



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**Título:**

Diseño de una red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM del cantón Chambo de la provincia de Chimborazo.

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en  
electrónica y telecomunicaciones**

**Autor:**

Juan Carlos Pinduisaca Quishpe

**Tutor:**

Ing. Marco Nolivos

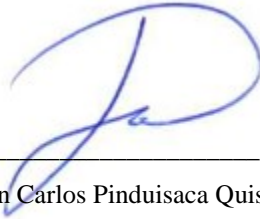
**Riobamba, Ecuador. 2023**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Juan Carlos Pinduisaca Quishpe, con cédula de ciudadanía 060512837-0, autor (a) (s) del trabajo de investigación titulado: Diseño de una red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM del cantón Chambo de la provincia de Chimborazo, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 08 de octubre del 2023.



---

Juan Carlos Pinduisaca Quishpe

C.I:0605128370

## DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Diseño de una red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM del cantón Chambo de la provincia de Chimborazo”, presentado por Juan Carlos Pinduisaca Quishpe, con cédula de identidad número 0605128370, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 8 de noviembre del 2023

Ing. Leonardo Fabián Rentería Bustamante, PhD.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Ing. Luis Patricio Tello Oquendo, PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Dr. Marlon Danilo Basantes Valverde, PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Ing. Marco Antonio Nolivos Vimos, Mgs.  
**TUTOR**



---

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Diseño de una red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM del cantón Chambo de la provincia de Chimborazo”, presentado por Juan Carlos Pinduisaca Quishpe, con cédula de identidad número 0605128370, bajo la tutoría de Ing. Marco Antonio Nolivos Vimos; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 8 de noviembre del 2023

Ing. Luis Patricio Tello Oquendo, PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Dr. Marlon Danilo Basantes Valverde, PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Ing. Marco Antonio Nolivos Vimos, Mgs.  
**TUTOR**



---

# CERTIFICADO ANTIPLAGIO



DIRECCIÓN ACADÉMICA  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.20

## CERTIFICACIÓN

Que, Juan Carlos Pinduisaca Quishpe con CC: **0605128370**, estudiante de la Carrera de **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Diseño de una red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM del cantón Chambo de la provincia de Chimborazo**", que corresponde al dominio científico **DESARROLLO TERRITORIAL, PRODUCTIVO Y DE HÁBITAT SUSTENTABLE PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA** y alineado a la línea de investigación **INGENIERÍA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**, cumple con él 8%, reportado en el sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 18 de octubre de 2023



Ing. Marco Antonio Nalivos Vimos, Mgs  
**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este proyecto de tesis principalmente a Dios por guiarme, darme fuerzas y sabiduría de seguir adelante, y poder cumplir un sueño más en mi la vida.*

*A mi esposa Adriana y mi hijo Emiliano por estar junto a mí en todo momento, y apoyarme siempre en las decisiones que he tomado. A mis padres Carlos e Inés, a mis hermanos y hermanas por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, por sus consejos que siempre los tengo presentes.*

*Al Ing. Jorge Zabala por darme una oportunidad laboral, permitiéndome desarrollarme como persona y como profesional.*

*Al Ing. Marco Nolivos, mi tutor, por guiarme en todo este proceso de mi proyecto de investigación.*

***Juan Carlos Pinduisaca Quishpe***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecido siempre con Dios, por darme la bendición cada día, por darme esa oportunidad de abrir los ojos cada mañana y disfrutar de la vida cada segundo.*

*Agradezco a mi esposa e hijo por estar siempre a mi lado, darme todo el cariño, amor y alegrías todos los días. A mis padres a mis hermanos a mis tíos y sobrinos por ayudarme en todo momento.*

*A la Institución y a todos los docentes que conformaron la carrera de electrónica y telecomunicaciones, por instruirme con sus conocimientos y poner ponerlos en práctica en el ámbito laboral.*

*A mis compañeros y amigos, tanto de mi niñez como del trabajo y de la universidad, por darme sus buenos consejos y ánimos para seguir adelante, y poder cumplir un sueño más que es, terminar mis estudios de tercer nivel.*

***Juan Carlos Pinduisaca Quishpe***

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ECUACIONES	
RESUMEN	
ABSTRACT	
1 CAPÍTULO I.....	22
INTRODUCCIÓN.....	22
1.1 Introducción.....	22
1.2 Planteamiento del problema.....	23
1.2.1 Formulación del problema.....	24
1.2.2 Preguntas directrices.....	24
1.3 Justificación.....	24
1.4 Objetivos.....	25
1.4.1 General.....	25
1.4.2 Específicos.....	25
2 CAPÍTULO II.....	26
MARCO TEÓRICO.....	26
2.1 Estado del arte.....	26
2.2 Bases teóricas.....	26
2.2.1 Estándar XGS-PON.....	26
2.2.2 Arquitectura del Estándar XGS-PON.....	27
2.2.3 Rango de longitudes de onda de operación para XGS-PON.....	27
2.2.4 Alcance de XGS-PON.....	28
2.2.5 Asignación dinámica del ancho de banda en XGS-PON.....	28
2.2.6 Velocidad y codificación de línea para XGS-PON.....	28
2.2.7 Características de la fibra para XGS-PON.....	28
2.2.8 Requerimientos de servicio para XGS-PON.....	28
2.2.9 Niveles de potencia de XGS-PON.....	28
2.2.10 Clases de ODN para XGS-PON.....	29
2.2.11 Relación de división de los splitters para XGS-PON.....	30
2.2.12 Seguridad ocular en XGS-PON.....	30
2.2.13 Escenarios de coexistencia de XGS-PON con generaciones anteriores.....	30
2.2.14 Escenarios de migración de XGS-PON.....	32
2.2.15 Beneficios de XGS-PON.....	33
2.2.16 Elementos de las redes de distribución óptica.....	33



2.2.17	TIA/EIA-598-C .....	34
2.2.18	Presupuesto Óptico .....	34
2.2.19	Dispersión cromática. ....	35
2.2.20	Parámetros de análisis de rendimiento .....	35
2.2.21	Cálculo de Rentabilidad Económica.....	36
2.2.22	Componentes utilizados para el diseño con el software OPTYSYSTEM .....	36
3	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>38</b>
3	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>38</b>
3.1	Diseño de investigación .....	38
3.2	Tipos de investigación .....	38
3.3	Métodos de Investigación .....	38
3.4	Localización.....	38
3.5	Población y muestra.....	40
3.5.1	Población.....	40
3.5.2	Muestra.....	40
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	41
3.7	Hipótesis .....	41
3.8	Operacionalización de Variables .....	41
3.9	Métodos de análisis y procesamiento de datos .....	41
3.10	Procesos para el desarrollo del trabajo de investigación .....	42
3.11	Estudio de mercado.....	42
3.12	Estudio de la demanda .....	42
3.13	Descripción de la red actual.....	43
3.13.1	Delimitación territorial .....	43
3.13.2	Diagrama lógico de la red actual .....	44
3.13.3	Arquitectura de la red actual.....	45
3.14	Análisis de requerimientos técnicos en la red nueva con tecnología XGS-PON .	48
3.14.1	Dimensionamiento de la red.....	48
3.14.2	Análisis de requerimientos de ancho de banda.....	49
3.14.3	Presupuesto de enlace.....	49
3.14.4	Elementos activos y pasivos de la red .....	56
3.15	Simulaciones.....	66
3.15.1	Diagrama de flujo de la Red.....	66
3.15.2	Ambiente de simulación .....	66
3.15.3	Detalles del ambiente de simulación .....	70
3.15.4	Bloques de simulación.....	70
3.16	Viabilidad económica de la red de fibra óptica con tecnología XGS-PON.....	76
3.16.1	Presupuesto de los Elementos Activos de la red XGS-PON.....	76
3.16.2	Cálculo de Rentabilidad Económica del Proyecto .....	76
4	<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>78</b>
4	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>78</b>
4.1	Encuestas .....	78
4.2	Ambiente simulado .....	78
4.2.1	Ambiente Transmisión .....	78

4.2.2	Escenario de recepción de la señal .....	83
4.3	Valores de los parámetros técnicos del Ambiente simulado .....	86
4.3.1	Factor Q y BER NAP de la red G-PON y XGS-PON con 64 usuarios .....	86
4.3.2	Pérdidas enlace hasta NAP más lejana, red G-PON y XGS-PON con 64 usuarios 87	
4.4	Comprobación de Hipótesis .....	88
4.4.1	Variables Dependientes .....	89
4.4.2	Variables Dependientes .....	90
4.5	Discusión .....	99
5	CAPÍTULO V .....	100
	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....	100
5.1	Conclusiones .....	100
5.2	Recomendaciones .....	101
	BIBLIOGRAFÍA .....	102
	ANEXOS .....	109
	Anexo 1. Encuesta .....	109
	Anexo 2. Análisis de la encuesta .....	111
	Anexo 3. Factor Q y BER en G-PON con 64 Usuarios.....	121
	Anexo 4. Factor Q y BER en XGS-PON con 64 Usuarios. ....	124
	Anexo 5. Pérdidas por cada zona de la red G-PON con 64 usuarios. ....	128
	Anexo 6. Pérdidas por cada zona de la red XGS-PON con 64 usuarios. ....	140
	Anexo 7. Pérdidas por cada zona de la red XGS-PON con 128 usuarios. ....	152
	Anexo 8. Dictamen favorable del gerente de la empresa. ....	156

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1.</b> Niveles de potencia de XGS-PON para 9.95328 Gbits/s downstream. ....	29
<b>Tabla 2-2.</b> Niveles de potencia de XGS-PON para 9.95328 Gbits/s upstream. ....	29
<b>Tabla 2-3.</b> Clases de ODN para XGS-PON.....	29
<b>Tabla 2-4.</b> Elementos en las redes de acceso ópticas.....	33
<b>Tabla 2-5.</b> Código de colores para el cableado de fibra. ....	34
<b>Tabla 2-6.</b> Componentes más importantes utilizados para el diseño con el software OPTYSISTEM. ....	37
<b>Tabla 3-1.</b> Operacionalización de variables.....	41
<b>Tabla 3-2.</b> Elementos de la red de distribución y dispersión.....	46
<b>Tabla 3-3.</b> Distancias de los Elementos de la red de distribución y dispersión.....	47
<b>Tabla 3-4.</b> Ancho de banda para sector residencial, comercial y educativo.....	48
<b>Tabla 3-5.</b> Distribución de ancho de banda para G-PON y XGS-PON.....	49
<b>Tabla 3-6.</b> Parámetros a considerar para el cálculo del presupuesto de enlace. ....	50
<b>Tabla 3-7.</b> Presupuesto de enlace resumido para la distancia más lejana con margen de guarda. ....	51
<b>Tabla 3-8.</b> Presupuesto óptico NAP más cercana.....	52
<b>Tabla 3-9.</b> Presupuesto óptico NAP más lejana. ....	54
<b>Tabla 3-10.</b> Comparativo características OLT. ....	59
<b>Tabla 3-11.</b> Comparativo características ONT. ....	62
<b>Tabla 3-12.</b> Transceptores. ....	64
<b>Tabla 3-13.</b> Parámetros fibra G.655 D y G.652 A.....	65
<b>Tabla 3-14.</b> Comparativo de fibras para red de dispersión.....	65
<b>Tabla 3-15.</b> Comparativo de splitters. ....	66
<b>Tabla 3-16.</b> Potencias OLT y ONT. ....	70
<b>Tabla 3-17.</b> Costos Totales de Equipos Activos.....	76
<b>Tabla 3-18.</b> Ingresos del proyecto. ....	76
<b>Tabla 3-19.</b> Egresos del proyecto. ....	77
<b>Tabla 3-20.</b> Cálculo del Flujo de Caja Neto, Valor Presente, VAN y TIR. ....	77
<b>Tabla 4-1.</b> Ancho de banda de cada puerto de la red GPON y XGS-PON. ....	89
<b>Tabla 4-2.</b> Número de usuarios enlace dedicado de 50Mbps y 100Mbps red GPON a 1Gbps. ....	89
<b>Tabla 4-3.</b> Número de usuarios enlace dedicado de 50Mbps y 100Mbps red GPON a 2.5Gbps.....	89
<b>Tabla 4-4.</b> Número de usuarios enlace dedicado de 50Mbps y 100Mbps red XGS-PON a 10Gbps.....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> PON Technology Evolution Roadmap.....	22
<b>Figura 2-1:</b> XG(S)-PON Standard Formulation Progress. ....	27
<b>Figura 2-2:</b> Configuración de referencia de XGS-PON. ....	27
<b>Figura 2-3:</b> Longitudes de Onda de la tecnología PON.....	28
<b>Figura 2-4.</b> Arquitectura para la coexistencia de XGS-PON, G-PON, XG-PON y servicios de RF. ....	30
<b>Figura 2-5.</b> Escenario de coexistencia de G-PON, XGS-PON y servicio de video RF. ....	31
<b>Figura 2-6.</b> Escenario de coexistencia de XGS-PON, XG-PON y servicio de video RF. .	31
<b>Figura 2-7.</b> Escenario de coexistencia de XGS-PON con XG-PON.....	32
<b>Figura 2-8.</b> Escenario de coexistencia de las tecnologías PON y video RF.....	32
<b>Figura 2.9.</b> Diagrama de ojo. ....	35
<b>Figura 3-1.</b> Ubicación del cantón Chambo en la provincia de Chimborazo. ....	39
<b>Figura 3-2.</b> Vista paronímica del cantón Chambo.....	39
<b>Figura 3-3.</b> Procesos para el desarrollo del trabajo de investigación. ....	42
<b>Figura 3-4.</b> ONU activas del ISP SKYLINK SYSTEM con 118 NAPS instaladas.....	43
<b>Figura 3-5.</b> Zona de cobertura de la red propietaria del ISP SKYLINK SYSTEM. ....	43
<b>Figura 3-6.</b> Zonificación red propietaria del ISP SKYLINK SYSTEM. ....	44
<b>Figura 3-7.</b> Diagrama Lógico de la red actual.....	44
<b>Figura 3-8.</b> Diagrama de red.....	45
<b>Figura 3-9.</b> Red troncal, Red de Distribución y Red de Dispersión del sistema actual. ....	45
<b>Figura 3-10.</b> Esquema de elementos activos y pasivos. ....	57
<b>Figura 3-11.</b> Diagrama de bloques de la red.....	57
<b>Figura 3-12.</b> Equipos por cada etapa de la red. ....	57
<b>Figura 3-13.</b> H901CSHF application scenario. ....	61
<b>Figura 3-14.</b> ONU Huawei OptiXstar P812E.....	64
<b>Figura 3-15.</b> Proceso de Simulación.....	66
<b>Figura 3-16.</b> Entorno GUI OPTISYSTEM.....	67
<b>Figura 3-17.</b> Entorno de simulación para NAP más lejana y NAP más cercana incluidas dos ONT, aplicable para tecnología GPON o XGS-PON.....	68
<b>Figura 3-18.</b> Red con servicios de GPON, XGS-PON y video RF transmitidas simultáneamente. ....	69
<b>Figura 3-19.</b> OLT. ....	70
<b>Figura 3-20.</b> Bloque transmisor de datos GPON.....	71
<b>Figura 3-21.</b> Bloque transmisor de datos XGS-PON. ....	71
<b>Figura 3-22.</b> Transmisor OLT para GPON, XGS-PON y video RF. ....	72
<b>Figura 3-23.</b> Bloque de red del feeder. ....	72
<b>Figura 3-24.</b> Red de distribución. ....	73
<b>Figura 3-25.</b> Red de Dispersión.....	74
<b>Figura 3-26.</b> Bloque receptor ONT GPON.....	75
<b>Figura 3-27.</b> Bloque receptor ONT XGS-PON. ....	75
<b>Figura 3-28.</b> Receptor ONT para tecnología GPON, XGS-PON y video RF. ....	75
<b>Figura 4-1.</b> Señal eléctrica inicial transmitida a 2.5Gbps en la red GPON.....	79

