación (dB)
1	0,21	24,67
2	0,115	24,64
3	0,19	24,67
4	0,9	24,92
5	1,855	25,25

Fuente: Sani J., 2017, p.66

Realizado por: Samaniego, José, 2022

Al analizar estos datos, la atenuación que es recibida por el usuario más distante de cada zona es inferior a los resultados de la red XG-PON de la tabla 35-2, sin embargo, es ocasionado porque GPON presenta una relación de división de potencia de splitter de hasta 32 clientes por puerto de

la OLT, mientras que en XG-PON hay como otorgar un servicio simultaneo de 128 clientes, generando más pérdidas para el usuario, pero no afectara al servicio. La red GPON uso para el presupuesto óptico la clase B+, con un rango de pérdidas de 13 a 18 dB, mientras que XG-PON al utilizar la clase N2, permite que la ONT reciba atenuaciones entre 16 a 31 dB.

La tabla 13-3, muestra la potencia promedio recibida del usuario más lejano de cada zona.

**Tabla 13-3:** Atenuación promedio de cada zona.

Zona	Transmisión			Distribución			Dispersión		
	In	Out	% Perdida	In	Out	% Perdida	In	Out	% Perdida
1	8	7,78	2,74	7,78	-23,31	97,15	-23,31	-23,33	0,11
2	8	7,71	3,63	7,71	-23,38	96,26	-23,38	-23,40	0,11
3	8	7,76	2,97	7,76	-23,33	96,92	-23,33	-23,35	0,10
4	8	7,47	6,60	7,47	-23,37	93,29	-23,37	-23,64	0,11
5	8	7,67	4,17	7,67	-23,42	95,72	-23,42	-23,45	0,10

Fuente: Sani J., 2017, pp. 68-69

Realizado por: Samaniego, José, 2022

La potencia de recepción de la ONT de la red GPON está alrededor de -23 dBm, mientras que los resultados de potencia de la red XG-PON es de hasta -24 dBm, debido a que la red GPON fue diseñada usando la clase B+ cuya potencia de transmisión mínima es de 8 dBm, mientras que la red 10G-PON al usar la clase N2, se debe aplicar una potencia entre 4 a 8 dBm, por lo que el usuario recibe menor potencia, sin embargo, continúa siendo mayor a la sensibilidad del receptor.

### 3.4.1.2 Parámetros de calidad de servicio

La tabla 14-3, muestra el factor de calidad y probabilidad de error de bit de usuario más cercano y más lejano de la red GPON.

**Tabla 14-3:** Factor de calidad y Probabilidad de error de bit de las NAPs.

Parámetro	Zona	Cercano	Lejano	Diferencia	% Diferencia
Factor Q	1	13,83	12,47	1,64	12,18
	2	14,12	13,75	1,63	11,85
	3	12,79	12,1	2,31	17,63
	4	12,76	12,37	-0,39	-3,15
	5	11,85	10,59	-1,26	-11,9
BER	1	1,34E-27	1,18E-36	-1,34E-27	-1,14E+11
	2	4,34E-29	2,64E-38	-4,34E-29	-1,64E+11
	3	1,99E-22	1,74E-35	-1,99E-22	-1,14E+14
	4	1,45E-32	1,86E-30	1,85E-30	9,92E+01
	5	1,04E-27	1,74E-21	1,74E-21	1,00E+02

Fuente: Sani J., 2017, pp.72-73

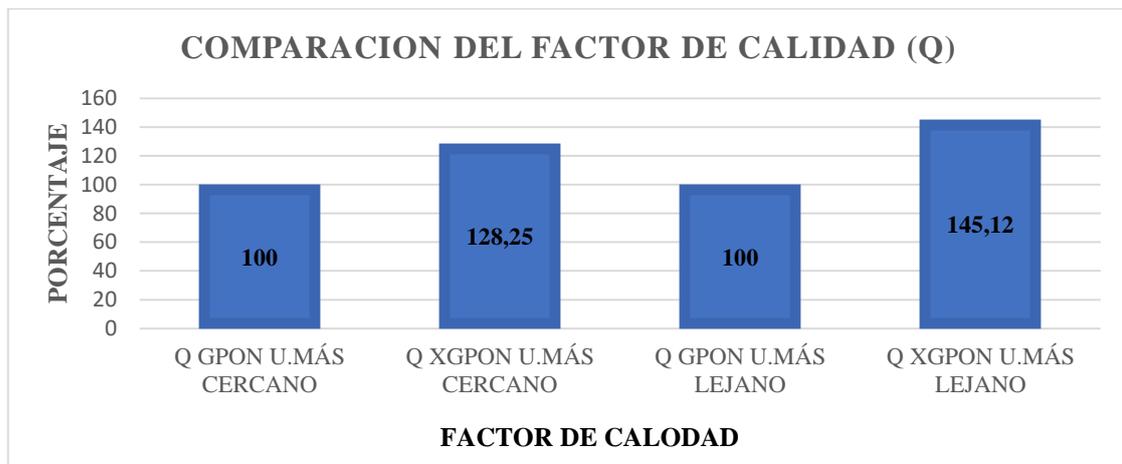
Realizado por: Samaniego, José, 2022

Como se puede ver, el usuario más cercano de la zona 2 posee un mayor factor Q del enlace con 14.12, mientras que el usuario más lejano de la misma zona tiene el menor BER de  $2,64 \times 10^{-38}$ . Según la tabla 5-3 y tabla 6-3 del usuario más cercano de la zona 1 posee un factor Q de 18,49 y

un BER de  $1,255 \times 10^{-76}$ . Con estos resultados se confirma que la red XG-PON entrega una calidad de servicio por encima a GPON debido a su mayor transferencia de datos de 10 Gbps.

### 3.4.1.3 Comparación porcentual

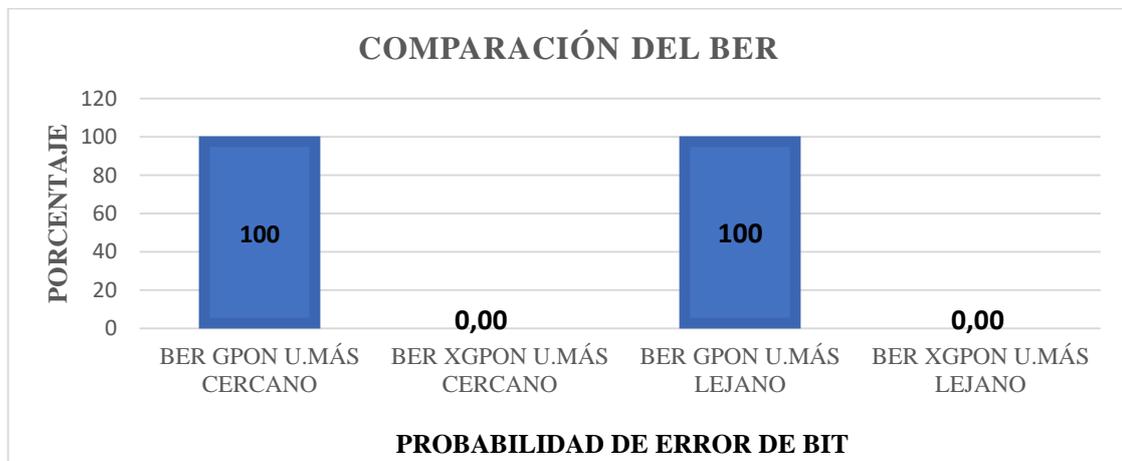
Mediante un diagrama de barras como se observa en el gráfico 1-3, se representó la mejora en porcentaje del factor de calidad de la tecnología GPON y XG-PON, donde para el usuario más cercano aumenta en un 16,13% y para el usuario más lejano un 42,92% en función a la calidad de servicio. Respaldando así que toda el área de cobertura poseerá un correcto funcionamiento.