<b>Figura 4-2.</b> Señal eléctrica inicial transmitida a 10Gbps en la red XGS-PON.....	79
<b>Figura 4-3.</b> Espectro y Potencia de la señal transmitida desde el ODF en la red GPON y XGS-PON.....	79
<b>Figura 4-4.</b> Espectro y Potencia de la señal en la Fibra Óptica del feeder en la red GPON y XGS-PON.....	80
<b>Figura 4-5.</b> Espectro y Potencia de la señal en el Primer Splitter 1x8 en la red GPON y XGS-PON.....	80
<b>Figura 4-6.</b> Espectro y Potencia en la FO de Distribución, NAP más lejana en red GPON y XGS.PON.....	80
<b>Figura 4-7.</b> Espectro y Potencia en la FO de Distribución más cercana en la red GPON y XGS-PON.....	81
<b>Figura 4-8.</b> Espectro y Potencia del Segundo Splitter 1x8, NAP más lejana en red GPON y XGS-PON.....	81
<b>Figura 4-9.</b> Espectro y Potencia en Segundo Splitter 1x8, NAP más cercana en red GPON y XGS-PON.....	81
<b>Figura 4-10.</b> Espectro y Potencia en el Drop cliente de la NAP más lejana en la red GPON y XGS-PON.....	82
<b>Figura 4-11.</b> Espectro y Potencia de la señal en el Drop cliente de NAP más cercana en la red GPON y XGS.PON.....	82
<b>Figura 4-12.</b> WDM Analyzer después del multiplexor.....	82
<b>Figura 4-13.</b> Optical Spectrum y Power meter FO feeder.....	83
<b>Figura 4-14.</b> Mínimo BER y Factor Q, NAP más cercana GPON.....	83
<b>Figura 4-15.</b> Mínimo BER y Factor Q, NAP más cercana XGS-PON.....	83
<b>Figura 4-16.</b> Mínimo BER y Factor Q, NAP más lejana GPON.....	84
<b>Figura 4-17.</b> Mínimo BER y Factor Q, NAP más lejana XGS-PON.....	84
<b>Figura 4-18.</b> WDM Analyzer Cliente.....	84
<b>Figura 4-19.</b> BER y Factor Q GPON cliente.....	85
<b>Figura 4-20.</b> BER y Factor Q XGS-PON cliente.....	85
<b>Figura 4-21.</b> BER y Factor Q Video RF cliente.....	85
<b>Figura 4-22.</b> Factor Q por zonas red G-PON con 64 usuarios.....	86
<b>Figura 4-23.</b> BER por zonas red GPON con 64 usuarios.....	86
<b>Figura 4-24.</b> Factor Q por zonas red XGS-PON con 64 usuarios.....	87
<b>Figura 4-25.</b> BER por zonas red XGS-PON con 64 usuarios.....	87
<b>Figura 4-26.</b> Pérdidas por zonas red G-PON con 64 usuarios.....	88
<b>Figura 4-27.</b> Pérdidas por zonas red XGS-PON con 64 usuarios.....	88
<b>Figura 4-28.</b> Informe de resultados estadísticos descriptivos. Parámetro: Factor Q en GPON.....	91
<b>Figura 4-29.</b> Informe de resultados estadísticos descriptivos. Parámetro: Factor Q en XGS-PON.....	91
<b>Figura 4-30.</b> Gráfica de cajas. Parámetro: Factor Q de red G-PON y XGS-PON.....	92
<b>Figura 4-31.</b> Prueba linealidad. Parámetro: BER en G-PON.....	93
<b>Figura 4-32.</b> Gráfica de Intervalos para el parámetro BER en G-PON.....	94
<b>Figura 4-33.</b> Prueba linealidad. Parámetro: BER en XGS-PON.....	94
<b>Figura 4-34.</b> Gráfica de Intervalos para el parámetro BER en XGS-PON.....	95

<b>Figura 4-35.</b> Histograma. Parámetro: BER de G-PON y XGS-PON. ....	96
<b>Figura 4-36.</b> Informe resultados estadísticos descriptivos. Parámetro: Pérdida NAP lejana en G-PON. ....	97
<b>Figura 4-37.</b> Informe resultados estadísticos descriptivos. Parámetro: Pérdida NAP lejana - XGS-PON. ....	97
<b>Figura 4-38.</b> Gráfica de cajas. Parámetro: Pérdida NAP más lejana de G-PON y XGS-PON. ....	98

## ÍNDICE DE ECUACIONES

(Ecuación 1).....	34
(Ecuación 2).....	35
(Ecuación 3).....	36
(Ecuación 4).....	36
<b>(Ecuación 5)</b> .....	36
(Ecuación 6).....	36
(Ecuación 7).....	36
(Ecuación 8).....	40
(Ecuación 9).....	49
(Ecuación 10).....	56

## RESUMEN

El propósito del proyecto reside en diseñar una red FTTH, con XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM, ubicado en Chambo. Se explora las características de XGS-PON por medio de una investigación bibliográfica. Y con base en la investigación de campo, se recopila información de la realidad actual de la zona, respecto a los servicios proporcionados por los ISP. Para luego, diseñar y simular la red FTTH con el software QGIS y OPTISYSTEM, y en base a una investigación experimental, y transversal, recopilar los datos de la investigación y comprobar la hipótesis.

Las encuestas proporcionaron una visión clara del acceso a internet en la localidad, comprobando las necesidades latentes de la muestra seleccionada.

Se evaluaron tres parámetros críticos como el Factor Q, el BER y la atenuación, evidenciado que el uso de sistemas basados en XGS-PON pueden ser implementados por parte del ISP.

La evaluación de costos ha demostrado que la adquisición de equipos con tecnología XGS-PON es una inversión rentable y factible para el ISP.

Se recomienda implementar un programa de capacitación para los usuarios, así como establecer un monitoreo y mantenimiento periódico de la red para garantizar un óptimo rendimiento. También se sugiere considerar añadir amplificadores ópticos en las zonas más lejanas para dar un mejor soporte a clientes lejanos.

**Palabras claves:** XGS-PON, SKYLINK SYSTEM, OPTISYSTEM, FACTOR Q, BER.



## ABSTRACT

The project aims to design an FTTH network with XGS-PON for the ISP SKYLINK SYSTEM located in Chambo. The characteristics of XGS-PON are explored through bibliographic research. Based on field research, gather information on the current reality of the area regarding the services provided by ISPs. Then, the FTTH network was designed and simulated with QGIS and OPTISYSTEM software, based on experimental and cross-sectional research, to collect the research data and test the hypothesis.

The surveys provided a clear picture of internet access in the locality, casting the latent needs of the selected sample.

Three critical parameters, such as Q-Factor, BER, and attenuation, were evaluated, evidencing that the ISP can use XGS-PON-based systems.

The cost evaluation has shown that acquiring equipment with XGS-PON technology is a lucrative and viable investment for the ISP.

It is recommended to implement a training program for users and establish periodic monitoring and maintenance of the network to ensure optimal performance. It is also suggested that consideration is adding optical amplifiers in the most distant areas to support foreign customers better.

**Keywords:** XGS-PON, SKYLINK SYSTEM, OPTISYSTEM, FACTOR Q, BER.



Reviewed by:

Mgs. Sofia Freire Carrillo

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C. 0604257881

# 1 CAPÍTULO I.

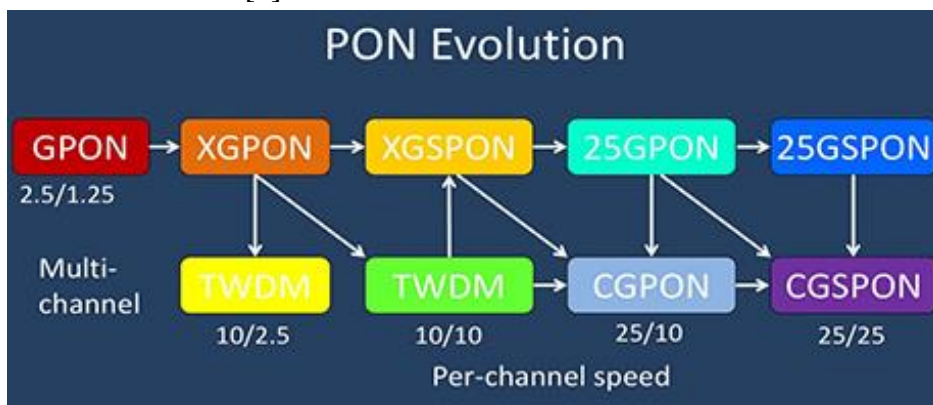
## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Introducción

La fibra óptica emerge como una tecnología fundamental para abordar la creciente necesidad de servicios de telecomunicaciones a nivel global. Las redes de acceso han atravesado un progreso sustancial en años recientes y, en la actualidad, representan un componente vital en las infraestructuras de comunicación en todo el mundo. La fibra óptica ofrece dos características principales: una velocidad de transmisión de datos superior y una mayor resistencia a factores externos, que podrían afectar la integridad de la señal. Dado que emplea un haz de luz, es inmune a las interferencias características presentes en otras tecnologías como el cobre o la comunicación satelital [1].

La fibra óptica emplea principalmente la tecnología PON, que permite una comunicación en una topología punto a multipunto, brindando acceso a internet a mayor cantidad de usuarios, incorporando mejores servicios a las redes FTTX. El estándar más difundido es G-PON, pero las familias PON han evolucionado, siendo así que, la ITU presentó los estándares: XG-PON, XGS-PON y NG-PON2 para el año 2016, con mejores características que conceden ampliar el ancho de banda en la comunicación, tanto ascendente como descendente, como se lo expone en [2], esta clasificación se puede ver de mejor manera en la **Figura 1-1**. Las recomendaciones G.9807.x, especifican el funcionamiento de XGS-PON [3].

G-PON y XGS-PON comparten una estructura similar y sencilla con componentes como: OLT, ODN y ONU/ONT. Ambas tecnologías admiten una variedad de servicios y operaciones, abarcando desde conexiones de banda ancha asimétricas y simétricas hasta prestaciones innovadoras como el backhaul móvil y conexiones digitales Ethernet, configurables en XGS-PON, como se lo observa en [4].



**Figura 1-1:** PON Technology Evolution Roadmap.

**Fuente:** [3] [5].

En Ecuador, los proyectos gubernamentales de conectividad se apoyan en la infraestructura de fibra óptica como su columna vertebral, como por ejemplo el Plan Nacional de Fibra Óptica, así como por iniciativas privadas, como son los Internet Service Proveedores (ISP). Entre los principales proveedores de fibra óptica, se tiene a: CNT, CONECEL, TELEFÓNICA y TELCONET, que brindan servicios de conectividad a una amplia variedad de comunidades, tanto urbanas como rurales, así como a organizaciones de diferentes tipos. Actualmente, el

tráfico de datos en el país está en expansión, siendo así que, el 70.7% de los hogares disponían de acceso a internet, en el año 2020 [6].

El presente estudio tiene como finalidad evidenciar que, tecnologías emergentes con XGS-PON pueden ser implementadas en el país, como por ejemplo por parte del ISP SKYLINK SYSTEM, con lo cual pueda ofrecer internet de alta velocidad. Para lograrlo, se analizan los parámetros técnicos de XGS-PON, Siguiendo las especificaciones ITU G.9807.x; así como la situación actual del ISP; luego, con el uso del software QGIS y OPTISYSTEM, se diseña la red para obtener los resultados de las simulaciones, así como, la evaluación de los parámetros técnicos como el Factor Q, el BER; para finalmente, evaluar los costos.

La presente propuesta se encuentra desarrollada en seis capítulos:

El **Capítulo I**, constan de los datos introductorios del proyecto.

El **Capítulo II**, consta del estado de arte y del marco teórico, donde se detalla los aspectos más importantes de la tecnología XGS-PON, en base a contribuciones provenientes de distintos autores.

El **Capítulo III**, muestra el marco metodológico y del procedimiento para la ejecución del proyecto.

El **Capítulo IV**, muestra los resultados, en forma clara y precisa a través de tablas y figuras, los cuales se interpreta y discute a profundidad.

El **Capítulo V**, se plasman conclusiones, además de las recomendaciones.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El limitado acceso a Internet constituye una problemática global, especialmente acuciante en áreas rurales y de escasos recursos. A pesar de los esfuerzos por mejorar la infraestructura de telecomunicaciones, muchas personas aún carecen de servicios de alta velocidad, impidiéndoles el acceso a la economía digital y la sociedad en línea. Esta situación afecta también a las empresas que operan en zonas remotas, ya que la falta de conectividad y la capacidad limitada les dificultan involucrarse en el mercado digital y el comercio globalizado.

En la época de la pandemia, los servicios de telecomunicaciones fueron esenciales, para evitar el alejamiento físico. Sin embargo, el acceso a internet fue dificultoso o en ciertos casos inexistente sobre todo en las zonas rurales, siendo un reto para las compañías de telecomunicaciones, el poder cubrir estos territorios. La falta de acceso a internet afecta a las familias enteras, incluyendo a estudiantes que no tienen acceso a información digital, y a herramientas básicas para atender clases virtuales o para permitir un trabajo virtual adecuado. Esto hace que, la población no pueda buscar empleos mejor remunerados. Según la UNICEF, en 2020, solo el 37% de hogares en el país tenían acceso a internet, y solo el 16% de los hogares de zonas rurales tenían acceso [7].

En Chambo, con la masificación de clientes, que requerían acceso a internet desde sus hogares, era evidente que, la infraestructura con tecnología inalámbrica no diera soporte a las necesidades de los usuarios, debido a problemas como la velocidad de internet insuficiente, característica compartida por los ISP de la zona. La inestabilidad en los radioenlaces se da principalmente, debido a factores climáticos e interferencia electromagnética, con conexiones intermitentes en los enlaces con los usuarios. Todo esto perjudica la imagen corporativa y a menudo resulta en la pérdida de clientes insatisfechos.

El ISP SKYLINK SYSTEM, que es el objeto de este estudio, tuvo sus inicios con el proyecto INTEGRANET, presentado por la municipalidad de Chambo en conjunto con el Ayuntamiento de Madrid en 2008, con el objetivo de proveer servicios de internet a escuelas con el uso de redes inalámbricas. Sin embargo, debido a la falta de tecnología y conocimiento especializados, el proyecto no continuó. Empero, luego a partir de la infraestructura implementada, se generó un emprendimiento que permitía continuar con la operación del proyecto, el cual contó, inicialmente con un solo cliente. Con el paso de los años, se pudo ampliar su red de acceso, a través de la implementación de radioenlaces, siendo posible aumentar el número de clientes. Finalmente, en el año 2012, el emprendimiento rinde sus frutos, registrando la empresa como operador ISP, bajo la denominación de SKYLINK SYSTEM. Con la finalidad de ofrecer internet de alta velocidad, durante la pandemia, en el año 2020 el ISP decidió invertir en fibra óptica, migrando a la tecnología G-PON, contratando a su vez un enlace dedicado de 4Gbps. Contando actualmente con 1100 clientes y 581 usuarios activos, llegando a sectores de hasta 10 km de distancia.

Con la tecnología XGS-PON, SKYLINK SYSTEM puede actualizar la infraestructura y/o equipamiento, para modernizar su red de acceso, tanto en su interior como en su exterior.

### ***1.2.1 Formulación del problema***

La red de acceso FTTH, con tecnología XGS-PON, del ISP SKYLINK SYSTEM. ¿permitirá ofrecer internet de alta velocidad?

### ***1.2.2 Preguntas directrices***

Las preguntas planteadas en el estudio son:

¿Qué parámetros técnicos son importantes de la tecnología XGS-PON, según la normativa ITU G.9807.x?

¿Cómo se encuentra la situación actual de internet en el cantón Chambo, y qué áreas de mejora se pueden identificar, para ofrecer internet de alta velocidad, por parte del ISP SKYLINK SYSTEM?

El diseño de la red XGS-PON, mediante QGIS y OPTISYSTEM. ¿es el adecuado para el ISP SKYLINK SYSTEM?

¿Cuál es la viabilidad económica, de la red FTTH con XGS-PON?

## **1.3 Justificación**

Los sistemas de transmisión ópticos ofrecen una mayor seguridad que otras tecnologías de telecomunicaciones. Gracias a las propiedades intrínsecas de la luz, los datos que circulan son menos propensos a interrupciones.

Durante los últimos años, Ecuador ha experimentado un notorio desarrollo en la industria de las telecomunicaciones. Con la adopción de nuevas tecnologías, ha permitido un incremento sustancial en la capacidad del canal de transmisión, con servicios como: televisión IP, telefonía móvil, internet de banda ancha y juegos en línea. Estos servicios, han mejorado el confort de la población de Ecuador, y, se convirtieron en parte de los servicios esenciales de todos los ISP. Con la proliferación de infraestructuras con fibra óptica, mejora competencia del mercado, y brindar a los usuarios, una gama de alternativas de servicios a precios accesibles. Asimismo,

variadas plataformas de negocios virtuales que articulan de mejor manera a las empresas y particulares.

El ISP SKYLINK SYSTEM evolucionó la tecnología de su infraestructura desde un sistema de redes inalámbricas a fibra óptica con la tecnología G-PON. Esto lleva a que, sea necesario modernizar constantemente sus sistemas, para cubrir la demanda subsistente de la población. Con la adopción de nuevas tecnologías de red de acceso, como es XGS-PON permitirá mejorar el rendimiento y satisfacer adecuadamente las necesidades de los usuarios.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

- Diseñar una red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM, con la finalidad de ofrecer internet de alta velocidad, en el cantón Chambo.

### **1.4.2 Específicos**

- Efectuar un estudio detallado de la normativa ITU G.9807.x, a través de una revisión bibliográfica exhaustiva, para analizar los parámetros técnicos de la tecnología XGS-PON, y comprender cómo se pueden aplicar mejoras, en la red del ISP SKYLINK SYSTEM.
- Recolectar datos, a través de encuestas a los habitantes del cantón y personal del ISP, para analizar la situación actual y detectar áreas de mejora, para ofrecer internet de alta velocidad.
- Diseñar la red y realizar simulaciones y pruebas de desempeño de la red XGS-PON, utilizando herramientas como QGIS y OPTISYSTEM, para garantizar que la solución diseñada, cumpla con los parámetros técnicos necesarios.
- Determinar la viabilidad económica del sistema, con tecnología XGS-PON, del ISP SKYLINK SYSTEM, con un análisis de los costos de equipos, para su implementación inmediata.

## 2 CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Estado del arte.

En [1] se evaluó y simuló una G-PON, con un enfoque en la teoría de redes ópticas, utilizando OPTISYSTEM. En [7] se diseñó una red FTTH / G-PON, con el fin de conectar zonas rurales de Manabí, utilizando tendido aéreo y OPTISYSTEM. En [6] se propone una red G-PON para su implementación. En [8] se diseñó un sistema FTTH / G-PON para CNT, para mejorar la conectividad y estabilidad del servicio, en el sector de La Luz en Quito, con un costo de \$12.197,91.

En [9] y [10] se plantean como objetivo diseñar una red G-PON. Se realizaron pruebas teóricas y de simulación en OPTISYSTEM 15.0, y se concluyó que era satisfactorio. Se recomienda tener cuidado al manipular la fibra óptica.

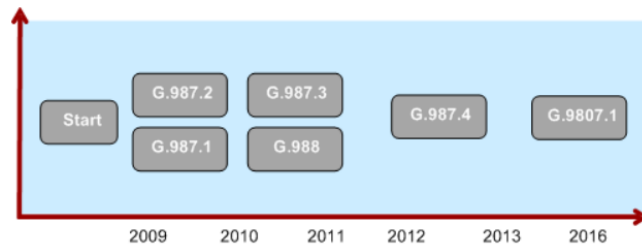
En [11] y [12] se busca diseñar redes, que ofrezcan servicios de Internet asequibles, y cubran las necesidades de los residentes, utilizando la metodología de gestión en cascada. En [11] se concluye que, su proyecto es viable con una inversión de \$33.938,43, mientras que, en [12] se define un ancho de banda de 70Mbps con un valor de \$25, y recomienda realizar una encuesta, para conocer mejor las necesidades de los usuarios, y, seleccionar cuidadosamente la ubicación de los equipos. Por otro lado, en [13], se describe los servicios de fibra óptica con tecnología XG-PON, siendo viable su uso, según su estudio de costos. Utiliza un mapa georreferenciado y software para la visualización de la infraestructura y la simulación del sistema óptico.

En [14] se presenta la simulación y configuración de red óptica pasiva simétrica de ocho canales, capaz de alcanzar 10 Gbps. En [15] se aborda coexistencia de tecnologías PON y su impacto en la transferencia de información. En [2] se realiza análisis comparativo entre G-PON y XGS-PON. En [4] se estudia el impacto de G-PON y se estima los costos de implementación. En [16] se trata sobre la necesidad de implementar nuevas tecnologías de redes de acceso óptico, y, la coexistencia de las tecnologías ya instaladas.

#### 2.2 Bases teóricas

##### 2.2.1 Estándar XGS-PON

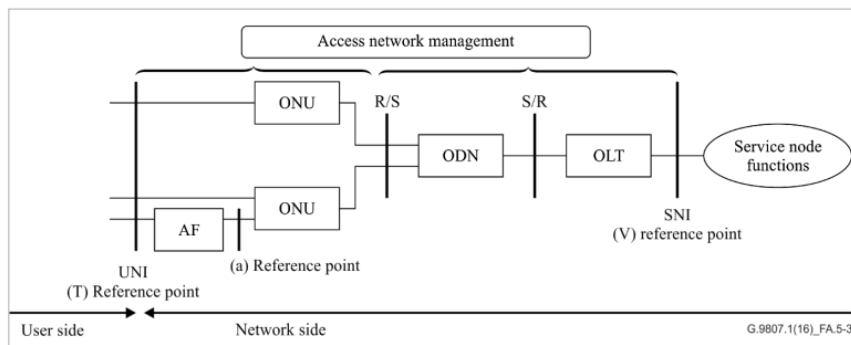
Como se expresa en [2], la recomendación ITU-T G.9807.1 define XGS-PON como la red de acceso óptico pasiva simétrica, que tiene una capacidad de 10 gigabits por segundo, ver **Figura 2-1**. Esta normativa forma parte de un conglomerado de prescripciones, reconocido como ITU-T G.9807.1, que delimitan las redes de acceso XGS-PON, con el propósito de su empleo en contextos residenciales, corporativos, móviles, entre otras. Además, en la documentación se examina el estándar desde la perspectiva de la infraestructura de acceso óptico, punto a multipunto y suministra definiciones, abreviaturas y requerimientos universales para cada capa que conforma la red. La recomendación G.9807.2, otorga parámetros de referencia para la arquitectura e interfaces de la red, posibilitando una extensión tope de enlace de 60 km, por medio del aprovechamiento de componentes activos, como regeneradores y amplificadores ópticos. XGS-PON, tiene la capacidad de operar en la misma red de distribución óptica que XG-PON, y, es capaz de emplear longitudes de onda equivalentes.



**Figura 2-1:** XG(S)-PON Standard Formulation Progress.  
**Fuente:** [3].

### 2.2.2 Arquitectura del Estándar XGS-PON

La **Figura 2-2**, expone la estructura convencional de los elementos en una red XGS-PON, que comprende la ODN, la OLT y la ONU. La ODN puede constar de una conexión pasiva única o una red interconectada de unidades activas, con el propósito de expandir la cobertura de la red. La OLT puede operar en dos contextos diferentes: como una OLT Ethernet Pura, que únicamente facilita la función de adaptación XGS-PON, o como una OLT que además abarca funcionalidades extra de disposición de servicios, como simulación de circuitos TDM, escenario conocido como OLT en preparación [2].



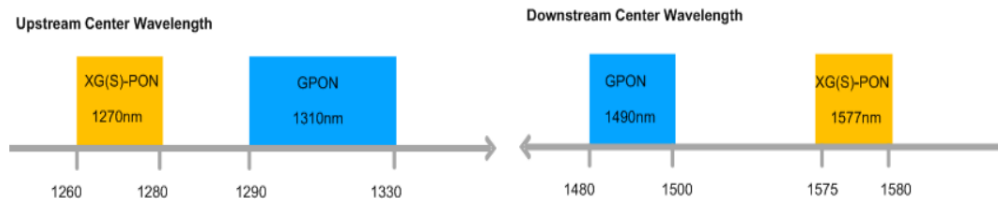
**Figura 2-2:** Configuración de referencia de XGS-PON.  
**Fuente:** [2]

### 2.2.3 Rango de longitudes de onda de operación para XGS-PON

En XGS-PON, las señales se envían en los dos sentidos, en todo el tramo de una sola fibra, empleando la técnica WDM, para viabilizar la comunicación bidireccional. La técnica TDMA se usa para el tráfico ascendente en XGS-PON, como TDM para el tráfico descendente, como se lo expresa en [2].

Los sistemas XGS-PON brindan dos alternativas de longitud de onda para su funcionamiento, ver **Figura 2-3**, descrita continuación:

- **Conjunto fundamental de longitud de onda:** similares a XG-PON. El canal descendente abarca el espectro de 1575-1580 nm, y 1577 nm de longitud de onda central. El canal ascendente abarca el rango de 1260-1280 nm, y 1270 nm de longitud de onda central [2].
- **Conjunto facultativo de longitud de onda:** similares a G-PON. El canal descendente recorre el espectro de 1480-1500 nm, y 1490 nm de longitud de onda central. El canal ascendente abarca el rango de 1300-1320 nm, y 1310 nm de longitud de onda central [2].



**Figura 2-3:** Longitudes de Onda de la tecnología PON.

**Fuente:** [3].

#### 2.2.4 Alcance de XGS-PON

XGS-PON posee un distancia mínimo de 20 km, y un alcance máximo de 60 km con la utilización de extensores de cobertura, entre los puntos T y V de la **Figura 2-2**. Adicionalmente, la distancia diferencial máxima permitida para la fibra es de 40 kilómetros, similar a lo que ocurre en XG-PON. [2].

#### 2.2.5 Asignación dinámica del ancho de banda en XGS-PON

XGS-PON en su OLT tolera la DBA, facilita una distribución efectiva de la capacidad de transmisión ascendente entre las ONU enlazadas, basándose en la indicación dinámica de su actividad [2].

#### 2.2.6 Velocidad y codificación de línea para XGS-PON

La velocidad de línea ascendente y descendente es de 9.95328 Gbits/s. La codificación de línea utilizada para XGS-PON, tanto para el enlace ascendente como descendente es NRZ [2].

#### 2.2.7 Características de la fibra para XGS-PON

La implementación de los sistemas XGS-PON se lleva a cabo mediante el uso de fibra monomodo estándar, tal como se detalla en la ITU-T G.652 categoría D. Esta fibra se emplea principalmente en las redes: Feeder y distribución. Por otro lado, para la red de dispersión, suele utilizarse la fibra insensible a pérdidas por flexión, tal como se describe en el estándar ITU-T G.657 categoría A [2].

#### 2.2.8 Requerimientos de servicio para XGS-PON

XGS-PON debe tener la capacidad de mantener diversos servicios, que comprenden telefonía (VoIP, POTs), televisión en directo (IPTV, video RF), líneas exclusivas (E1, T1), internet de alta velocidad, red troncal móvil, servicios VPN y servicios IP, abarcando incluso servicios previos, soportados por G-PON [2].

#### 2.2.9 Niveles de potencia de XGS-PON

Los niveles de potencia correspondientes a XGS-PON, para la velocidad de 9.95328 Gbits/s y una distancia diferencial de 20 kilómetros, son visualizados en la **Tabla 2-1** y la **Tabla 2-2**. La potencia óptica guarda una relación directamente proporcional con el flujo del tráfico. En situaciones de señales de control con pocos datos, se manifiesta una sensibilidad de -22 dB. En el caso de señales con alto tráfico, que implican mayor cantidad de datos, se establece una sensibilidad de -18 dB. A medida que se incrementa la distancia lógica, se observa un aumento en la latencia, pudiendo surgir problemas de pérdida de datos en las ONU con valores de -30 dB [2].



**Tabla 2-1.** Niveles de potencia de XGS-PON para 9.95328 Gbits/s downstream.

Parámetros	Unidades	Valores		
<b>Tx OLT (<math>O_{ld}</math>)</b>				
Velocidad nominal de línea	Gbits/s	9.95328		
ORL mínimo de la ODN en $O_{lu}$ y $O_{ld}$	dB	32		
Clase de ODN		N1	N2	E1
Potencia media mínima de lanzamiento en R/S	dB	+2.0	+4.0	+6.0
Potencia media máxima de lanzamiento en R/S	dB	+9.0	+9.0	+9.0
Potencia óptica reflejada máxima	dB	-15		
<b>Rx ONU (<math>O_{rd}</math>)</b>				
Clase de ODN		N1	N2	E1
Sensibilidad	dB	-28	-28	-28
Sobrecarga	dB	-9	-9	-9

Fuente: [2].

**Tabla 2-2.** Niveles de potencia de XGS-PON para 9.95328 Gbits/s upstream.

Parámetros	Unidades	Valores		
<b>Tx ONU (<math>O_{ru}</math>)</b>				
Velocidad nominal de línea	Gbits/s	9.95328		
ORL mínimo de la ODN en $O_{ru}$ y $O_{rd}$	dB	32		
Clase de ODN		N1	N2	E1
Potencia media mínima de lanzamiento en R/S	dB	+4.0	+4.0	+4.0
Potencia media máxima de lanzamiento en R/S	dB	+9.0	+9.0	+9.0
Potencia óptica reflejada máxima	dB	-15		
<b>Rx OLT (<math>O_{lu}</math>)</b>				
Clase de ODN		N1	N2	E1
Sensibilidad	dB	-26	-28	-30
Sobrecarga	dB	-5	-7	-9

Fuente: [2].

### 2.2.10 Clases de ODN para XGS-PON

Las clases de ODN recomendadas para XGS-PON se observan en la **Tabla 2-3**. Se definen cuatro clases para el conjunto fundamental de longitudes de onda, y tres clases para el conjunto facultativo de longitudes de onda, las cuales sirven para los escenarios de coexistencia de XGS-PON, con generaciones anteriores [2].

**Tabla 2-3.** Clases de ODN para XGS-PON.

Elemento	Unidades	Conjunto fundamental de longitudes de onda			Conjunto facultativo de longitudes de onda			
		Clase B+	Clase C+	Clase C++	Clase N1	Clase N2	Clase E1	Clase E2
Clase OPL (Optical Path Loss)								
Potencia óptica del módulo	dB	1.5 - 5	3 - 7	6 - 10	2 - 9	4 - 9	6 - 9	9
Pérdida mínima en la ODN [2]	dB	-13	-17	-20	-14	-16	-18	-20
Pérdida máxima en la ODN [2]	dB	-28	-32	-35	-29	-37	-33	-35

Fuente: [2] [17].

### 2.2.11 Relación de división de los splitters para XGS-PON

XGS-PON permite convivir con una estructura ODN con división de hasta 1:128, similar a las redes G-PON. Su máxima relación de división es de 1:256. En ciertos escenarios, la inclusión de un extensor de alcance puede ser necesaria [2].

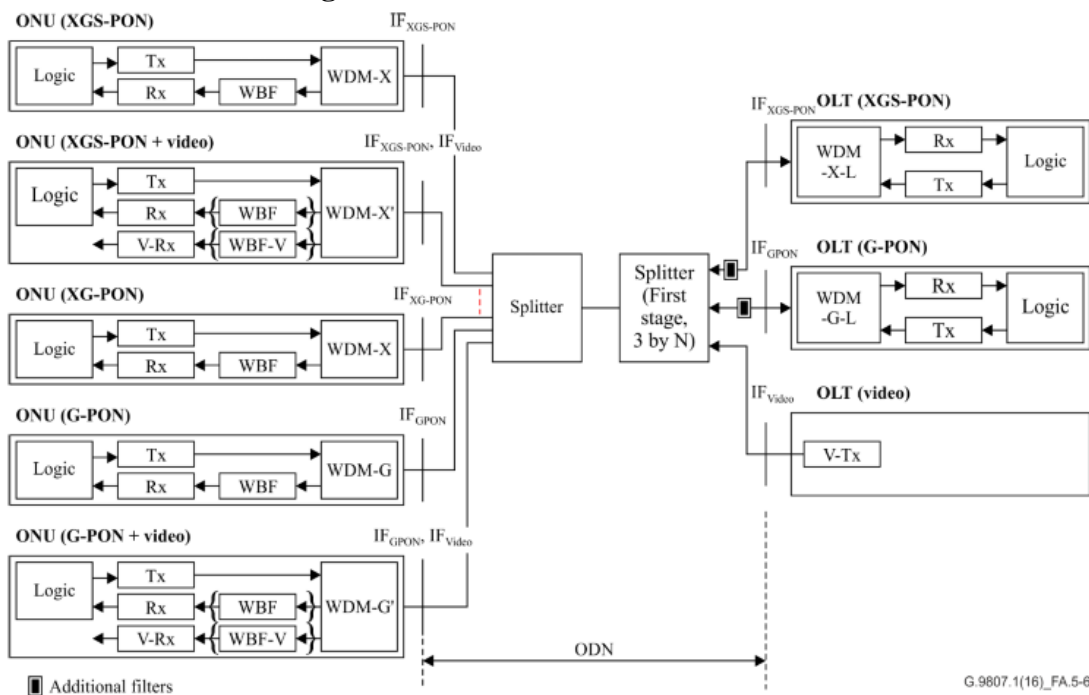
Cuando la OLT da acceso (TDMA), una ONU/ONT con 64 abonados tiene 1.56% del tiempo de transmisión asignado. En arquitecturas con 128 abonados es del 0.78% del tiempo. Todas las ONU son B+, ya que transmiten poco tráfico en tecnologías con conjunto fundamental de longitudes de onda.

### 2.2.12 Seguridad ocular en XGS-PON

Los láseres para la transmisión en XGS-PON, lo detalla el estándar IEC 60825-2. Las potencias de los láseres clase 1 y clase 1M, están en el orden de los 0.01 mW [2].