**Gráfico 1-3:** Comparación porcentual del factor Q de GPON y XG-PON

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

En el gráfico 2-3 se observa la mejora en porcentaje del BER de la tecnología GPON contra la XG-PON. Para el usuario más cercano y más lejano disminuye en un 100% la probabilidad de que un bit sea enviado de manera errónea, por lo que se respalda que la tecnología XG-PON fue diseñada para mejorar estos parámetros técnicos de calidad de transmisión.



**Gráfico 2-3:** Comparación porcentual del BER de la red GPON y XG-PON

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

### 3.5 Factibilidad económica

Esta sección del capítulo III, presenta el presupuesto básico de todos los equipos activos y pasivos de conforman la red, además de los valores de instalación de la red feeder, red de distribución y de la red de dispersión.

- Costos de equipos activos de la red como se indica en la tabla 15-3.
- Costos de equipos pasivos de la red como se muestra en la tabla 16-3.
- Costo de instalación de cable de fibra óptica y mano de obra se muestra en la tabla 17-3
- Presupuesto referencial total de la red como se indica en la tabla 18-3.

**Tabla 15-3:** Costo del equipamiento activo

Ítem	Equipo	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
1	Huawei OLT, MA5800-X17	Unidad	1	\$35073,46	\$35.073,46
2	Tarjeta de Servicio H90LXGSF	Unidad	2	\$1990	\$3.980
3	Huawei ONT, HN8M038055Q	Unidad	920	\$70	\$64.400
Total					\$103.453,46

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

**Tabla 16-3:** Costo del equipamiento pasivo

Ítem	Equipo	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
1	ODF marca TYCO ELECTRONICS	Unidad	1	\$305,60	\$305,60
2	RACK marca TYCO ELECTRONICS	Unidad	1	\$550	\$550
3	Splitter 1:8 marca Huawei	Unidad	8	\$168	\$1344
4	Splitter 1:16 marca Huawei	Unidad	58	\$255	\$14.790
5	Maga tipo Domo (GJS03-M8AX-JX-144D)	Unidad	4	\$75	\$300
6	NAP (JFOPP-PDB0216)	Unidad	58	\$46,83	\$2.716,14
7	Fibra Óptica (ADSS 96 hilos) OC-ADSS-96C-S100/4KM	Metros	1 bobina	\$2094,40	\$2094,40
8	Fibra Óptica (ADSS 48 hilos) OC-ADSS-48C-S100/4KM	Metros	3 bobinas	\$ 1800	\$5.400
9	Cable Drop interior (Monomodo. G.657.A1) Bobina de 200 metros	Metros	5 bobinas	\$900	\$4.500
10	Patchcord SC/APC marca OPTYTECH	Unidad	920	\$12\$	\$11040
11	Roseta Óptica marca OPTYTECH	Unidad	920	\$4,50	\$4140
Total					\$47.180,14

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

**Tabla 17-3:** Costo de instalación de fibra óptica y mano de obra

Ítem	Equipo	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
1	Tendido de cable de fibra óptica	Metros	18000	\$0,60	\$10,800
2	Armado de ODF, cada de interconexión o caja terminal	Unidad	1	\$15	\$15
3	Fusión hilo de FO	Unidad	24	\$15	\$360
Total					\$11,175

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

**Tabla 18-3:** Presupuesto referencial total de la red

Ítem	Descripción	Precio
1	Equipamiento activo	\$103.453,46
2	Equipamiento pasivo	\$47.180,14
3	Instalación de cable de fibra óptica y mano de obra.	\$11.175
	Subtotal, Sin IVA	\$161.808,60
	IVA(12%)	\$19.417,03
	<b>Total</b>	\$181.225,63

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

### 3.5.1 Indicadores para la evaluación del proyecto

**Tabla 19-3:** Presupuesto referencial del proyecto

Ítem	Descripción	Precio
1	Equipamiento activo	\$103.453,46
2	Equipamiento pasivo	\$47.180,14
3	Instalación de cable de fibra óptica y mano de obra.	\$11.175
	<b>Total, incluido IVA</b>	\$181.225,63

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

La tabla 19-3, muestra los costos finales presupuestados para el desarrollo del proyecto.

**Tabla 20-3:** Presupuesto de pagos de servicios triple play

Ítem	Descripción	Mensual	Anual
1	Pago del servicio triple play 50 Megas residencial (USD \$43,53/460)	\$5.658,90	\$67906,80
2	Pago del servicio triple play 70 Megas profesional (USD \$56,63/230)	\$1.811,84	\$21742,08
3	Pago del servicio triple play 100 Megas empresarial (USD \$67,82/230)	\$2.170,24	\$26042,88
	<b>Total</b>	\$9649,98	\$115.691,76

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

La tabla 20-3, establece los valores de flujo de caja, para 1854 usuarios totales repartidos en clientes por hogar, profesional y empresarial.

**Tabla 21-3:** Flujo de caja proyectado

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Inversión	181225,63					
Materiales						
Equipamiento activo	103453,46					
Equipamiento pasivo	47180,14					
Instalación de cable de fibra óptica y mano de obra	11.175					
Ingresos						
Ingresos por servicio triple play 50 megas residencial (\$ 43,53/460)	67906,8	67906,8	67906,8	67906,8	67906,8	67906,8
Ingresos por servicio triple play 70 megas residencial (\$ 56,63/230)	21742,08	21742,08	21742,08	21742,08	21742,08	21742,08
Ingresos servicios triple play 100 megas empresarial (\$67,82/230)	26042,88	26042,88	26042,88	26042,88	26042,88	26042,88
Total, ingresos	115691,76	115691,76	115691,76	115691,76	115691,76	115691,76
Sueldo técnico externo	6600	6600	6600	6600	6600	6600
Sueldo soporte interno	8640	8640	8640	8640	8640	8640
Sueldo gerente	12000	12000	12000	12000	12000	12000
Sueldo administrativo (contador/recepcionista)	8400	8400	8400	8400	8400	8400
Costos de operación y mantenimiento	9890	9890	9890	9890	9890	9890
Total, costos		45530	45530	45530	45530	45530
Flujo generado	-181225,63	70161,76	70161,76	70161,76	70161,76	70161,76
Recuperación de inversión		107202,93	177364,69	247526,45	317688,21	387849,97

Realizado por: Samaniego, José, 2022.