### 2.2.13 Escenarios de coexistencia de XGS-PON con generaciones anteriores

En XGS-PON existen diferentes tipos de arquitecturas ODN, para lograr escenarios de coexistencia con generaciones anteriores, y servicios adicionales como la distribución de video RF. La estructura referencial de convivencia de XGS-PON, XG-PON, G-PON y servicios de video RF, se observa en la **Figura 2-4** [2].

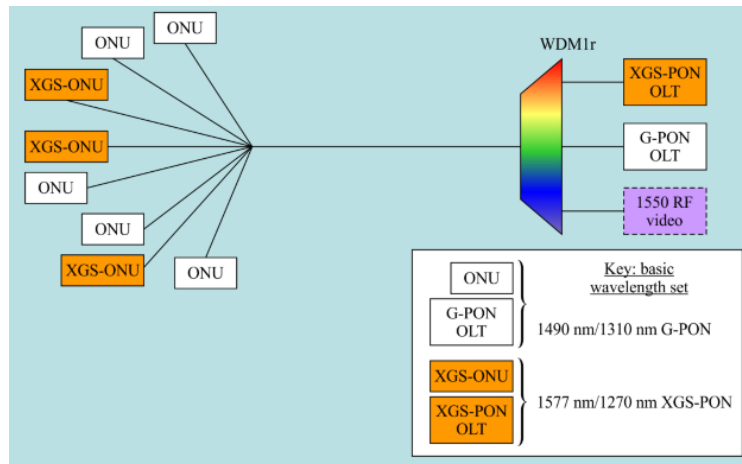


**Figura 2-4.** Arquitectura para la coexistencia de XGS-PON, G-PON, XG-PON y servicios de RF.

**Fuente:** [2].

#### 2.2.13.1 Escenario de coexistencia de G-PON, XGS-PON y video RF

En este escenario se utiliza un componente multiplexor/demultiplexor WDM1r. En la **Figura 2-5**, se utiliza el conjunto fundamental de longitudes de onda XGS-PON, es decir, G-PON, utiliza sus bandas de longitud de onda de operación de 1490/1310 nm, mientras que XGS-PON, también utiliza sus bandas de operación en 1577/1270 nm. A esto se le añade la señal de video RF que opera en los 1550nm [2].

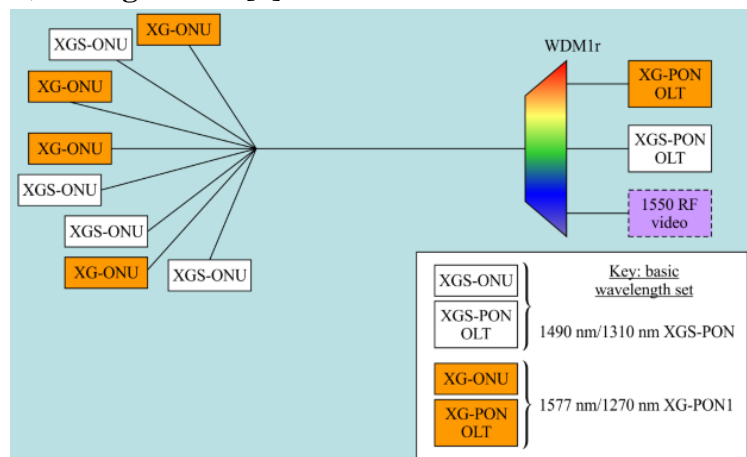


**Figura 2-5.** Escenario de coexistencia de G-PON, XGS-PON y servicio de video RF.

**Fuente:** [2].

### 2.2.13.2 Escenario de coexistencia de XGS-PON, XG-PON y video RF

Para la coexistencia de XGS-PON, XG-PON y video RF, también se utiliza un elemento WDM1r. Sin embargo, para este escenario, se utiliza el conjunto facultativo de longitudes de onda de XGS-PON, ver **Figura 2-6** [2].

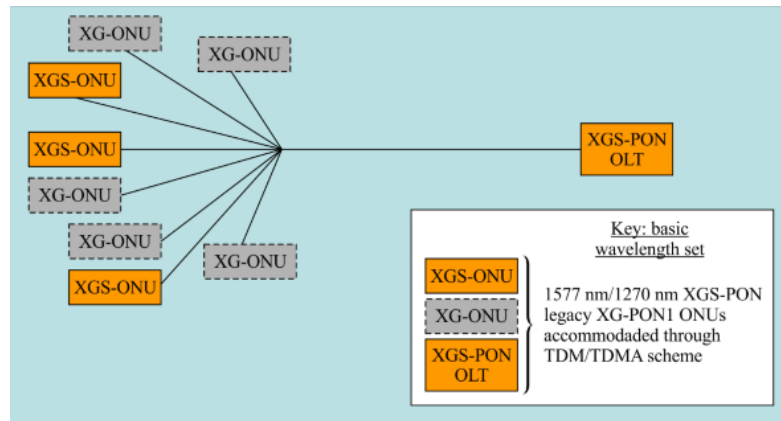


**Figura 2-6.** Escenario de coexistencia de XGS-PON, XG-PON y servicio de video RF.

**Fuente:** [2].

### 2.2.13.3 Escenario de coexistencia de XG-PON con XGS-PON

Para que XGS-PON y XG-PON puedan coexistir en este escenario, se trabaja con un esquema TDM/TDMA, sin el uso del componente WDM1r. Se asignan espacios de tiempo a cada ONU, para que puedan enviar su información, a través del mismo hilo de fibra. En la dirección ascendente, la OLT puede extraer y diferenciar las transmisiones de datos de cualquier tipo de ONU, mientras que, en la dirección descendente, las ONU pueden ignorar las transmisiones relacionadas a una tecnología que no admite. En la **Figura 2-7** se observa este escenario [2].

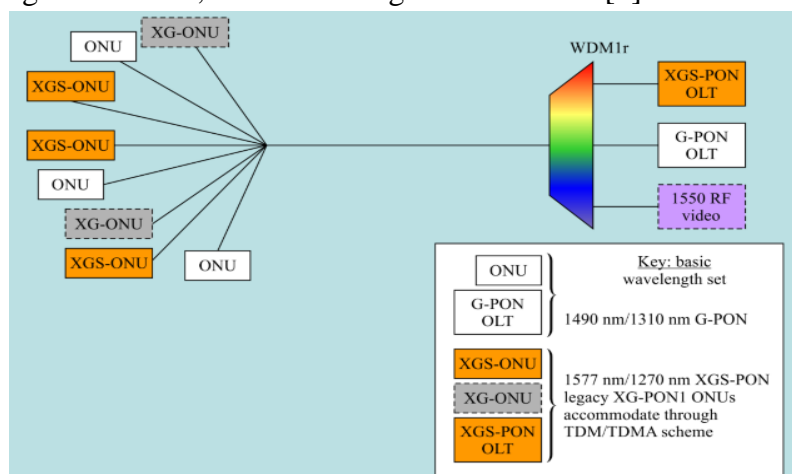


**Figura 2-7.** Escenario de coexistencia de XGS-PON con XG-PON.

**Fuente:** [2].

#### 2.2.13.4 Escenario de coexistencia de las tecnologías PON y video RF

Este escenario, se logra a través de la utilización del elemento WDM1r, para combinar o aislar las señales de XGS-PON, G-PON y video RF. En la **Figura 2-8**, se visualiza la repartición de las bandas de longitud de onda, en las tecnologías en mención [2].



**Figura 2-8.** Escenario de coexistencia de las tecnologías PON y video RF.

**Fuente:** [2]

#### 2.2.14 Escenarios de migración de XGS-PON

El sistema XGS-PON, debe ser capaz de soportar las configuraciones y servicios previos como G-PON y XGS-PON que garantice una migración fluida y transparente, para los usuarios de estas redes PON a la red XGS-PON. Se definen dos escenarios de migración para XGS-PON: el escenario de migración Brownfield y el escenario de migración Greenfield [2].

##### 2.2.14.1 Escenario Brownfield

El escenario PON Brownfield, se refiere a la reutilización de la infraestructura existente, para ofrecer servicios portadores de mayor ancho de banda, utilizando XGS-PON. El operador puede optar por trasladar a los abonados del sistema G-PON o XG-PON existentes al sistema XGS-PON, mientras que, otros abonados permanecerán en los sistemas G-PON o XG-PON [2].

La principal desventaja de este escenario es que, G-PON ya lleva implementado varios años, y la fibra óptica tiene 25 años de duración aproximadamente, entonces necesariamente se tendrá que cambiar a una infraestructura nueva después [2].

#### 2.2.14.2 Escenario Greenfield

Se denominan "PON Greenfields" a redes no implementadas todavía. No se requieren requisitos de coexistencia con G-PON en este escenario. Si no se utiliza XG-PON en la red, tampoco es necesario que coexista con XG-PON. Este escenario brinda ventajas técnicas, sin embargo, también tiene sus desventajas como: mayor inversión económica y mayor tiempo de implementación [2].

#### 2.2.15 Beneficios de XGS-PON

La tecnología XGS-PON proporciona beneficios, los cuales se muestran a continuación: [2]

- **Rendimiento mejorado:** los proveedores de servicios, pueden ofrecer velocidades de 10 Gbits/s, tanto en enlaces de bajada como de subida. Al aumentar la capacidad a 10 Gbits/s, pueden incrementar las velocidades de conexión de los 300 Mbits/s actuales a 500 Mbits/s, 1 Gbits/s y 2 Gbits/s, para los principales abonados.
- **Mayor alcance:** XGS-PON tiene un mayor alcance que tecnologías PON anteriores. Mientras que el alcance máximo para las tecnologías PON anteriores como G-PON es de 20 km, XGS-PON tiene un alcance de 40 km sin extensores y un alcance de 60 km con extensores. Este alcance es similar a XG-PON.
- **Mayor capacidad de usuarios:** XGS-PON tiene la capacidad de albergar más usuarios que tecnologías PON anteriores, ya que, tiene una relación máxima de división de 1:256, la cual es superior a la relación máxima de 1:128, que tienen las redes G-PON. Esta capacidad de albergar usuarios es igual que en XG-PON.
- **Mayor productividad empresarial:** XGS-PON, ofrece un mejor acceso a los servicios en la nube. Esto significa, un ahorro significativo y una mayor eficiencia. Así como servicios de tele-trabajo.
- **Futuro y coexistencia:** XGS-PON es un estándar preparado para el futuro, que puede coexistir con tecnologías PON anteriores. Un proveedor de red puede incluso actualizar de forma selectiva, a los usuarios que necesiten velocidades más rápidas, y dejar a los demás usuarios como están.

#### 2.2.16 Elementos de las redes de distribución óptica

Los elementos de las redes de distribución óptica se pueden ver en la **Tabla 2-4**.

**Tabla 2-4.** Elementos en las redes de acceso ópticas.

Elemento	Descripción
<b>Empalme por fusión</b>	Método que une permanentemente dos fibras ópticas mediante una fuente de calor que provoca la fusión de las fibras.
<b>Conectores</b>	Se encuentran los tipos: LC, SC, FC y ST.
<b>Pigtail</b>	Segmentos de fibras ópticas cortas con un conector en uno de sus extremos y fibra óptica desnuda en el otro. Se utilizan para empalmar la fibra principal del cable y permiten una conexión más rápida y fácil que el empalme directo.

<b>Patchcords</b>	Cables con conectores en ambos extremos que permiten la conexión entre equipos de comunicaciones y distribuidores de fibra óptica.
<b>Atenuadores Ópticos</b>	Disminuyen la intensidad en la señal transmitida a niveles adecuados que permitan un procesamiento óptimo de la misma, evitando así la saturación de los receptores.
<b>Caja de empalme</b>	Es un dispositivo diseñado para resguardar los empalmes de fibra óptica de factores externos como la humedad y la intemperie
<b>Mangas</b>	Componentes de redes de fibra óptica externa para alojar empalmes de fusión. Permiten empalmes de extremo a extremo, internos y derivaciones.
<b>NAP</b>	Se conectan usuarios finales mediante cables de fibra óptica tipo Drop. Pueden instalarse en postes o muros, en interior o exterior de edificios.
<b>Cable Drop Óptico</b>	Utilizado en instalaciones internas o externas, y esencial para la conexión de usuarios finales.

Fuente: [2].

### 2.2.17 TIA/EIA-598-C

TIA/EIA598-C, establece el código de colores para el cableado de fibra, tanto para los buffers como para cada hilo. La codificación soporta hasta 24 combinaciones, ver **Tabla 2-5** [18].

**Tabla 2-5.** Código de colores para el cableado de fibra.

Posición	Color	Posición	Color
1	Azul	13	Azul con raya negra
2	Naranja	14	Naranja con raya negra
3	Verde	15	Verde con raya negra
4	Marrón	16	Marrón con raya negra
5	Gris	17	Gris con raya negra
6	Blanco	18	Blanco con raya negra
7	Rojo	19	Rojo con raya negra
8	Negro	20	Negro con raya negra
9	Amarillo	21	Amarillo con raya negra
10	Violeta	22	Violeta con raya negra
11	Rosa	23	Rosa con raya negra
12	Turquesa	24	Turquesa con raya negra

Fuente: [18].

### 2.2.18 Presupuesto Óptico

Para el cálculo de la Atenuación Total (AT) se utiliza la (Ecuación 1), como se lo referencia en [18].

$$TA = (n \times C) + (c \times J) + (L \times a) + M \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Dónde:

- n= núm. conectores.
- C= atenuación por conector en dB.
- c= núm. fusiones.
- J=atenuación por fusión en dB.

- L: longitud de la fibra.
- a = pérdida fibra en dB/km.
- M = margen de guarda en dB.

### 2.2.19 *Dispersión cromática.*

Un haz de luz se compone de múltiples frecuencias, con velocidad no uniforme al propagarse por la fibra, causando distorsiones temporales. Esto es evidente en fibras monomodo, pero puede ser subsanado con una fuente de luz monocromática. Su medición se da en ps/km.nm [18].

### 2.2.20 *Parámetros de análisis de rendimiento*

Los parámetros de análisis de rendimiento en enlaces de fibra óptica se detallan a continuación.

#### 2.2.20.1 Razón Señal-Ruido (SNR)

Mide el desempeño del enlace [19].

#### 2.2.20.2 Tasa de error de Bits (BER)

La Recomendación ITU G.9807.1, determina que el parámetro BER debe ser menor a  $1 \times 10^{-9}$ . En el caso de no ser menor a  $1 \times 10^{-9}$  quiere decir que van a existir una mayor cantidad de bit errados. Para la medición de la tasa de bits errados se utiliza la (**Ecuación 2**) como se menciona en [19].

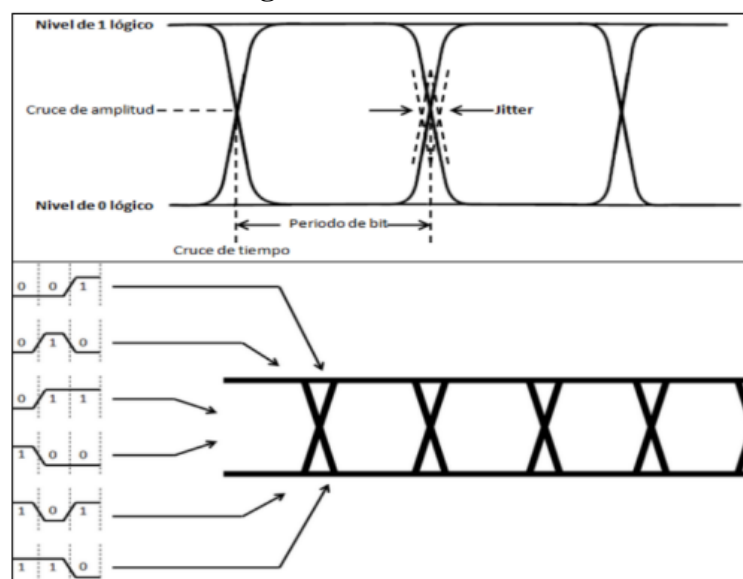
$$BER = \frac{N_e}{N_t} [dBm] \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

- $N_e$  = núm. error en t segundos.
- $N_t$  = núm. error en receptor en t segundos.

#### 2.2.20.3 Diagrama de ojo

Mide el desempeño del enlace, ver **Figura 2.9** [19].



**Figura 2.9.** Diagrama de ojo.

**Fuente:** [19].

#### 2.2.20.4 Factor Q

El Factor Q es el valor de la calidad de la señal. Se especifica un valor mínimo de 6 para una operación óptima del sistema, de igual forma si el factor  $Q < 6$ , eso quiere decir que, habrá más ruido en la señal transmitida. Se mide mediante la **(Ecuación 3)**, según lo mencionado en [19].

$$Q = SNR + 10 \cdot \log \frac{B_o}{B_c} [dBm] \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

- $B_o$  = Ancho de Banda (AB) en el receptor.
- $B_c$  = AB eléctrico en filtro del receptor.
- $QdB \sim SNR$ .

#### 2.2.21 Cálculo de Rentabilidad Económica

##### 2.2.21.1 Índice de Rentabilidad (IR)

Simboliza el monto de capital obtenido por cada moneda utilizada en la inversión. Se calcula mediante la **(Ecuación 4)** y mediante la **(Ecuación 5)** [20].

$$IR = \frac{\sum VP(Fcj)}{I_o} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$VP(Fcj) = \frac{Fcj}{(1 + Td)^n} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Si el IR es inferior a 1, implica que la inversión no es favorable. En cambio, si el IR supera el 1, implica que la inversión es favorable [20].

##### 2.2.21.2 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un indicador económico para estimar y establecer la viabilidad y la renta de un plan de inversión. El cálculo del VAN se puede realizar por medio de la **(Ecuación 6)** [20].

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1 + k)^t} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Si es positivo, implica que el proyecto concibe utilidades, si es igual a cero, si es negativo, el proyecto concibe pérdidas, implicando la no viabilidad del mismo [20].

##### 2.2.21.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR es una técnica adicional para estimar y establecer la viabilidad, se puede realizar por medio de la **(Ecuación 7)** [20].

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1 + i)^n} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Igualmente, si el valor del TIR supera la tasa de deducción, se considera que el proyecto no genera rentabilidad. [20].

#### 2.2.22 Componentes utilizados para el diseño con el software OPTYSISTEM

Los componentes más importantes utilizados para el diseño con el software OPTYSISTEM son los de la **Tabla 2-6**, como se menciona en [21].



**Tabla 2-6.** Componentes más importantes utilizados para el diseño con el software OPTYSYSTEM.

Componente	Elemento	Descripción	Componente	Elemento	Descripción
<b>Pseudo-Random Bit Sequence Generator</b>		Genera una sucesión de datos binarios de apariencia aleatoria.	<b>NRZ Pulse Generator</b>		Genera una señal codificada utilizando un método sin retorno a cero.
<b>Directly Modulated Laser Measured</b>		Controla directamente la modulación del láser mediante una señal eléctrica.	<b>WDM Transmitter</b>		Opera como un transmisor de señales ópticas en un sistema WDM, permitiendo configurar la frecuencia central, el espaciado entre canales, la potencia y el tipo de modulación, entre otros parámetros.
<b>Ideal MUX</b>		Emplea un multiplexor que no introduce pérdidas y proporciona aislamiento infinito.	<b>Loop Control</b>		Ofrece la capacidad de utilizar estructuras de bucle en su funcionamiento.
<b>Optical Fiber (SMF, DCF, NZ-DSF)</b>		Simula la propagación de una señal óptica en una fibra monomodo, teniendo en cuenta la degradación de la señal y su distancia.	<b>Optical Fiber CWSM</b>		Simula la transmisión de señales multiplexadas en un sistema CWDM, considerando los parámetros de degradación de la señal y la distancia de propagación.
<b>Optical Amplifier (EDFA)</b>		Realiza la amplificación de la señal con control de ganancia o potencia, permitiendo ajustar la figura de ruido y la potencia de salida del amplificador.	<b>WDM Demux</b>		Demultiplexa un número específico de canales de señal en un sistema WDM.
<b>WDM Demux ES</b>		Demultiplexa un número predefinido de canales de señal WDM, con filtros internos cuyas frecuencias centrales están equidistantes.	<b>Photodiode PIN</b>		Convierte una señal óptica en una señal eléctrica, teniendo en cuenta la capacidad de respuesta del dispositivo. Incluye opciones para configurar la responsividad y modelar el ruido.
<b>Low Pass Bessel Filter</b>		Incorpora un filtro con respuesta de frecuencia tipo Bessel.	<b>Optical Receiver</b>		El receptor óptico está compuesto por un fotodetector PIN o APD, un filtro Bessel y un generador 3R.
<b>VER Analyzer</b>		Ofrece la capacidad de calcular y visualizar tasas de error de bits (BER), el diagrama de ojo, el factor Q, entre otros parámetros.	<b>Oscilloscope Visualizer</b>		Calcula y muestra señales eléctricas en el dominio del tiempo.
<b>Optical Time Domain Visualizer</b>		Calcula y presenta señales ópticas en el dominio del tiempo, junto con la intensidad de la señal, la fase y el parámetro alpha para las polarizaciones X e Y.	<b>Optical Spectrum Analyzer</b>		Calcula y muestra señales ópticas en el dominio de la frecuencia, proporcionando información sobre la intensidad de la señal, la densidad espectral de potencia, la fase y otros parámetros relevantes.
<b>WDM Analyzer</b>		Calcula y muestra información sobre la potencia óptica, el ruido, la relación señal-ruido (SNR), la relación señal-ruido óptico (OSNR), la frecuencia y la longitud de onda para cada canal WDM.			

**Fuente:** [21].

### 3 CAPÍTULO III

#### 3 METODOLOGIA.

Se empleó el método exploratorio, descriptivo y explicativo, ya que, se realiza una revisión sistemática del estándar XGS-PON y la normativa ITU G.9807.x y se describe los parámetros técnicos del mismo. Se analiza, interpreta y discute las principales características del diseño, la simulación, para finalmente detallar la viabilidad financiera para la migración de la tecnología.

##### 3.1 Diseño de investigación

Se estableció un esquema de pasos a seguir desde el estudio de la tecnología XGS-PON, el diagnóstico la realidad actual de acceso a internet de la localidad. El uso del software QGIS y OPTISYSTEM para el análisis de los parámetros técnicos. Finalmente, evaluar los costos de los equipos del proyecto con tecnología XGS-PON.

##### 3.2 Tipos de investigación

Se aplica una investigación bibliográfica, experimental, transversal, y de campo.

En el proyecto, se utiliza una combinación de diferentes enfoques para recopilar información y profundizar en el conocimiento de la tecnología XGS-PON. Con la **investigación bibliográfica**, se revisa sistemáticamente libros, reportajes, artículos científicos, tesis de grado y en internet, para mejorar el criterio y enfoque. Además, se realiza una **investigación de campo** en el cantón Chambo y en el ISP SKYLINK SYSTEM para obtener datos reales de la población y la empresa con el uso de encuestas y entrevistas, con la finalidad de mejorar sus servicios de conexión. También se realiza una **investigación experimental**, se diseñó el sistema con dos tecnologías: G-PON y XGS-PON, y servicios adicionales como video RF por medio del uso del software QGIS y OPTISYSTEM. Además, es una **investigación transversal**, ya que, la información procesada proviene de la población y de las simulaciones de red FTTH de dos tecnologías distintas.

##### 3.3 Métodos de Investigación

**Exploratorio:** El enfoque exploratorio fue elegido para investigar la tecnología XGS-PON y su aplicación en sistemas FTTH en el entorno de estudio. La investigación exploratoria busca proporcionar una visión general de la realidad y formar teorías y soluciones a problemas.

**Descriptivo:** El enfoque descriptivo implica la recopilación de información basada en encuestas, para obtener datos precisos y realistas y, describir la realidad actual de acceso a internet.

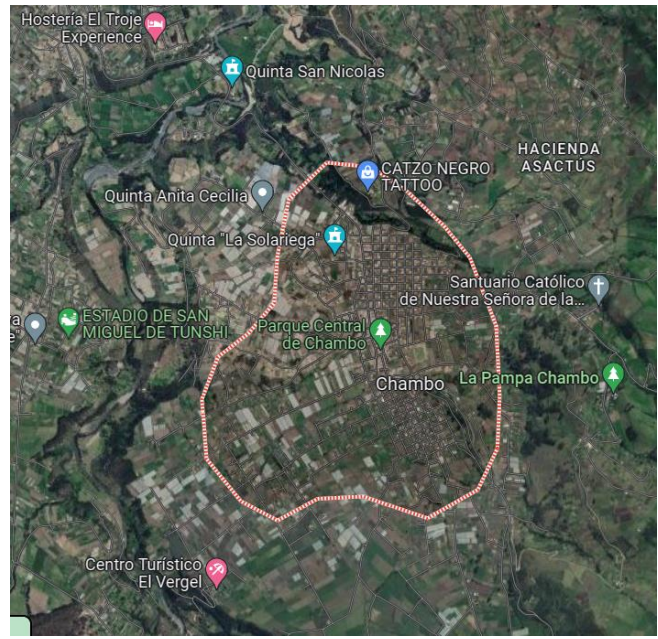
**Explicativo:** Este enfoque permite cotejar los parámetros técnicos de la red actual del ISP y de la red diseñada, para su futura implementación de la red con tecnología XGS-PON.

##### 3.4 Localización

Chambo está ubicado en las coordenadas de longitud oeste 78°35'32" y latitud sur 1°42'32", con una altitud que varía desde los 2400 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) en la parte baja del Río Chambo, hasta los 4711 m.s.n.m. en la parte alta cercana a los Cubillines [22], ver **Figura 3-1**.



a) Provincia de Chimborazo



b) Cantón Chambo

**Figura 3-1.** Ubicación del cantón Chambo en la provincia de Chimborazo.

**Fuente:** [23].

La ciudad de Chambo como tal, comprende una unión de viviendas y edificaciones principales de bancos, cooperativas, notarías, dependencias municipales y un pequeño centro comercial. Dichas edificaciones y viviendas se hallan comprendidas en una superficie de aproximadamente  $4.2 \text{ Km}^2$  y conforman la parte urbana del cantón. Al realizar una inspección física del área urbana del cantón se nota que en su mayoría es una superficie plana con construcciones que no superan los 15 metros de altura. La **Figura 3-2** muestra una panorámica de la provincia de Chimborazo y del área urbana del Cantón Chambo en la cual se aprecia lo indicado en líneas precedentes [22].



**Figura 3-2.** Vista paronímica del cantón Chambo.

**Fuente:** [23].

El cantón Chambo posee  $161.1 \text{ km}^2$  que representan el 2.5% de la superficie de la provincia de Chimborazo. A pesar de contar con una superficie pequeña, su importancia radica en la ubicación geográfica, en la diversidad de pisos climáticos y en la rica producción agrícola y ganadera [24].

Entre las parroquias rurales del cantón Chambo se tienen: Airon, Ainche, Jesús del Gran Poder, Julquis, Ulpán, San Pedro de Llucud, San Francisco de Chambo, San Antonio de Guayllabamba, Quintus, Guaractús. Asimismo, se tienen diferentes sectores o barrios que constituyen lugares específicos en los cuales se concentran la mayor parte de habitantes de este cantón. Los barrios son los siguientes: Catequilla, Titaicún, Batán, Galtén, Rumucruz, Chugllin, Guilbud, Santa Rosa, San Jorge, Llío, San Pedro del Quinto, El Rosario, El Vergel [24].

### 3.5 Población y muestra.

#### 3.5.1 Población

Chambo es un cantón de la provincia de Chimborazo, se encuentra ubicado al noreste de la provincia con una extensión de 16453.82 hectáreas. De acuerdo con los datos presentados por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), del último Censo de Población y Vivienda realizado en el país en el año 2010, el cantón Chambo posee 11885 habitantes, distribuidos entre el área urbana de la cabecera cantonal que posee 4459 habitantes y el área rural que alberga a 7426 habitantes. Este cantón concentra aproximadamente el 2.6% de la población de la provincia de Chimborazo, la cual cuenta con 458581 habitantes. En el Cantón Chambo existen 4478 viviendas [22].

Realizando un análisis comparativo entre los datos del censo 2001 versus los datos del censo 2010 se puede evidenciar un crecimiento poblacional en el área rural de 12.85%. Algo parecido sucede en el área urbana donde se muestra un importante incremento poblacional con un incremento promedio en el área urbana de 12.89%. En base al censo de población y vivienda en el año 2010 realizada por el INEC determina que la tasa de crecimiento poblacional es el 1.13% anual por lo que la población a futuro hasta el 2020 posiblemente sea de 7061 habitantes mujeres y de 6317 hombres que sumado tendremos una posible población de 13378 habitantes [25].

#### 3.5.2 Muestra

El cantón Chambo posee una población de 11885 habitantes según el censo del INEC realizado en 2010, como se lo expresa en [22]. Para el año 2022, con una tasa de crecimiento de 1.13% anual, se tendrán 13601 habitantes. Esta cantidad se procede a dividir para 4, que es la cantidad de personas promedio por familia, obteniendo un valor de 3400 familias.

Se proyecta que el ISP pueda alcanzar y mantener un 30% del mercado, siendo la cantidad de hogares que pueda abastecer del servicio. Es así que, la población resultante será de 1020 familias, de las cuales, se toma una muestra para realizar su respectiva entrevista.

Para tener una información adecuada en el proceso de muestreo, se considera un margen de error de 5% al 95 % de confiabilidad. Se aplica la fórmula para muestras finitas que se muestra en la (Ecuación 8).

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

- n: Tamaño de muestra buscado
- N: Tamaño de la Población
- z: Parámetro estadístico que depende el nivel de Confianza (NC)

- e: Error de estimación máximo aceptado
- p: Probabilidad que ocurra el evento estudiado (éxito)
- q: (1-p): Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

$$n = \frac{1020 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2(1020 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 279$$

En la investigación se necesitó una muestra de al menos 279 personas en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo.

### 3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Observación:** Técnica que favorecerá observar las características de la red actual del ISP SKYLINK SYSTEM y la red simulada en OPTISYSTEM y evidenciar la mejora de los servicios de conexión con la nueva tecnología.

**Encuesta:** Instrumento que permite recoger información acerca de las condiciones actuales de la red de acceso del ISP SKYLINK SYSTEM y su incidencia en el acceso a internet de la población del cantón Chambo, provincia de Chimborazo.

**Entrevista:** Se entrevista a todas las personas que inciden en el proyecto, como el personal de la empresa y expertos en el área de diseño e implementación de redes FTTx con tecnologías PON.

### 3.7 Hipótesis

La implementación de la red FTTH con tecnología XGS-PON mejorará el desempeño de la red, la velocidad y ancho de banda de la red de acceso del ISP SKYLINK SYSTEM.

### 3.8 Operacionalización de Variables

A continuación, se presenta la **Tabla 3-1** con la Operacionalización de variables.

**Tabla 3-1.** Operacionalización de variables.

Cuadro de Operacionalización de variables		
Variable Independiente	Concepto	Indicadores
<b>Diseño de la red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM.</b>	Diseño de la red XGS-PON aplicada en el cantón Chambo utilizando el software QGIS.	Número de ONT's Nivel de Ancho de banda por usuario
Variable Dependiente	Concepto	Indicadores
<b>Internet de alta velocidad ofertado por el ISP SKYLINK SYSTEM en el cantón Chambo de la provincia de Chimborazo.</b>	Análisis de los datos obtenidos en la red XGS-PON simulada mediante el software OPTISYSTEM.	Tasa de Error de Bits (BER) Factor Q Pérdida en NAP más lejana

**Fuente:** El Autor.

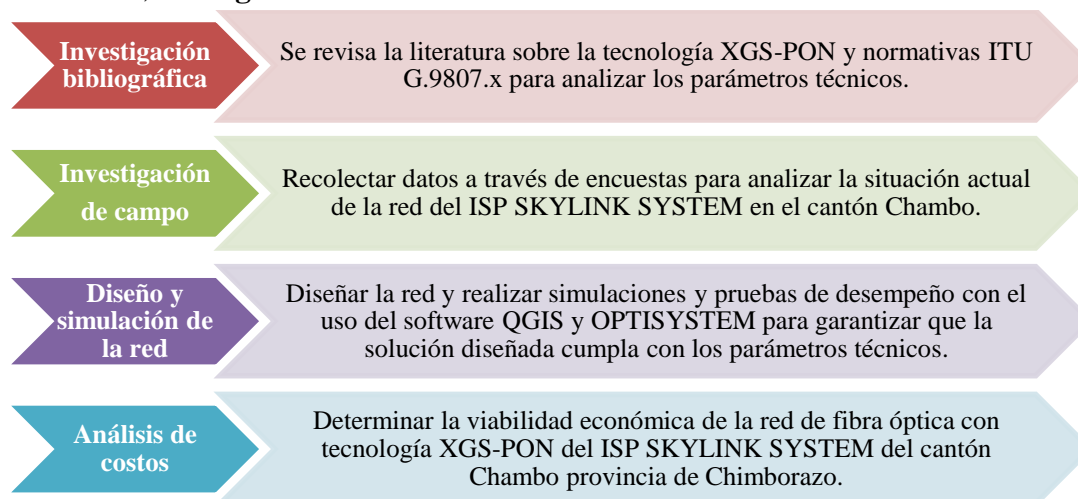
### 3.9 Métodos de análisis y procesamiento de datos

Se tabula y analiza las respuestas de las encuestas realizadas a la población, para determinar si es necesario mejorar los servicios de conexión. Además de los parámetros técnicos de la red actual, así como, la red simulada, según los parámetros técnicos, para evidenciar la necesidad de modernizar la tecnología actual del ISP y a su vez evaluar la viabilidad económica de migrar la tecnología, según los equipos necesarios para su implementación.