La tabla 21-3, muestra a detalle el flujo de caja proyectado para 5 años, el cual se emplea para el cálculo de los indicadores financieros.

### 3.5.1.1 VAN

Es el resultado monetario de restar la inversión inicial con la suma de flujos descontados, el VAN es el método más conocido y aceptado que mide la rentabilidad del proyecto en valores monetarios que exceden a la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. El cálculo se lo hace de todos los flujos futuros proyectados a partir del primer periodo de operación y restando la inversión total.

- Un VAN negativo, el proyecto debe ser apartado.
- Un VAN positivo, el proyecto es elaborable.
- Un VAN similar a cero, la inversión en recursos no producirá ganancias ni valores en contra.

Si el flujo de caja neto es constante el VAN se lo calcula con la ecuación 18-2.

$$VAN = -I_0 \sum_{t=1}^N \frac{F_e}{(1+i)^n}$$

**Ecuación 1-3**

Donde:

- $F_e$ : Flujo esperado de caja.
- $I_0$ : Denominación inicial.
- $n$ : Periodo considerado.
- $i$ : Valor de descuento.

Es dato de interés se obtuvo de la página del Banco Central del Ecuador, con un monto de 12%.

$$VAN = -I + \frac{F_e}{(1+i)^1} + \frac{F_e}{(1+i)^2} + \frac{F_e}{(1+i)^3} + \frac{F_e}{(1+i)^4} + \frac{F_e}{(1+i)^5}$$

$$VAN = -181225,63 + \frac{70161,76}{(1+0,12)^1} + \frac{70161,76}{(1+0,12)^2} + \frac{70161,76}{(1+0,12)^3} + \frac{70161,76}{(1+0,12)^4} + \frac{70161,76}{(1+0,12)^5}$$

$$VAN = -181225,63 + 62644,43 + 55932,53 + 49939,75 + 44589,07 + 39811,67$$

$$VAN = 71691,82$$

### 3.5.1.2 TIR

Es la tasa interna de retorno, o conocida como tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. La forma en cómo opera el TIR es obligando al VAN del proyecto convertirse en cero, por lo que el TIR se compara con la tasa de interés y se acepta todos aquellos que son igual o superior.

- Si la TIR disminuye a la tasa de interés de conformidad, el proyecto es negado.
- Si la TIR supera a la tasa de interés de conformidad, el proyecto aceptable
- Si la TIR es igual a la tasa de conformidad, hay indolencia al proyecto.

El TIR se lo calcula con la ecuación 19-2.

$$VAN = -I_0 \sum_{t=1}^N \frac{F_e}{(1+i)^n}$$

**Ecuación 2-3**

Donde:

- $F_e$ : Flujo esperado de caja.
- $I_0$ : Inversión inicial.

El costo usado para el computo de la tasa de interés es la: inversión inicial de USD\$ 181225,63 en año cero y un flujo de caja de USD\$ 70161,76.

$$0 = -181.225,63 + \frac{70.161,76}{(1+i)^1} + \frac{70.161,76}{(1+i)^2} + \frac{70.161,76}{(1+i)^3} + \frac{70.161,76}{(1+i)^4} + \frac{70.161,76}{(1+i)^5}$$

$$0 = -181.225,63 + 70.161,76 \left[ \frac{1-(1+i)^{-5}}{i} \right]$$

$$\frac{181.225,63}{70.161,76} = \left[ \frac{1-(1+i)^{-5}}{i} \right]$$

$$\left[ \frac{1-(1+i)^{-5}}{i} \right] = 2,583$$

**Si  $i = 26,99\% = 0,2699$**

$$\left[ \frac{1-(1+0,2699)^{-5}}{0,2699} \right] = 2,583$$

**2,583 = 2,583**

De esta manera consideramos que el equipamiento propuesto para este proyecto de red FTTH con tecnología XG-PON para la zona urbana de la ciudad de Guaranda, no solo busca cumplir con los requerimientos de diseño sino brinda la oportunidad de coexistir con tecnologías de siguiente generación.

Adicionalmente en este análisis de factibilidad económico, se evidenció un VAN mayor a cero lo que representa la viabilidad del proyecto y un TIR mucho mayor a la tasa de interés vigente en el mercado, haciendo referencia que la inversión propuesta se recuperará al tercer año y al siguiente existirá ganancias, concluyendo que el proyecto es rentable en caso de ser implementado.

## CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis teórico de las diferentes topologías FTTx, lo que posibilitó seleccionar una arquitectura para la nueva infraestructura de red, optando así por la topología FTTH que brinda el despliegue de la tecnología XG-PON, además de brindar servicio triple play (voz, video y datos) mediante un hilo de fibra óptica hasta los diferentes usuarios de la zona urbana de la ciudad de Guaranda.
- Se analizó la estructura demográfica de la ciudad de Guaranda determinando que existe una tasa de crecimiento poblacional consecutivo de 2,55% desde el año 1962 hasta el último censo realizado en el 2010 por el INEC, cuya densidad poblacional total de los 9 sectores considerados es de 74,53 Hab/Ha y de 20,01 viviendas por área lo que representa el 35% de la población de toda la zona urbana de la ciudad, mediante encuestas a los pobladores de la zona se obtuvo como resultado que están insatisfechos con los servicios de telecomunicaciones que poseen, evidenciando la necesidad de una tecnología nueva con fibra óptica que permita mejores beneficios en la velocidad de transmisión, menor latencia y que los servicios sean de un mismo proveedor.
- Se revisó los estándares vigentes por la unión internacional de telecomunicaciones ITU-T G987.X, para el diseño de la red de planta externa se optó por dos niveles de splitteo, el primer nivel usa splitter de 1:8 y el segundo nivel splitter de 1:16 obteniendo atenuaciones inferiores a 31 dB y un ancho de banda en downstream de 77,76 Mbps cumpliendo con el ancho de banda requerido de 53,3 Mbps para servicios triple play, además de abarcar 128 usuarios por puerto de la OLT, cumpliendo así con los parámetros de la recomendación ITU G.987.2 clase N2.
- Con la simulación hecha en el software OptiSystem versión 17.0 en su versión gratuita, se analizó 4 parámetros que verifican la calidad de transmisión de la red, para la potencia los valores variaron con los calculados de manera teórica en un rango de -0.01 dBm a -0.12 dBm debido a que el software pre-configura ciertos valores de atenuación, en cuanto a los resultados del Factor Q, BER, y diagrama de ojo cumplen de manera óptima con lo establecido por el estándar.
- Se evaluó los resultados producidos por el *software* OptiSystem de la red FTTH/XG-PON para los dos casos más críticos, el primer caso corresponde al usuario más cercano que se encuentra ubicado en la zona 1 a 0.1Km de distancia con la OLT, donde se obtuvo los siguientes

resultados: potencia de recepción de -24,140 dBm, factor Q para el receptor audio/datos y video de 17.371 y 18.488, mínimo BER para el receptor audio/datos y video de  $6,611 \times 10^{-68}$  y  $1,255 \times 10^{-76}$ . Para el segundo caso correspondiente al usuario más lejano ubicado en la zona 3 a 1.83 Km, se obtuvo los siguientes resultados: potencia de recepción de -24,747 dBm, factor Q para el receptor audio/datos y video de 15,273 y 16,265, mínimo BER para el receptor audio/datos y video de  $5,665 \times 10^{-53}$  y  $8.592 \times 10^{-60}$  y el diagrama de ojo para ambos usuarios se asemeja al ideal con un ruido casi nulo, comprobando que los valores tanto calculados de forma teórica como los simulados están dentro de los parámetros de la recomendación ITU G.987.2, afianzando así la viabilidad y factibilidad técnica del correcto funcionamiento de la red propuesta para brindar servicio triple play a todos los usuarios de la zona de estudio.

- Dentro del presupuesto referencial de la red XG-PON se aplicaron indicadores para conocer la viabilidad del proyecto, donde el VAN arrojó un valor positivo de \$ 71691,82 y la TIR= 26,99% cumpliendo con las condiciones de cada método de rentabilidad del proyecto además de recuperar en el tercer año la inversión promedio, corroborando rentabilidad de la implementación del proyecto.

## RECOMENDACIONES

- Conocer todos los temas que involucran el estudio de un sistema de comunicaciones ópticas, antes de ingresar en el proceso de diseño, para evitar encontrarse con problemas que no se haya revisado anteriormente, evadiendo así cambios significativos o retrasos del proyecto.
- Poseer el conocimiento necesario sobre las redes XG-PON con arquitectura FTTH para realizar una correcta elección de los elementos que se usaran en el diseño de la red y los resultados del proyecto cumplan con las especificaciones de la normativa ITU G987.X de versiones actualizadas disponibles en la página oficial de la ITU.
- Antes de llevar a cabo con el diseño lógico y físico de la red, se debe indagar información de fuentes fidedignas sobre la densidad poblacional y el número de viviendas del sector de estudio al que se aspira brindar el servicio triple play, con la finalidad de conocer las necesidades de los usuarios del sector.
- Tener en cuenta el acceso vial y el de red eléctrica de la ciudad de Guaranda para el diseño de la red, debido a que al ser un tendido aéreo se ocupará los postes de alumbrado público donde la fibra óptica seguirá el mismo camino de la red eléctrica obtenidos del GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) Municipal de Guaranda, estos mapas se encuentran actualmente en internet que son actualizados constantemente.
- Se recomienda en el diseño de la red el uso del software Google Earth porque permite el acceso a imágenes satelitales y en 3D del sector de estudio.
- Para la simulación de la red XG-PON se recomienda el software OptiSystem, donde se debe verificar los campos que se pueden editar de cada elemento de la red en base a la topología que se estableció en la metodología, además comprobar los parámetros técnicos de la potencia recibida, BER y diagrama de ojo tanto simulados como los calculados.
- Si se va a implementar la red FTTH es necesario tener en cuenta la verificación de los manuales o datashets técnicos de los equipos activos y pasivos, además de tener precaución al momento de manipular la fibra óptica en la instalación aérea, porque puede existir curvas abruptas en el trayecto del enlace lo que puede ocasionar fallas al servicio.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUSTO DUARTE, M.L. & SEBASTIAB, G.C.F.** Diseño e implementación de un modelo educativo de fibra óptica para desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas [en línea]. 2020, vol. 2017, no. 1, pp. 1-9. [Consulta: 15 mayo 2021]. Disponible en: <https://dspace.uups.edu.ec/handle/123456789/19459?mode=full>.

**ALCIVAR MENDOZA, D.A.** Estudio para la implementación de una red GPON de Telconet S.A en la comunidad de Juan Gómez Rendón (Progreso)[en línea].2015, pp. 162. [Consulta: 18 mayo 2021]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6970/1/Estudio para la Implementacion de una red GPON de Telconet e.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6970/1/Estudio%20para%20la%20Implementacion%20de%20una%20red%20GPON%20de%20Telconet%20e.pdf).

**ALEJANDRO, I.A; & HERNÁN, R.** Análisis del modelado de la tecnología DWDM utilizado técnicas de compensación en comunicaciones ópticas mediante la validación del software optisystem [en línea].2014, pp. 1-125, [Consulta: 22 mayo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13218>.

**BUITRAGO, L; & GOMEZ, O.** Planeación y diseño de una red de acceso por fibra óptica fth para brindar servicios multimedia a comunidades beneficiadas por el fin del conflicto armado.pdf [en línea]. 2018. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13881>.

**CANTOS, W.F.** Diseño de una red de acceso con tecnología vdsl2 para el mejoramiento e implementación de servicio triple play para el edificio PALERMO. Universidad del Azuay, 2008, pp. 1-145. [Consulta: 26 mayo 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6819/1/07260.pdf>

**CARLOS MARCELO LEON ARAUJO.** Análisis y diseño de la red FTTH con tecnología GPON para el ISP TRONCALNET en el cantón cañar [en línea], 2015, vol. 151, pp. 10-17, [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9204>.

**CARRERA-FLORES, A.K.** Diseño de una red de planta externa FTTH con tecnología GPON para la población de Barreiro Nuevo, de la ciudad de Babahoyo, provincia de Los Ríos. [en línea], 2016, vol. 53, no. 9. ISSN 1098-6596. [Consulta: 30 mayo 2021]. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13130/CASO DE ESTUDIO KARINA CARRERA.pdf? sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13130/CASO%20DE%20ESTUDIO%20KARINA%20CARRERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**CASTRO CEBALLOS, C.E.** Diseño de una red de acceso de datos CMTS soportada en la red de transporte DWDM para el sector comercial y residencial de la parroquia urbana Camilo

Andrade de la ciudad de Milagro. Universidad Católica De Santiago De Guayaquil, 2016, pp. 1-125. [Consulta: 30 mayo 2021]. Disponible en: <http://201.159.223.180/handle/3317/6612>.

**CHALÉN, J., CORNEJO, C., EDISON, M; & ROSARIO, D.** Análisis y Diseño de una red de Fibra Óptica FTTH para brindar servicio triple play en el Sector Santiago Roldós Parroquia Ximena de la Ciudad de Guayaquil. [en línea], 2015. [Consulta: 31 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31299>.

**CHAMORRO, O.P.C.** Análisis técnico-económico para la migración de redes de cobre a redes ópticas pasivas en la zona de prioridad a de la Ciudad de Quito de acuerdo a la Ordenanza Municipal LMU40. [en línea], 2013. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6205>.