Se aplica técnicas estadísticas como: la media, la mediana, la desviación estándar, la correlación, entre otros, para analizar los datos y obtener conclusiones.

### 3.10 Procesos para el desarrollo del trabajo de investigación

Para desarrollar un sistema de red de fibra óptica con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM en el cantón Chambo, se seguirán cuatro etapas críticas. Primero, se realizará una investigación de campo mediante encuestas para recopilar información sobre la situación actual del acceso a internet. Luego, revisar la literatura sobre la tecnología XGS-PON y las normativas ITU para estudiar los parámetros técnicos. Posteriormente, se utilizará el software QGIS Y OPTISYSTEM para el diseño y análisis la red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON, luego se evaluará los parámetros técnicos tanto de la red actual, así como de la red simulada, y finalmente, determinar la viabilidad económica para la implementación de la red. Cada etapa desempeña un papel clave en el proceso global y es fundamental para el éxito de la implementación, ver **Figura 3-3**.



**Figura 3-3.** Procesos para el desarrollo del trabajo de investigación.

**Fuente:** El Autor.

### 3.11 Estudio de mercado

Se realizó un análisis de los ISP que operan en el cantón Chambo. Entre los principales proveedores de internet, se tiene: CNT E.P., STEALTH TELECOM DEL ECUADOR, TELCONET S.A., CONECCEL, TELEFÓNICA, MAXNET, SKYLINK SYSTEM, FASTNET CIA. LTDA, PUNTONET S.A. [24] [26].

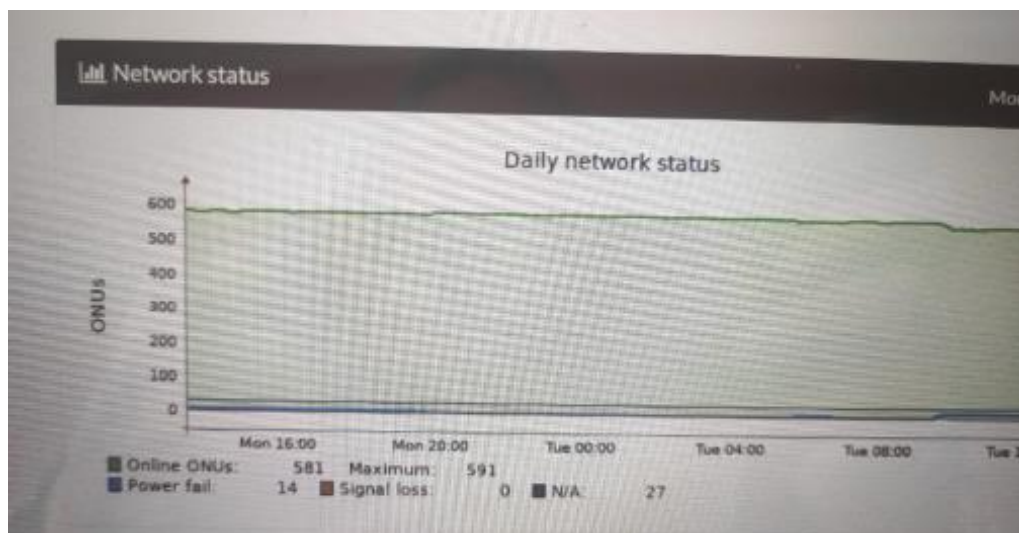
### 3.12 Estudio de la demanda

La empresa SKYLINK SYSTEM posee actualmente 581 usuarios activos, como se observa en la **Figura 3-4**.

Es importante destacar la presencia de establecimientos comerciales que ofrecen diversos servicios, como oficinas, consultorios médicos, jurídicos, farmacias, ferreterías, tiendas de ropa, entre otros, que pueden requerir el servicio. Además, se identificaron 27 instituciones educativas en la zona [27].

El análisis e interpretación de la encuestas se pueden observar en el Anexo 2.





**Figura 3-4.** ONU activas del ISP SKYLINK SYSTEM con 118 NAPS instaladas.

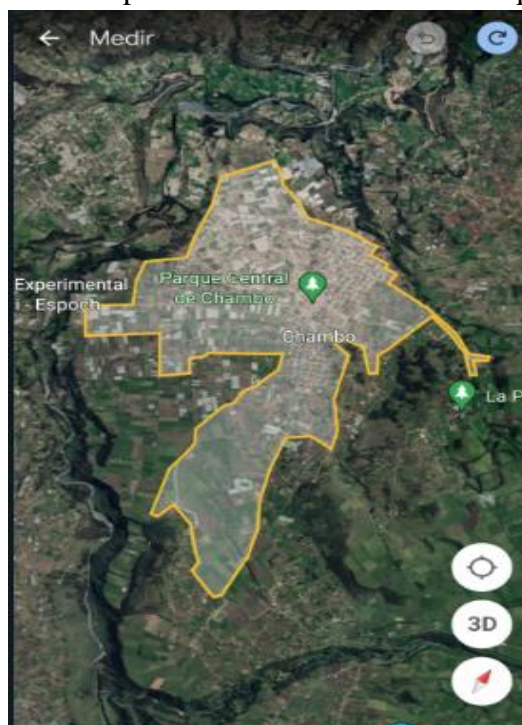
**Fuente:** El Autor.

### 3.13 Descripción de la red actual.

Para describir la infraestructura de la red actual se realiza los siguientes pasos: 1. Delimitación territorial, 2. Diagrama lógico de la red, 3. Arquitectura de la red actual.

#### 3.13.1 Delimitación territorial

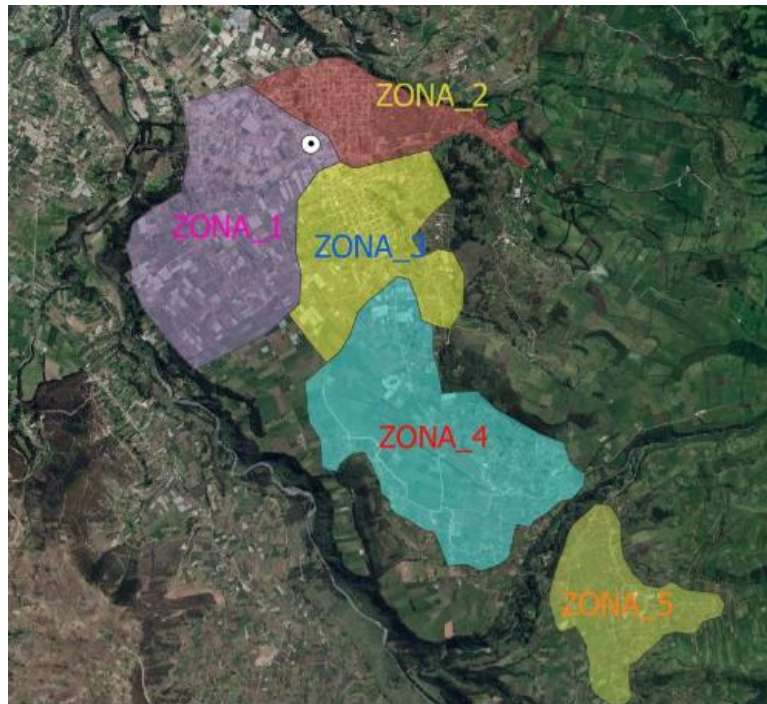
El área de cobertura actual de la empresa SKYLINK SYSTEM se puede ver **Figura 3-5**.



**Figura 3-5.** Zona de cobertura de la red propietaria del ISP SKYLINK SYSTEM.

**Fuente:** El Autor.

La empresa SKYLINK SYSTEM divide su cobertura en cinco zonas para una distribución uniforme y una mejor gestión de la red, como se evidencia en la **Figura 3-6**.

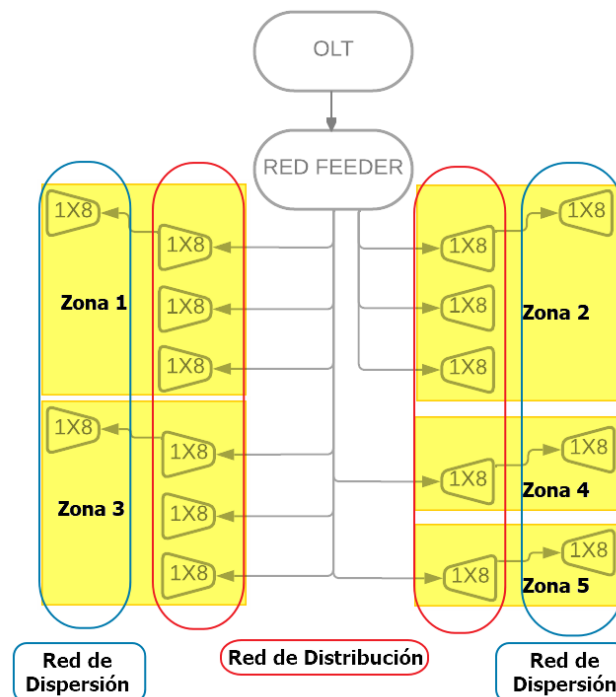


**Figura 3-6.** Zonificación red propietaria del ISP SKYLINK SYSTEM.

**Fuente:** El Autor.

### 3.13.2 Diagrama lógico de la red actual

La **Figura 3-7**, evidencia el diagrama lógico de la red actual implementada por la empresa SKYLINK SYSTEM.



**Figura 3-7.** Diagrama Lógico de la red actual.

**Fuente:** El Autor.



### 3.13.3 Arquitectura de la red actual

La arquitectura de la red actual la conforman la red (OLT, Red ODF, Red troncal, Red de Distribución, Red de Dispersión y la Red Interna que concluye en la ONT) de forma lógica y física como se muestra en la **Figura 3-8**.

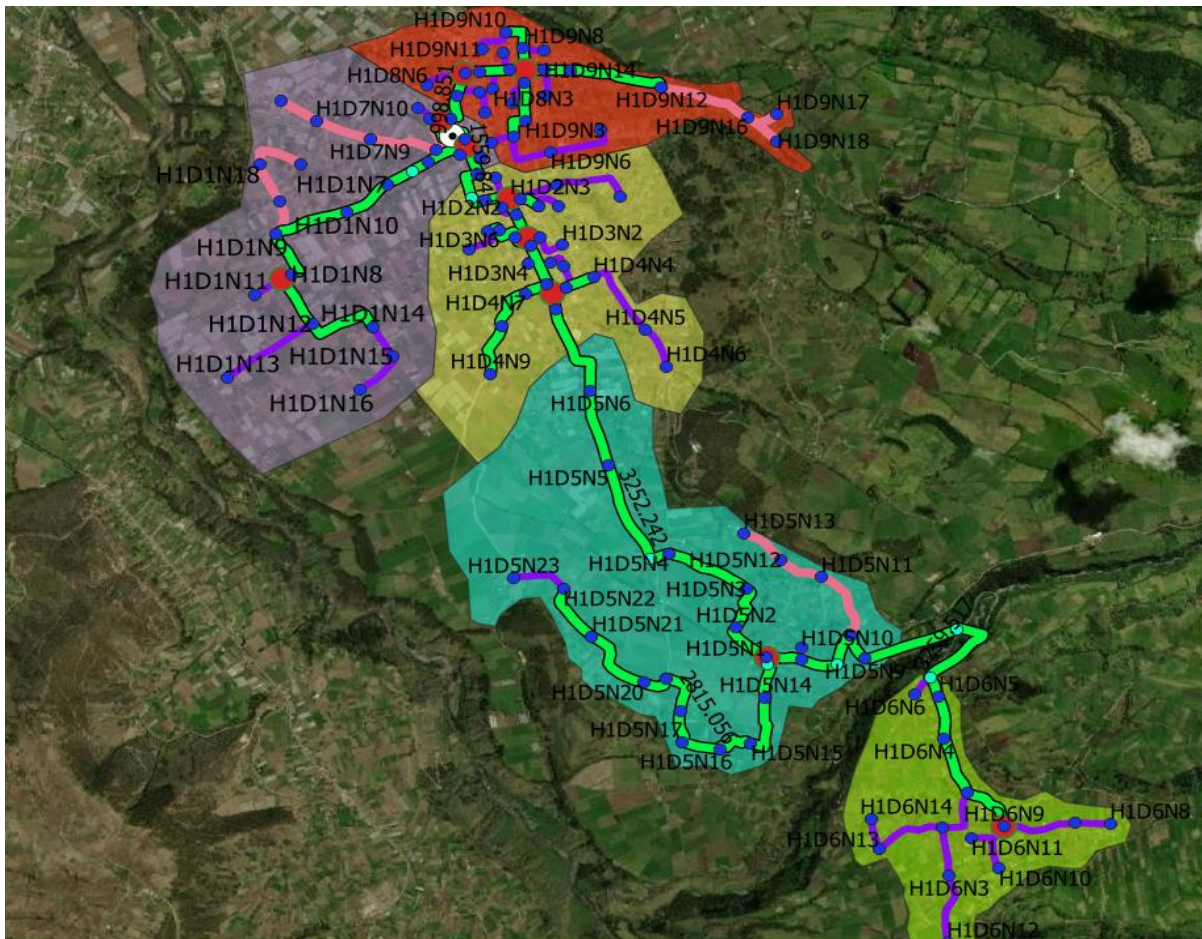


**Figura 3-8.** Diagrama de red.

**Fuente:** El Autor.

#### 3.13.3.1 Distribución de la red

Se define el nivel de splitteo y se plasma la red troncal, la red de distribución y la red de dispersión, como se observa en la **Figura 3-9**, la **Tabla 3-2** y la **Tabla 3-3**.



**Figura 3-9.** Red troncal, Red de Distribución y Red de Dispersión del sistema actual.

**Fuente:** El Autor.

**Tabla 3-2.** Elementos de la red de distribución y dispersión.

Feeder	Zona de cobertura	Puerto PON	Feeder	24 Hilos de Fibra Óptica	Primer nivel de splitter	DOMO	Segundo nivel de splitter	NAP
<b>H1</b>	ZONA_1	1,2,3	F1	1.1	1X8	D1	1X8	H1D1N1
				1.2				H1D1N24
				1.3				H1D7N1
	ZONA_2	4,5	F2	1.1	1X8	D7	1X8	H1D7N16
				1.2				H1D9N1
				1.3				H1D9N24
	ZONA_3	6,7	F2	1.4	1X8	D9	1X8	H1D8N1
				1.5				H1D8N8
				1.6				H1D3N1
	ZONA_4	8,9	F1	1.4	1X8	D3	1X8	H1D3N8
				1.5				H1D4N1
				1.6				H1D4N16
	ZONA_5	10	F1	2.1	1X8	D2	1X8	H1D2N1
				2.2				H1D2N8
				2.3				H1D5N1
	ZONA_6	11,12	F1	2.4	1X8	D5	1X8	H1D5N8
				2.5				H1D5N9
				2.6				H1D5N16
	ZONA_7	13	F1	2.4	1X8	D5	1X8	H1D5N17
				2.5				H1D5N24
2.6				H1D6N1				
ZONA_8	14,15,16	F1	2.5	1X8	D6	1X8	H1D6N8	
			2.6				H1D6N9	
			2.6				H1D6N16	

**Fuente:** El Autor.

**Tabla 3-3.** Distancias de los Elementos de la red de distribución y dispersión.

Feeder	Zona de cobertura	Puerto PON	FEDEER	24 Hilos de Fibra Óptica	Primer nivel de splitter	DOMO	Distancia primer nivel de splitter desde la OLT(m)	Segundo nivel de splitter	NAP	NAP MAS LEJANA POR ZONA	NAP MAS CERCANA POR ZONA
H1	ZONA_1	1,2,3	F1	1.1	1X8	D1	162.284	1X8	H1D1N1	H1D1N16 3163.442	H1D1N5 100.104
				1.2					H1D1N24		
				1.3					H1D7N1		
				1.1					H1D7N16		
				1.2							
				1.3							
	ZONA_2	6.7	F2	1.4	1X8	D9	998.486	1X8	H1D9N1	H1D8N1 615.456	H1D9N18 2696.711
				1.5					H1D9N24		
				1.6					H1D8N1		
									H1D8N8		
	ZONA_3	11.12		1.4	1X8	D3	987.869	1X8	H1D3N1	H1D2N3 767.661	H1D4N9 2358.84
				1.5					H1D3N8		
				1.6					H1D4N1		
									H1D4N16		
	ZONA_4	14,15,16	F1	2.1	1X8	D5	4974.366	1X8	H1D2N1	H1D5N23 7789.422	H1D5N1 4974.366
				2.2					H1D2N8		
2.3				H1D5N1							
				H1D5N8							
				H1D5N9							
				H1D5N16							
ZONA_5	17.18		2.4	1X8	D6	8233.883	1X8	H1D5N17	H1D6N12 9734.254	H1D6N9 8233.883	
			2.5					H1D5N24			
								H1D6N1			
								H1D6N8			
								H1D6N9			
								H1D6N16			
	2.6										

Fuente: El Autor.