**CNT.** Normas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica. Corporación Nacional De Telecomunicaciones [en línea], 2012, vol. 1.0, pp. 6-75. [Consulta: 31 mayo]. Disponible en: <https://www.compraspublicas.gob.ec>.

**CRUZ, N.N.E.** Diseño de una red FTTH utilizando estándar G.984.X para proveer servicio Triple Play en la zona urbana del Cantón Chambo. [en línea], 2019, pp. 9-68. [Consulta: 31 mayo]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11020/1/98T00243.pdf>.

**CUJANO PUCHA, A.M.** Análisis, funcionamiento y aplicación de la tecnología DWDM (multiplexación densa por división en longitudes de onda) para redes de fibra óptica. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. [en línea], 2012, [Consulta: 31 mayo]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/771>.

**DAVID, E; et al.** Diseño de una red de datos basada en tecnología XG-PON systems (10 GIGABIT-CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS) para el programa de vivienda ciudad verde. [en línea], 2015, [Consulta: 31 mayo 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/383431950/Paper-Xg-Pon>.

**ESPINOZA, R.D.V.** Diseño de una red de última mil la con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en el Distrito Metropolitano de Quito. [en línea], 2013, [Consulta: 31 de mayo 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1099>.

**G, R.U.D.E.L.A.S.** UIT-T (G.652). [en línea], 2005. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-200506-S>.

**GOMEZ, M.S; & MOREJON, A.P.** Estudio y Diseño de una Red de Acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones triple play (Voz, Video y Datos) en el sector oriental de la ciudad de Riobamba. [en línea], 2012, pp. 1-141. [Consulta: 02 junio 2021] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2911>.

**GONZÁLEZ BOJORGES, A.I.** *RedUNAM* metropolitana: diseño, pruebas y prelicitación. [en línea], 2012, [Consulta: 02 junio 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/456680-Redunam-metropolitana-diseno-pruebas-y-prelicitacion-tesisingeniero-en-telecomunicaciones-axel-ivan-gonzalez-bojorges.html>.

**GROSZ, D.D.F.** Sistemas de comunicación por fibra óptica de alta capacidad. Buenos Aires, Argentina [en línea], 2003, pp. 22-33. [Consulta: 02 junio 2021] Disponible en: <http://184.182.233.153/rid=1LSBNNPQS-Z4S2J9-4JHG/FO.pdf>.

**GUEVARA HENAO, J.S.** Tecnologías de redes Pon. Consulta Tecnologías de redes PON [en línea], 2011, pp. 1-3. [Consulta: 02 junio 2021]. Disponible en: [http://www.tecnologia.technology/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion\\_caracteristicas\\_PON\\_APOn\\_BPON\\_GEPON\\_GPON\\_EPON.pdf](http://www.tecnologia.technology/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf).

**HERNÁNDEZ, G.J.G; & RÍOS, P.J.A.** Propuesta de Solución de Red de Banda Ancha en la Periferia de La Habana. [en línea], 2021, [Consulta: 02 junio 2021] Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/12061>.

**ITU-T**, G.987.3:10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) layer specification. Itu-T G-Series Recommendations [en línea], 2016, vol. 2.0, pp. 1-146. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.3-201401-I/en>.

**ITU-T**, 2016a. 10 Gigabit Capable Passive Optical Networks (XGPON): Physical Media Dependent (PMD) Layer Specification. ITU-T Recommendation [en línea], 2016, pp. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.2/es>.

**ITU-T**. Itu-T G.987.1 XG-PON. 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): General requirements [en línea], 2016b, vol. 97, pp. 187-221. ISSN 00836729. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.1/es>.

**ITU-T G**, Supplement 39, Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks. ITU-T G-series Recommendations – Supplement 39 [en línea], 2016, vol. 39. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.Sup39-201602-I/es>.

**ITU-T RECOMMENDATION**. 987.1, 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, abbreviations and acronyms. ITU-T Recommendation G.987 [en línea], 2014, pp. 1-19. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987-201206-I/es>.

**JIMENEZ ARTEAGA, L.A; & RUIZ REYES, A.E.** EPON: Ethernet Passive Optical Network. Qualitative Research in Psychology [en línea], 2006, vol. 0, no. 2, pp. 47-54. ISSN 01853325. Disponible en: <http://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/3098>.

**LARUDA CHOQUE, E.A.** Implementación de la red de acceso de fibra óptica para PRODEM COCHABAMBA. [en línea], 2013. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/12152>.

**LÓPEZ BONILLA, MAURICIO; MOSCHIM, EDSON; RUDGE BARBOSA, F.** Estudio comparativo de redes GPON y EPON. [en línea], 2009. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84916680058>.

**MARINO, A.** Interconexión de datos de tecnología de red óptica pasiva con capacidad de GIGABIT en colegios distritales. *Télématique* [en línea], 2017, vol. 16, no. 2, pp. 1-24. ISSN 1856-4194. [Consulta: 04 junio 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6652934>.

**MENESES NARVAEZ SANTIAGO JAVIER,** Diseño de una red de fibra óptica FTTH en la parroquia de san antonio de ibarra para *CNT-EP*. [en línea], 2016, [Consulta: 04 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5614>.

**MERA LARREA, D.A; & PABON ARTIEDA, B.F.** Estudio y diseño de las redes opticas wdm (Wavelength Division Multiplexing) y su aplicación en redes de acceso. [en línea], 2012. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5041>.

**MORETON, M.A.** Cable Drop o de Bajada – Estándar ITU-T G657. [en línea], 2018. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-200612-S>.

**OSORIO, À.** Redes GPON-FTTH, Evolución y Puntos Críticos para su despliegue en Argentina. [en línea], 2016, pp. 270. [Consulta: 04 junio 2021]. Disponible en: <https://ri.itba.edu.ar/handle/123456789/787>.

**PABÓN TACO, D.P.** Diseño de una red de acceso GPON para proveer servicios triple play (tv, internet y telefonía) en el sector de la carolina a través de la red del GRUPO TVCABLE. [en línea], 2009. [Consulta: 06 junio 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1099>.

**PAGUAY, D.R.** Estudio de una red GPON que provea de servicio de voz y datos para el centro comercial la rotonda de la ciudad de Guayaquil. *La Evasión Tributaria E Incidencia En La Recaudación Del Impuesto a La Renta De Personas Naturales En La Provincia Del Guayas, Periodo 2009-2012* [en línea], 2015, no, pp. 136. [Consulta: 06 junio 2021] Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6983>.

**PEÑAFIEL MENDEZ, E.M; & JACOME BAJAÑA, E.Y.** Estudio y Diseño de una Red de Fibra Óptica GPON de Tipo Aérea, para Sectores que no Poseen Infraestructura de Redes como

el Sector el FORTIN desde el Bloque 1 al 7. [en línea], 2018. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/27038>.

**POZO SUNTA, L.F; & ZURITA ZURITA, H.A.** Diseño y simulación de una red de acceso 10g-pon para el sector de la Mariscal. [en línea], 2010, [Consulta: 06 junio 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec>.

**QUISHPE PÉREZ, A.S; & VINUEZA ESTÉVEZ, N.S.** Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (Fiber to the x). Proyecto. Director [en línea], 2010, [Consulta: 06 junio 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3728>.

**REYES, J.X.T.** Diseño de un anillo principal y redundante de fibra óptica utilizando tecnología 10gpon para optimizar el tráfico de la red en la universidad técnica del norte. [en línea], 2016, vol. 4, no. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5956>.

**RIOS, A.V.P; & SUAREZ, B.D.S.** Diseñar e implementar una red GPON y Arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones. [en línea], 2020, [Consulta: 07 junio 2021] Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/5360>.

**SÁNCHEZ CÉSPEDÉS, I.A.** Diseño de una red de acceso óptica para la siguiente generación [en línea], 2014, pp. 1-7. [Consulta: 07 junio 2021]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/simplesearch?query=DISEÑO+DE+UNA+RED+DE+ACCESO+ÓPTICA+PARA+LA+SIGUIENTE+GENERACIÓN>.

**SÁNCHEZ ORTEGA, J.K.** Análisis evolutivo de las redes de acceso de fibra óptica GPON - XGPON. [en línea], 2018. [Consulta: 07 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10953>.

**SARANGO, S.D.I.** Diseño de una red de datos basada en tecnología XG-PON systems (10 gigabit capable passive optical networks) para el programa de vivienda Ciudad Verde. [en línea], 2015, pp. 1-40. [Consulta: 07 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11245>.

**VALENCIA, A.C.V.** Diseño de una red 10g-pon para el barrio de Carcelén alto 3D. [en línea], 2013. [Consulta: 07 junio 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5911>.

**VILLACRÉS VALVERDE, J; & MURIEL BONILLA, A.G.** Estudio y diseño de una red de planta externa de fibra óptica gpon para proveer servicios de voz, video y datos aplicado a la ciudad de Alausí para la Cnt empresa pública Riobamba. [en línea], 2016, pp. 1-97. [Consulta: 07 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5462>.

**YOS MAGZUL, E.F.** Diseño De Red De Fibra Óptica Con Tecnología Gpon Para Brindar Servicios De Telefonía Móvil En Patzún, Chimaltenango. [En línea], 2011, [Consulta: 07 junio 2021]. no. 53, pp. 1-75. Disponible en: <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: DATOS ESTADÍSTICOS DEL INEC 2010, SEGÚN LA PROVINCIA, CANTÓN, Y PARROQUIAS DE EMPADRONAMIENTO

Provincia	Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Área Urbana o Rural	Tipo de la vivienda								Total	
				Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular		
Bolívar	GUARANDA	FACUNDO VELA		Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total	
			Área Rural	585	7	15	107	123	8	12	9	866	
			<b>Total</b>	<b>585</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>107</b>	<b>123</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>866</b>	
		GUARANDA			Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total
	Área Urbana			4.893	903	465	190	5	1	3	4	6.464	
	Área Rural			6.168	22	12	970	98	29	133	6	7.438	
		<b>Total</b>	<b>11.061</b>	<b>925</b>	<b>477</b>	<b>1.160</b>	<b>103</b>	<b>30</b>	<b>136</b>	<b>10</b>	<b>13.902</b>		
		JULIO E. MORENO			Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total
	Área Rural			619	-	-	60	72	2	12	1	766	
	<b>Total</b>			<b>619</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>72</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>766</b>	
		SALINAS			Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total
	Área Rural			1.287	23	5	44	70	6	23	2	1.460	
	<b>Total</b>			<b>1.287</b>	<b>23</b>	<b>5</b>	<b>44</b>	<b>70</b>	<b>6</b>	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>1.460</b>	
		SAN LORENZO			Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total
	Área Rural			503	2	1	30	1	1	7	2	547	
	<b>Total</b>			<b>503</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>547</b>	
		SAN LUIS DE PAMBIL			Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total
	Área Rural			1.096	15	33	23	144	5	1	-	1.317	
<b>Total</b>	<b>1.096</b>			<b>15</b>	<b>33</b>	<b>23</b>	<b>144</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>1.317</b>		
	SAN SIMÓN (YACOTO)			Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total	
Área Rural			1.001	2	1	23	3	2	10	1	1.043		
<b>Total</b>			<b>1.001</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>1.043</b>		
	SANTA FE (SANTA FE)			Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total	
Área Rural			441	7	1	13	2	-	6	6	476		
<b>Total</b>			<b>441</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>476</b>		
	SIMIATUG			Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total	
Área Rural			1.922	10	5	257	50	9	250	6	2.509		
<b>Total</b>			<b>1.922</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>257</b>	<b>50</b>	<b>9</b>	<b>250</b>	<b>6</b>	<b>2.509</b>		
	<b>Total</b>			Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total	
Área Urbana			4.893	903	465	190	5	1	3	4	6.464		
Área Rural			13.622	88	73	1.527	503	62	454	33	16.422		
	<b>Total</b>	<b>18.515</b>	<b>991</b>	<b>538</b>	<b>1.717</b>	<b>568</b>	<b>63</b>	<b>457</b>	<b>37</b>	<b>22.886</b>			

DATOS ESTADÍSTICOS DEL (INEC,2010), DEL TOTAL DE VIVIENDAS PARTICULARES CON PERSONAS PRESENTES POR TIPO DE VIVIENDA, SEGÚN LA PROVINCIA, CANTÓN Y PARROQUIA DE EMPADRONAMIENTO.

Título

POBLACIÓN POR ÁREA, SEGÚN PROVINCIA, CANTÓN Y PARROQUIA DE EMPADRONAMIENTO

Provincia	Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	ÁREA		Total
Bolívar	GUARANDA		URBANO	RURAL	
		FACUNDO VELA	-	3.319	3.319
		GUARANDA	23.874	31.500	55.374
		JULIO E. MORENO	-	2.948	2.948
		SALINAS	-	5.821	5.821
		SAN LORENZO	-	1.857	1.857
		SAN LUIS DE PAMBIL	-	5.357	5.357
		SAN SIMON (YACOTO)	-	4.203	4.203
		SANTAFE (SANTA FE)	-	1.752	1.752
		SIMIATUG	-	11.246	11.246
		<b>Total</b>	<b>23.874</b>	<b>68.003</b>	<b>91.877</b>

POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSAL DE 2010-2001-1990 POR SEXO, SEGÚN PARROQUIAS

	Nombre de parroquia	2010			2001			1990			Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010			Tasa de Crecimiento Anual 1990 - 2001		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
20150	GUARANDA	26.155	29.219	55.374	22.323	25.067	47.390	10.130	11.143	21.273	1,76%	1,70%	1,73%	7,18%	7,37%	7,28%

DENSIDAD DE POBLACIÓN Y VIVIENDA POR SECTORES DE LA CIUDAD DE GUARANDA SEGÚN EL INEC,2010; GAD GUARANDA (2012).