### 3.14 Análisis de requerimientos técnicos en la red nueva con tecnología XGS-PON

#### 3.14.1 Dimensionamiento de la red

Es necesario conocer la asignación de ancho de banda requerido para cada hilo de fibra óptica, de acuerdo a las necesidades de los usuarios finales.

**Tabla 3-4.** Ancho de banda para sector residencial, comercial y educativo.

Requerimiento	Bajada	Subida	Residencial (bajada/subida) promedio	Comercial (bajada/subida) promedio	Educativo (bajada/subida) promedio
Email	1 Mbps				
Navegación	3-5 Mbps				
Redes Sociales	3-10 Mbps	1-10 Mbps	5 / 5 Mbps	10 / 10 Mbps	10 / 10 Mbps
Reproducción de música	1-5 Mbps				
Juegos online	5-100 Mbps	1-100 Mbps			
VoIP	64-256 kbps	64-256 kbps	256 / 256 Kbps	256/256 Kbps	256/256 Kbps
Netflix calidad SD - 480p	3-10 Mbps	-----			
Netflix calidad HD - 1080p	5-10 Mbps	-----	25 Mbps (bajada) promedio	25 Mbps (bajada) promedio	25 Mbps (bajada) promedio
Netflix calidad Ultra HD - 4K	25-100 Mbps	-----			
YouTube SD 360p	0.7 Mbps	-----			
YouTube SD 480p	1.1 Mbps	-----			
YouTube SD 720p	2.5 Mbps	-----	5 Mbps (bajada) promedio	10 / 10 Mbps	10 / 10 Mbps
YouTube SD 1080p	5 Mbps	-----			
YouTube SD 4K	20 Mbps	-----			
Video llamadas uno a uno	1-25 Mbps	128 kbps – 2 Mbps	25 / 25 Mbps	35 / 35 Mbps	35 / 35 Mbps
Videoconferencias	2-50 Mbps	512 kbps – 8 Mbps			
Descarga y subida de archivos pesados	40-100 Mbps	4-100 Mbps	-----	-----	35 / 35 Mbps
Influencers y/o trabajadores remotos	5-100 Mbps	1 Mbps – 100Mbps	10 / 10 Mbps	20 / 20 Mbps	35 / 35 Mbps
<b>TOTAL (bajada/subida en Mbps)</b>			<b>70 / 40 Mbps</b>	<b>100 / 75 Mbps</b>	<b>150 / 125 Mbps</b>

**Fuente:** [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34]

**Realizado por:** El Autor.

Ookla, una empresa de pruebas web y diagnóstico, realizó unas pruebas con Speedtest en la empresa CNT, de la cual se obtuvo una velocidad promedio de descarga de 30,82 Mbps en el primer trimestre de 2023 [35]. La Comisión Federal de Comercio, o Federal Communications Commission (FCC) de Estados Unidos recomienda entre 12 Mbps y 25 Mbps para disfrutar de una buena experiencia de uso y considera que una conexión a Internet es rápida cuando alcanza, al menos, 25 Mbps de bajada y 3 Mbps de subida; esto para el consumo de un solo usuario en una vivienda. Tomando estos datos como punto de partida, y en función de las actividades que puede consumir cada cliente, se estima un consumo estimado que se refleja en la **Tabla 3-4** [28] [29] [30].

Los valores de la **Tabla 3-4**, muestran el consumo promedio necesario para los enlaces de bajada y subida para cada cliente según el uso que le den a cada enlace de internet. La velocidad promedio, para 4 usuarios en el sector residencial es de 70 Mbps de bajada y 40 Mbps de subida; para 8 usuarios en el sector comercial es de 100 Mbps de bajada y 75 Mbps de subida, y; para más de 10 usuarios en el sector educativo (Instituciones Educativas) es de 150 Mbps de bajada y 125 Mbps de subida.

### 3.14.2 Análisis de requerimientos de ancho de banda

A continuación, se calcula el ancho de banda asignado a cada hilo de fibra tomando en cuenta la simetría de la tecnología XGS-PON con 10Gbps de subida y 10Gbps de bajada. De acuerdo al nivel de splitteo que en este caso es de 1:8 en el primer nivel, se hace uso de la (Ecuación 9).

$$AB = AB (XGS - PON) * RELACIÓN SPLITER \quad \text{(Ecuación 9)}$$

$$AB = 10Gb/s * 1/8 = 1.25 Gb/s$$

Así en el enlace ascendente como descendente (10Gb/s) para el tipo de splitter con una relación de 1:8 se tiene un ancho de banda de 1.25 Gb/s. Para calcular el ancho de banda del segundo nivel de splitter, se repite la fórmula, obteniendo el valor con un segundo splitter de 1:8 es de 156.25 Mbps simétrico, como máximo. Este valor es asignado de acuerdo a las necesidades del cliente final, ver **Tabla 3-5**.

**Tabla 3-5.** Distribución de ancho de banda para G-PON y XGS-PON.

Tecnología	Ancho de banda asignado al puerto.	Nivel de splitteo	Número de clientes máximos soportados	Ancho de banda mínimo asignado para cada cliente.
G-PON	1 Gbps.	Dos niveles de splitteo 1:8	64 clientes	15.625 Mbps
G-PON	2.5 Gbps	Dos niveles de splitteo 1:8	64 clientes	39.0625 Mbps
XGS-PON	10 Gbps.	Dos niveles de splitteo 1:8	64 clientes	156.25 Mbps
XGS-PON	10 Gbps.	Tres niveles de splitteo (1:2, 1:8, 1:8)	128 clientes	78.125 Mbps
XGS-PON	10 Gbps.	Tres niveles de splitteo (1:4, 1:8, 1:8)	256 clientes	39.0625 Mbps

**Fuente:** El Autor.

**Realizado por:** El Autor.

### 3.14.3 Presupuesto de enlace

Para el cálculo de del presupuesto de enlace se debe considerar los parámetros expuestos en la **Tabla 3-6**.

**Tabla 3-6.** Parámetros a considerar para el cálculo del presupuesto de enlace.

Parámetro	Valor de atenuación en dB
Potencia del transmisor	9 dB
Atenuación para Tx	~0.30dB por km a 1490 nm./ ~0.35dB por km a 1577/1550 nm.
Atenuación para Rx	~0.40dB por km a 1310 nm / ~0.44dB por km a 1270 nm
Atenuación por fusión	~0.1 dB o por empalme mecánico que es de 0.5 dB
Atenuación por conector	~0.25 dB a 0.6 dB
Atenuación por el Splitter de 1:2	3.5 dB
Atenuación por el Splitter de 1:4	7.0 dB
Atenuación por el Splitter de 1:8	9 o 10.6 dB
Atenuación por el Splitter de 1:16	14.0 dB
Atenuación por el Splitter de 1:32	17.5 dB
Atenuación por el Splitter de 1:64	21.00 dB
fibra óptica G.652.D para la red Feeder y red de distribución.	Atenuación de 0,4 a 1 dB/km de 1200-1400 nm Atenuación de 0,25 a 0,5 dB/km de 1400-1600 nm Dispersión cromática 1285-1330 nm 3,5 ps/km.nm Dispersión cromática 1270-1340 nm 6 ps/km.nm .Dispersión cromática en 1550 nm 20 ps/km.nm
fibra óptica G.657.A para la red de dispersión	Coefficiente de atenuación Máximo de 1310 nm a 1625 nm 0,4 dB/km Máximo a 1550 nm 0,3 dB/km Coefficiente de dispersión cromática S0máx 0,092 ps/nm <sup>2</sup> × km
Margen de guarda	2dB
El módulo que se aconseja instalar en la OLT debe ser mínimo de clase B+. Debido a su potencia que puede alcanzar hasta 20 km de recorrido, su parámetro de señal de Rx va de -8 dB hasta -28 dB. El nivel máximo de pérdidas de la clase N1 (29 dB).	

**Fuente:** [20] [18].

**Realizado por:** El Autor.

Se considera la (**Ecuación 1**) para los cálculos, que se la vuelve a colocar a continuación:

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

En la **Tabla 3-7**, se presentan los valores sumariados de pérdidas del enlace por cada longitud de onda que puede operar en el sistema. Cabe recalcar que, en el cálculo no consta la potencia del transmisor de la OLT, para evaluar su funcionamiento.

Para un detalle más específico de los cálculos se presentan la **Tabla 3-8** y **Tabla 3-9**, que representan el presupuesto de enlace de la NAP más cercana y de la NAP más lejana respectivamente.

**Tabla 3-7.** Presupuesto de enlace resumido para la distancia más lejana con margen de guarda.

<b>Presupuesto óptico resumido NAP más cercana y NAP más lejana</b>			
<b>Elementos de red</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Pérdidas por elemento (dB)</b>	<b>Total pérdida (dB)</b>
Conectores	6.00	0.25	1.50
Fusiones	8.00	0.10	0.80
Splitter 1:8	2.00	10.38	20.76
Distancia máxima OLT - ONT ( $\lambda=1270$ nm) en km	18.468	0.35	6.46
Distancia máxima OLT - ONT ( $\lambda=1310$ nm) en km	18.468	0.33	6.09
Distancia máxima OLT - ONT ( $\lambda=1490$ nm) en km	18.468	0.30	5.54
Distancia máxima OLT - ONT ( $\lambda=1550$ nm) en km	18.468	0.20	3.69
Distancia máxima OLT - ONT ( $\lambda=1577$ nm) en km	18.468	0.20	3.69
Margen	-	2.00	2.00
<b>PERDIDAS TOTALES</b>		<b>NAP más cercana</b>	<b>NAP más lejana</b>
Pérdida Total ( $\lambda=1270$ nm)		27.39545	35.18598
Pérdida Total ( $\lambda=1310$ nm)		25.36496	34.44725
Pérdida Total ( $\lambda=1490$ nm)		25.28872	32.60044
Pérdida Total ( $\lambda=1550$ nm)		25.32684	33.52385
Pérdida Total ( $\lambda=1577$ nm)		25.32684	33.52385

**Fuente:** El Autor.

**Tabla 3-8.** Presupuesto óptico NAP más cercana.

NAP MÁS CERCANAS																
ZONAS		Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5						
puertos PON		1,2,3,4,5		6,7,8,9		10,11,12,13		14,15,16		17,18						
		Pérdidas en dB	Total en dB	Pérdidas en dB	Total en dB	Pérdidas en dB	Total en dB	Pérdidas en dB	Total en dB	Pérdidas en dB	Total en dB					
<b>OLT</b>	conector	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00					
	cable patch cord	0.50		0.50		0.50		0.50		0.50		0.50				
<b>ODF</b>	conector	0.50	1.20	0.50	1.20	0.50	1.20	0.50	1.20	0.50	1.20					
	fusión	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10						
	conector	0.50		0.50		0.50		0.50		0.50						
	fusión	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10						
<b>FEEDER PRINCIPAL</b>	# hilos fibra	24	hilos	24	hilos	24	hilos	24	hilos	24	hilos					
	distancia fibra óptica	0.1623	km	0.6155	km	0.6971	km	4.9744	km	8.2339	km					
	pérdida $\lambda=1270$ nm	0.44	0.0714	0.44	0.2708	0.44	0.3067	0.44	2.1887	0.44	3.6229					
	pérdida $\lambda=1310$ nm	0.40	0.0649	0.40	0.2462	0.40	0.2788	0.40	1.9897	0.40	3.2936					
	pérdida $\lambda=1490$ nm	0.30	0.0487	0.30	0.1846	0.30	0.2091	0.30	1.4923	0.30	2.4702					
	pérdida $\lambda=1550$ nm	0.35	0.0568	0.35	0.2154	0.35	0.2440	0.35	1.7410	0.35	2.8819					
	pérdida $\lambda=1577$ nm	0.35	0.0568	0.35	0.2154	0.35	0.2440	0.35	1.7410	0.35	2.8819					
<b>ODC / DISTRIBUCIÓN</b>	conector	0	10.48	0	10.48	0	10.48	0	10.48	0	10.48					
	fusión	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1						
	primer splitter 1:8	10.38		10.38		10.38		10.38		10.38						
	conector	0		0.10		0		0.10		0		0.10	0	0.10	0	0.10
	fusión	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1	0.1	0.1	0.1	
<b>FEEDER DISTRIBUCIÓN</b>	# hilos fibra	6	hilos	6	hilos	6	hilos	6	hilos	6	hilos					
	distancia fibra óptica	0.1001	km	0.6155	km	0.7677	km	4.9744	km	8.2339	km					
	pérdida $\lambda=1270$ nm	0.44	0.0440	0.44	0.2708	0.44	0.3378	0.44	2.1887	0.44	3.6229					
	pérdida $\lambda=1310$ nm	0.40	0.0400	0.40	0.2462	0.40	0.3071	0.40	1.9897	0.40	3.2936					
	pérdida $\lambda=1490$ nm	0.30	0.0300	0.30	0.1846	0.30	0.2303	0.30	1.4923	0.30	2.4702					



	pérdida $\lambda=1550$ nm	0.35	0.0350	0.35	0.2154	0.35	0.2687	0.35	1.7410	0.35	2.8819
	pérdida $\lambda=1577$ nm	0.35	0.0350	0.35	0.2154	0.35	0.2687	0.35	1.7410	0.35	2.8819
<b>OTP / DISTRIBUCIÓN</b>	conector	0		0		0		0		0	
	fusión	0.1	10.48	0.1	10.48	0.1	10.48	0.1	10.48	0.1	10.48
	segundo splitter 1:8	10.38		10.38		10.38		10.38		10.38	
	conector	0.5	0.60	0.5	0.60	0.5	0.60	0.5	0.60	0.5	0.60
	transición	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1	
	# enlaces dispersión	2	hilos	2	hilos	2	hilos	2	hilos	2	hilos
distancia fibra óptica	0.5	km	0.5	km	0.5	km	0.5	km	0.5	km	
<b>FEEDER DISPERSIÓN</b>	pérdida $\lambda=1270$ nm	0.44	0.2200	0.44	0.2200	0.44	0.2200	0.44	0.2200	0.44	0.2200
	pérdida $\lambda=1310$ nm	0.40	0.2000	0.40	0.2000	0.40	0.2000	0.40	0.2000	0.40	0.2000
	pérdida $\lambda=1490$ nm	0.30	0.1500	0.30	0.1500	0.30	0.1500	0.30	0.1500	0.30	0.1500
	pérdida $\lambda=1550$ nm	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750
	pérdida $\lambda=1577$ nm	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750
	conector	0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	
<b>CLIENTE / ROSETA / ONT</b>	fusión	0.1	1.2	0.1	1.2	0.1	1.2	0.1	1.2	0.1	1.2
	cable patch cord	0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	
	puerto	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1	
	pérdida $\lambda=1270$ nm	<b>25.3954507</b>		<b>25.8216013</b>		<b>25.9244944</b>		<b>29.6574421</b>		<b>32.5258170</b>	
pérdida $\lambda=1310$ nm	<b>25.3649552</b>		<b>25.7523648</b>		<b>25.8459040</b>		<b>29.2394928</b>		<b>31.8471064</b>		
pérdida $\lambda=1490$ nm	<b>25.2887164</b>		<b>25.5792736</b>		<b>25.6494280</b>		<b>28.1946196</b>		<b>30.1503298</b>		
pérdida $\lambda=1550$ nm	<b>25.3268358</b>		<b>25.6658192</b>		<b>25.7476660</b>		<b>28.7170562</b>		<b>30.9987181</b>		
pérdida $\lambda=1577$ nm	<b>25.3268358</b>		<b>25.6658192</b>		<b>25.7476660</b>		<b>28.7170562</b>		<b>30.9987181</b>		
<b>TOTAL PÉRDIDAS</b>											

Fuente: El Autor.