Nº	SECTORES	AREA EN HA	POBLACION, 2010	VIVIENDA, 2010	DENSIDAD POBLACIÓN	DENSIDAD VIVIENDA
<b>SECTORES DEL ÁREA URBANA DE GUARANDA(LÍMITE URBANO ACTUAL)</b>						
1	MARCO PAMBA	72	1653	427	22,8	5,9
2	9 DE OCTUBRE	11	1198	330	107,6	29,6
3	LAS COLINAS	41	1644	478	40,4	11,8
4	5 D EJUNIO	61	491	126	8,1	2,1
5	EL PEÑON	39	499	137	12,7	3,5
6	CRUZ ROJA	6	495	154	84,9	26,4
7	JUAN XXIII	6	383	102	67,9	18,1
8	CENTRO GUARANDA	28	2599	794	94,5	28,9
9	FAUSTO BAZANTE	11	825	200	74,9	18,1
10	GUANGULIQUIN	33	2125	526	74,4	15,9
11	INDIO GUARANGA	16	425	104	25,8	6,3
12	LOS TANQUES	9	772	216	87,8	24,6
13	BELLAVISTA	20	704	191	34,9	9,5
14	LOMA DE GUARANDA	30	414	95	13,6	3,1
15	HUMBERDINA	43	2031	619	47,7	14,5
16	NEGROYACU	114	1215	333	10,7	2,9
17	JOYOCOTO	66	1078	281	16,3	4,2
18	PARQUE INDUSTRIAL	32	160	32	5	1
19	ALPACHACA	89	1110	285	12,4	3,2
20	CENTRO DE GUANUJO	11	1089	301	98,6	27,3
21	TOMABELA	60	492	146	8,2	2,4
22	PLAZA CORDOVEZ	15	419	118	28,3	8
23	MANTILLA	41	654	161	16	3,9
24	PARQUE MONTUFAR	11	381	117	35,2	10,8
25	EL TERMINAL	4	211	57	52	14
26	JESUS DEL GRAN PODER	12	530	143	43	11,6
27	LA MERCED	41	566	141	13,7	3,4
<b>PROMEDIO</b>		<b>953</b>	<b>23874</b>	<b>6464</b>	<b>25,1</b>	<b>8,4</b>
<b>SECTORES DE LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA</b>						
28	CHAQUISHCA	193,58	488	128	2,5	0,7
29	VINCHOA	119,05	761	174	6,4	1,5
30	CASIPAMBA	74,02	329	77	4,4	1
31	EL AGUACOTO	112,18	653	155	5,8	1,4

RESPUESTA A LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN SOBRE EL CANTON GUARANDA  
PERTENECIENTE A LA ZONA 8 DEL INEC.



Oficio Nro. INEC-CZ8L-2021-0244-O

Guayaquil, 22 de septiembre de 2021

**Asunto:** Solicitud de información

Jose Alexis Samaniego Villa  
En su Despacho

En atención al oficio Nro. S/N de fecha 06 de septiembre, mediante el cual se requiere la población empadronada, número y tipos de vivienda, población y tasas de crecimiento intercensal, plano censal de Guaranda; el Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC informa que el VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010 constituye un instrumento fundamental para: a) saber cuántos somos y establecer indicadores básicos para conocer las realidades demográfica y socioeconómica del país en un momento determinado, con desagregación de divisiones administrativas menores; y, b) determinar las características, materiales y usos de las viviendas en las cuales habita la población del Ecuador.

A su vez, el Decreto Ejecutivo No. 77 de 15 de agosto de 2013, en su artículo 3 determina que además de las funciones contempladas en la Ley de Estadística, el INEC tendrá la siguiente función: "1. *Planificar la producción estadística nacional, con el fin de asegurar la generación de información relevante para la Planificación del Desarrollo Nacional y su correspondiente monitoreo y evaluación*".

En relación a su solicitud, se remite en formato Excel, la información que corresponden a población empadronada, número y tipos de vivienda, población y tasas de crecimiento intercensal, plano censal, proveniente de los resultados definitivos del VII censo de población y VI de Vivienda 2010.

Así también se realiza la entrega de la Primera Versión de la Base Cartográfica Censal 2010 en formato PDF, de la ciudad de Guaranda debiendo indicar que la información proporcionada es empleada con fines operativos estadísticos, motivo por el que no tiene precisión métrica y tampoco implica determinación oficial de jurisdicciones político-administrativas.

Debemos indicar que los resultados del VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010 fueron oficializados a finales de agosto de 2011, y la Base Cartográfica Censal 2010 se encuentran a disposición del público en la página web: [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec) ya que dicha información es un bien público social y soporte para la toma de decisiones en todo nivel, por lo que su acceso se debe transparentar y democratizar con el fin de brindar cifras de calidad, de manera adecuada y oportuna.

Hacemos propicia la oportunidad para expresarle nuestro sentimiento de distinguida consideración y alta estima.

Oficio Nro. INEC-CZ8L-2021-0244-O

Guayaquil, 22 de septiembre de 2021

Elaborado por:	Marcela Mendieta	MM
Aprobado y Revisado por:	Vanessa Zambrano	VZ

Atentamente,



Ing. Maria Vanessa Zambrano Zambrano  
**COORDINADORA ZONAL 8 LITORAL**

Referencias:

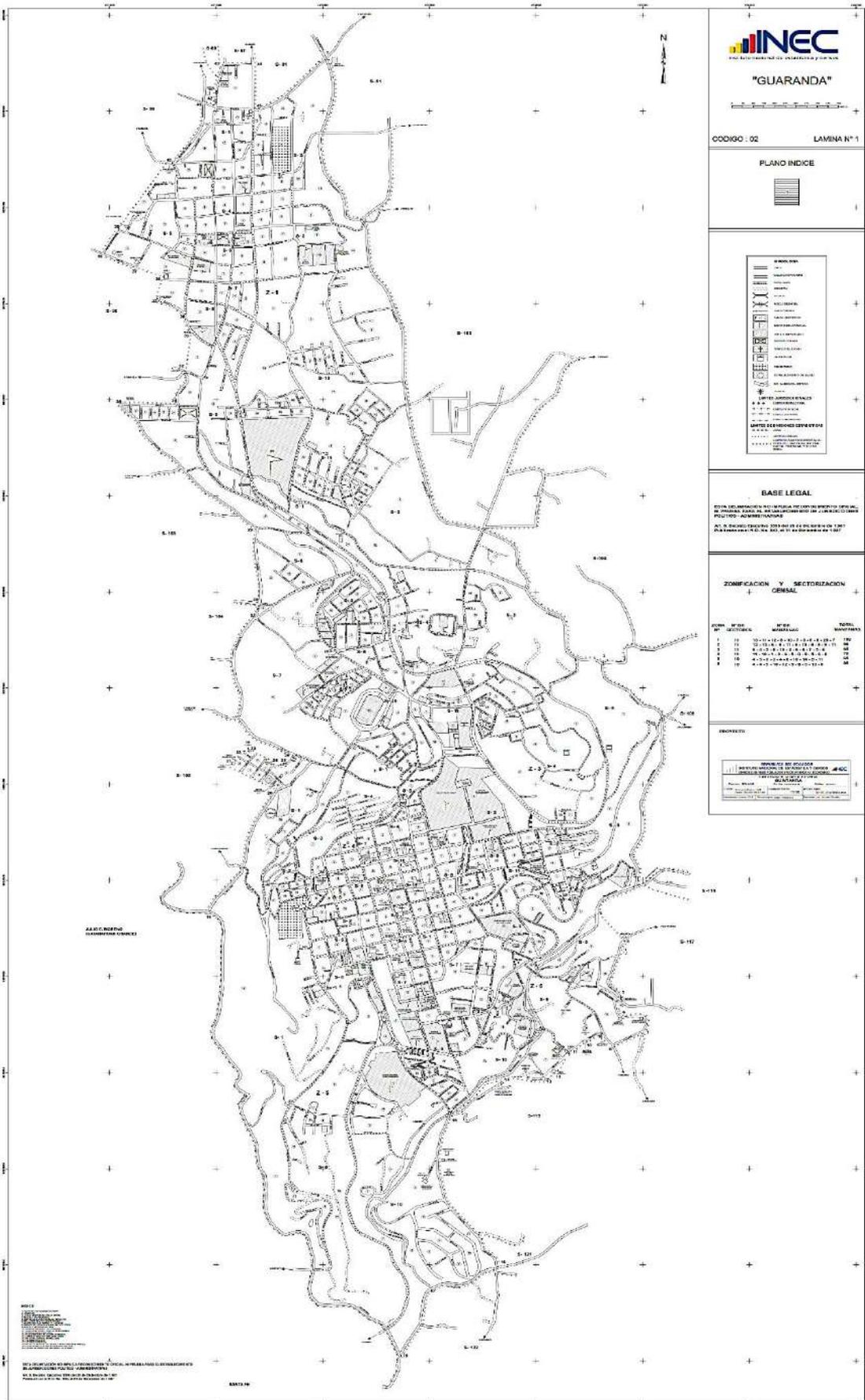
- INEC-CZ8L-GCCZ-2021-0038-M

Anexos:

- samanigo\_villa0081590001630986447.pdf  
- solicitud\_informacion\_guaranda1\_rar

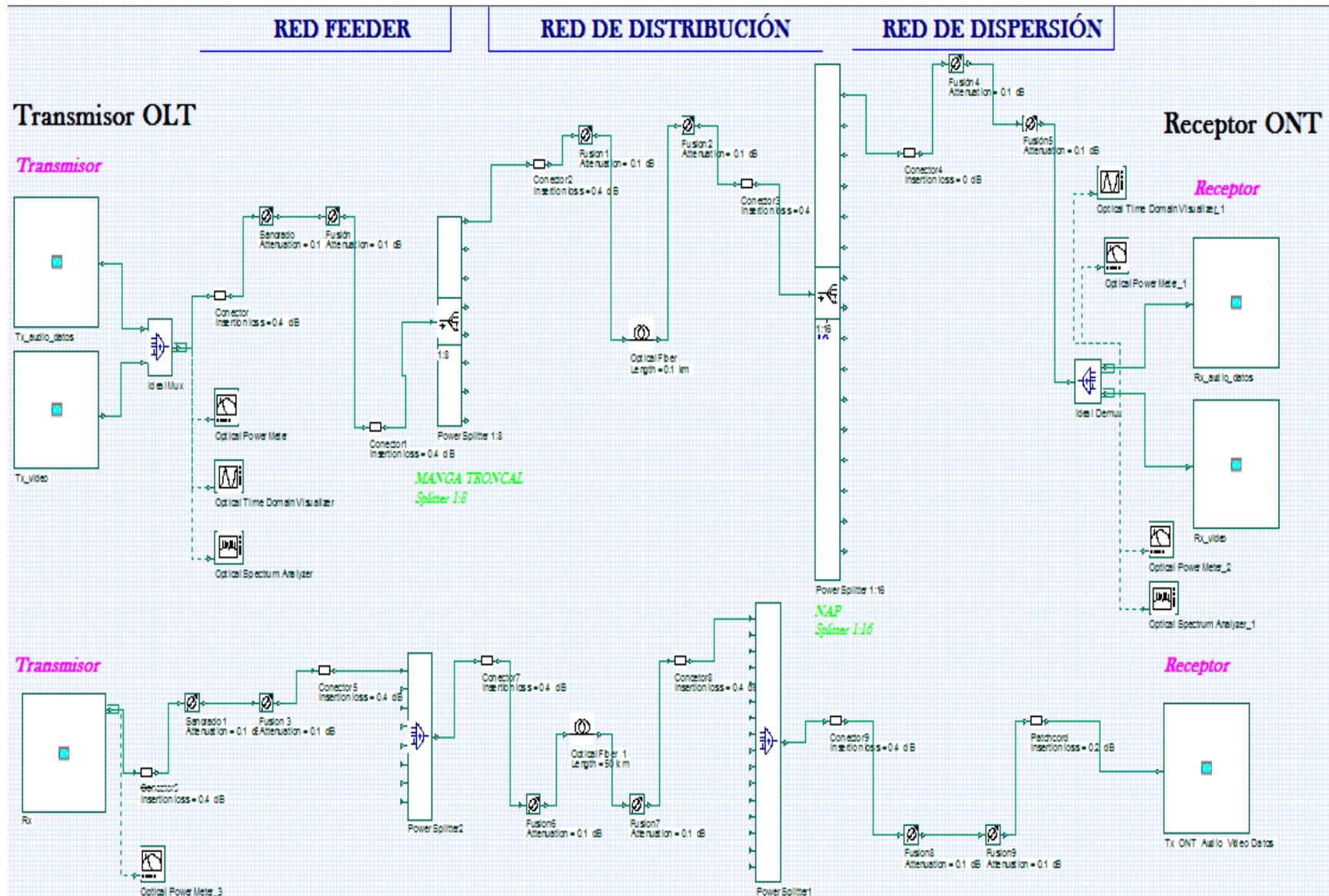
mmVRB/js

# ANEXO B: DELIMITACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO





## ANEXO D: SIMULACIÓN DE LA RED XG-PON EN EL SOFTWARE OPTISYSTEM





**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 30 / 06 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> JOSÉ ALEXIS SAMANIEGO VILLA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
<b>Carrera:</b> TELECOMUNICACIONES
<b>Título a optar:</b> INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Lcdo. Holger Ramos, MSc.



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

1009-DBRA-UPT-2022