**Tabla 3-9.** Presupuesto óptico NAP más lejana.

<b>NAP MÁS LEJANAS</b>																
<b>ZONAS</b>		<b>Zona 1</b>		<b>Zona 2</b>		<b>Zona 3</b>		<b>Zona 4</b>		<b>Zona 5</b>						
<b>puertos PON</b>		1,2,3,4,5		6,7,8,9		10,11,12,13		14,15,16		17,18						
		<b>Pérdidas en dB</b>	<b>Total en dB</b>	<b>Pérdidas en dB</b>	<b>Total en dB</b>	<b>Pérdidas en dB</b>	<b>Total en dB</b>	<b>Pérdidas en dB</b>	<b>Total en dB</b>	<b>Pérdidas en dB</b>	<b>Total en dB</b>					
<b>OLT</b>	<b>conector</b>	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00					
	<b>cable patch cord</b>	0.50		0.50		0.50		0.50		0.50		0.50				
<b>ODF</b>	<b>conector</b>	0.50	1.20	0.50	1.20	0.50	1.20	0.50	1.20	0.50	1.20					
	<b>fusión</b>	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10						
	<b>conector</b>	0.50		0.50		0.50		0.50		0.50						
	<b>fusión</b>	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10						
<b>FEEDER PRINCIPAL</b>	<b># hilos fibra</b>	24	hilos	24	hilos	24	hilos	24	hilos	24	hilos					
	<b>distancia fibra óptica</b>	0.2036	km	0.9985	km	1.5598	km	4.9744	km	8.2339	km					
	<b>pérdida <math>\lambda=1270</math> nm</b>	0.44	0.0896	0.44	0.4393	0.44	0.6863	0.44	2.1887	0.44	3.6229					
	<b>pérdida <math>\lambda=1310</math> nm</b>	0.40	0.0815	0.40	0.3994	0.40	0.6239	0.40	1.9897	0.40	3.2936					
	<b>pérdida <math>\lambda=1490</math> nm</b>	0.30	0.0611	0.30	0.2995	0.30	0.4680	0.30	1.4923	0.30	2.4702					
	<b>pérdida <math>\lambda=1550</math> nm</b>	0.35	0.0713	0.35	0.3495	0.35	0.5459	0.35	1.7410	0.35	2.8819					
	<b>pérdida <math>\lambda=1577</math> nm</b>	0.35	0.0713	0.35	0.3495	0.35	0.5459	0.35	1.7410	0.35	2.8819					
<b>ODC / DISTRIBUCIÓN</b>	<b>conector</b>	0	10.48	0	10.48	0	10.48	0	10.48	0	10.48					
	<b>fusión</b>	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1						
	<b>primer splitter 1:8</b>	10.38		10.38		10.38		10.38		10.38						
	<b>conector</b>	0		0.10		0		0.10		0		0.10	0	0.10	0	0.10
	<b>fusión</b>	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1	0.1	0.1	0.1	
<b>FEEDER DISTRIBUCIÓN</b>	<b># hilos fibra</b>	6	hilos	6	hilos	6	hilos	6	hilos	6	hilos					
	<b>distancia fibra óptica</b>	3.1634	km	2.6967	km	2.3588	km	7.7894	km	9.7343	km					
	<b>pérdida <math>\lambda=1270</math> nm</b>	0.44	1.3919	0.44	1.1866	0.44	1.0379	0.44	3.4273	0.44	4.2831					
	<b>pérdida <math>\lambda=1310</math> nm</b>	0.40	1.2654	0.40	1.0787	0.40	0.9435	0.40	3.1158	0.40	3.8937					
	<b>pérdida <math>\lambda=1490</math> nm</b>	0.30	0.9490	0.30	0.8090	0.30	0.7077	0.30	2.3368	0.30	2.9203					

	pérdida $\lambda=1550$ nm	0.35	1.1072	0.35	0.9438	0.35	0.8256	0.35	2.7263	0.35	3.4070
	pérdida $\lambda=1577$ nm	0.35	1.1072	0.35	0.9438	0.35	0.8256	0.35	2.7263	0.35	3.4070
OTP / DISTRIBUCIÓN	conector	0		0		0		0		0	
	fusión	0.1	10.48	0.1	10.48	0.1	10.48	0.1	10.48	0.1	10.48
	segundo splitter 1:8	10.38		10.38		10.38		10.38		10.38	
	conector	0.5	0.60	0.5	0.60	0.5	0.60	0.5	0.60	0.5	0.60
	fusión	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1	
FEEDER DISPERSIÓN	# hilos fibra	2	hilos	2	hilos	2	hilos	2	hilos	2	hilos
	distancia fibra óptica	0.5	km	0.5	km	0.5	km	0.5	km	0.5	km
	pérdida $\lambda=1270$ nm	0.44	0.2200	0.44	0.2200	0.44	0.2200	0.44	0.2200	0.44	0.2200
	pérdida $\lambda=1310$ nm	0.40	0.2000	0.40	0.2000	0.40	0.2000	0.40	0.2000	0.40	0.2000
	pérdida $\lambda=1490$ nm	0.30	0.1500	0.30	0.1500	0.30	0.1500	0.30	0.1500	0.30	0.1500
	pérdida $\lambda=1550$ nm	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750
	pérdida $\lambda=1577$ nm	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750	0.35	0.1750
CLIENTE / ROSETA / ONT	conector	0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	
	fusión	0.1	1.2	0.1	1.2	0.1	1.2	0.1	1.2	0.1	1.2
	cable patch cord	0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	
	transición	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1	
TOTAL PÉRDIDAS	pérdida $\lambda=1270$ nm	26.7615121		26.9058867		27.0042192		30.8960667		33.1859803	
	pérdida $\lambda=1310$ nm	26.6068292		26.7380788		26.8274720		30.3655152		32.4472548	
	pérdida $\lambda=1490$ nm	26.2201219		26.3185591		26.3856040		29.0391364		30.6004411	
	pérdida $\lambda=1550$ nm	26.4134756		26.5283190		26.6065380		29.7023258		31.5238480	
	pérdida $\lambda=1577$ nm	26.4134756		26.5283190		26.6065380		29.7023258		31.5238480	

Fuente: El Autor.

### a) Cálculo del balance de potencias para XGS-PON

El balance de potencias permite determinar si mediante las potencias de transmisión y recepción mínimas y máximas de los equipos se va a conseguir que la señal se reciba sin sobrecargar a los equipos (Recomendación ITU-T G.9807.1) Para el cálculo del balance óptico se tendrá que cumplir con la (Ecuación 10).

$$Prx \leq Ptx - \alpha Total \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde,

- Prx: Potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo.
- Ptx: Potencia máxima del transmisor óptico.
- $\alpha$ Total: Valor total de pérdidas.

### b) NAP más cercana

$$\begin{aligned} Prx &\leq Ptx - \alpha Total \\ -29 \text{ dBm} &\leq 9 \text{ dBm} - 27.39545 \text{ dBm} \\ -29 \text{ dBm} &\leq -18.39545 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Para la NAP más cercana se cumple el balance óptico en donde la sensibilidad mínima del receptor (29 dB) debe ser mayor a la potencia de transmisión restada las pérdidas totales en el enlace según la ITU-T G.9807.1.

### c) NAP más lejana

$$\begin{aligned} Prx &\leq Ptx - \alpha Total \\ -29 \text{ dBm} &\leq 9 \text{ dBm} - 35.18598 \text{ dBm} \\ -29 \text{ dBm} &\leq -26.18598 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Para la NAP más distante la potencia de transmisión menos las pérdidas generadas en el enlace es 26.18598 dB y corresponde a un valor inferior a la sensibilidad mínima por lo tanto se cumple con el balance óptico.

Se realiza el análisis de un enlace hasta el punto más distante del cantón en donde el balance se cumple a una distancia de 18.468 Km.

Si en la red se añade un splitter óptico de 1:2 con una pérdida estimada de 3.5 dB, la pérdida total del enlace sería de 29.68598 dB, lo cual sobrepasa los valores mínimos que son de 29 dB.

Si en la red se añade un splitter óptico de 1:4 con una pérdida estimada de 7.0 dB, la pérdida total del enlace sería de 35.18598 dB, lo cual sobrepasa los valores mínimos que son de 29 dB.

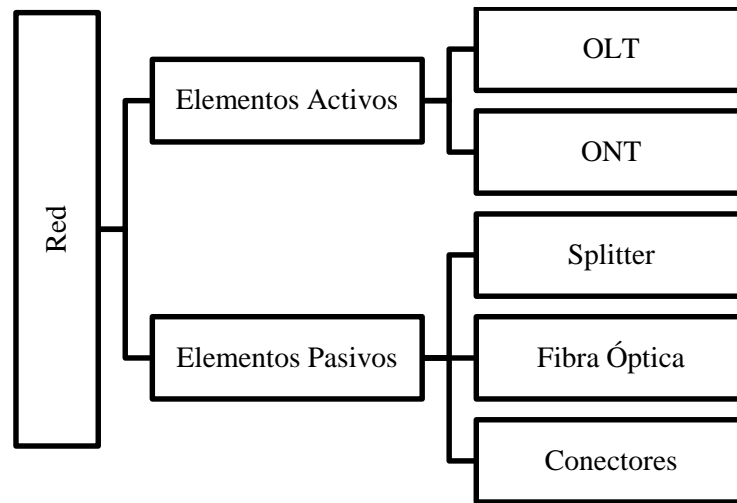
Si en la red se añade un splitter óptico de 1:8 con una pérdida estimada de 10.6 dB, la pérdida total del enlace sería de 36.78598 dB, lo cual sobrepasa los valores mínimos que son de 29 dB.

Si se añaden nuevos splitter es recomendable colocar amplificadores de señal para las zonas de cobertura más lejanas, como son la zona 4 y zona 5.

#### 3.14.4 Elementos activos y pasivos de la red

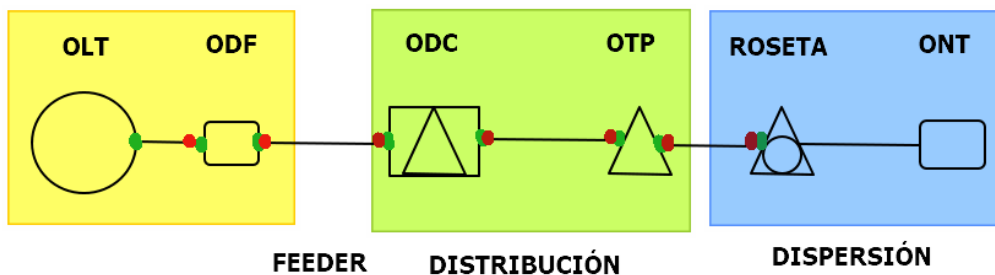
En esta sección se expone un diagrama en la Figura 3-10 con los equipos, elementos activos y pasivos que se requieren en la red local propuesta para el sector urbano y rural del cantón

Chambo para una posterior identificación de las características de los mismo, ver **Figura 3-10**.

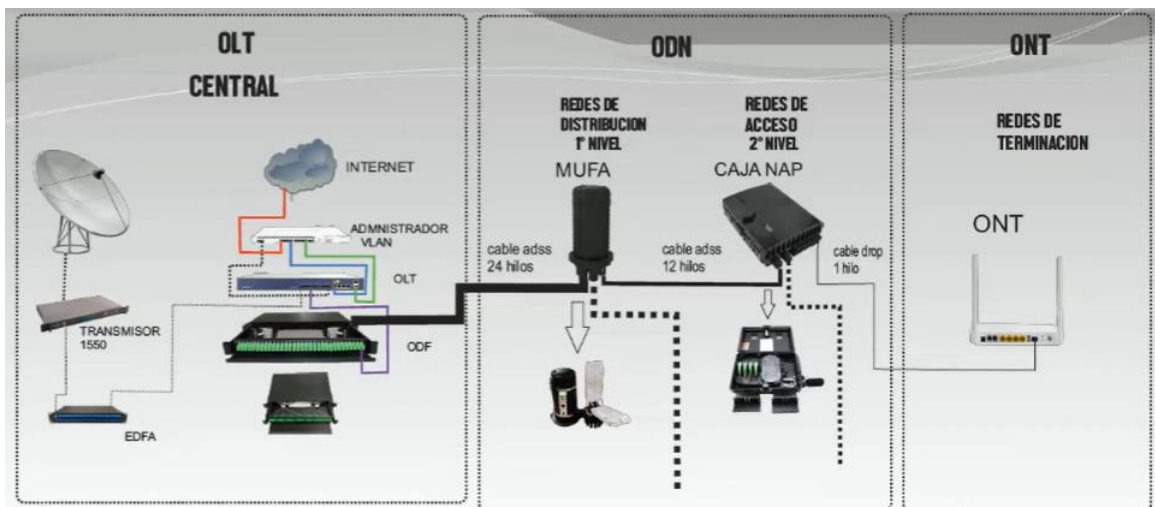


**Figura 3-10.** Esquema de elementos activos y pasivos.  
**Fuente:** El Autor.

En la **Figura 3-11** y **Figura 3-12** se presenta el diagrama de bloques con el cual se realizó el análisis de los elementos y equipos para la secuencia de transmisión.



**Figura 3-11.** Diagrama de bloques de la red.  
**Fuente:** El Autor.



**Figura 3-12.** Equipos por cada etapa de la red.  
**Fuente:** [36]

### **3.14.4.1 Elementos Activos**

Estos elementos se encuentran únicamente en los extremos de la red, es decir en la oficina central y en el usuario final, este último corresponde a la red de dispersión.

#### **3.14.4.1.1 OLT**




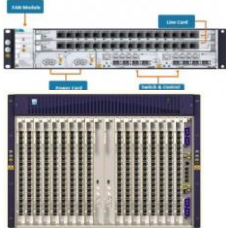


Este elemento al ser el principal por las funciones que desempeña dentro de la red se lo analizó con mayor minuciosidad para determinar el más adecuado, acorde a los valores que se especifican en la ITU-T G.9807.1 además de los siguientes requerimientos:

- Capacidad de remover tarjetas, adecuada ventilación y fuentes de poder redundantes, esto debido a que debe encontrarse operativo siempre.
- Los niveles de potencia de transmisión y sensibilidad de recepción deben ser acordes a la clase B+, C+, C++ y/o clase N1.
- Cantidad de puertos adecuados con la demanda actual y la proyección de crecimiento que tendrá la red.
- Poseer interfaces tanto para la administración como para el control adicional a las interfaces de uplink.
- Soporte de protocolos para el control, seguridad, calidad de servicio, encapsulamiento entre otros.

Con estas características se encontraron dos equipos en el mercado los cuales se comparan en la **Tabla 3-10**.

**Tabla 3-10.** Comparativo características OLT.

Características	OLT					
Marca	Lumia	Lumia	Lumia	ZTE	Huawei	Huawei
<b>Modelo</b>	OLT Iskratel Lumia C16 Combo PON OLT	OLT SI3000 Lumia XG8 XGS-PON OLT	SI3000 LUMIA MSAN ESCALABLE	OLT ZTE ZXA10 C620	OLT Huawei MA5800 X7	OLT H901CSHF board is a 16-port XGS-PON
<b>Tasa de transmisión</b>	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps
	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps
<b>Longitud de onda</b>	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm
	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm
	RF video: 1550 nm	RF video: 1550 nm	RF video: 1550 nm	RF video: 1550 nm	RF video: 1550 nm	RF video: 1550 nm
<b>Velocidad de Blackplane</b>	150 Gbps	120 Gbps	640 Gbps backplane (40 Gbps per slot)	1.8 Tbit/s		200 Gbit/s
<b>Clase</b>	B+ ó C+ GPON/N1-N2 XGS-PON	B+ ó C+ GPON/N1-N2 XGS-PON	B+ ó C+ GPON/N1-N2 XGS-PON	B+ ó C+ GPON/N1-N2 XGS-PON	B+ ó C+ GPON/N1-N2 XGS-PON	B+ ó C+ GPON/N1-N2 XGS-PON
<b>Método de encapsulamiento</b>	8k GEM	8192 GEM port IDs	8k GEM	XGEM	XGEM	XGEM
<b>Total de abonados</b>	4,096	2,048	36,864	4,096	16,000	16,352
<b>Relación de división</b>	1:256	1:512	1:128	1:128	1:256	GPON: 1:128 XG(S)-PON: 1:256
<b>N. puertos GPON/XGS-PON por tarjeta</b>	16× Combo PON interface (GPON 2.5/1.25 Gbps and XGS-PON 10/10 Gbps)	8× XGS-PON (10/10 Gbps)	MEC 20 20 slots, 14U Max. GPON ports (288) Max. XGS-PON ports (72)	16× Combo PON interface (GPON 2.5/1.25 Gbps and XGS-PON 10/10 Gbps)	GPON Ports/ XG(S)-PON Ports (272)	16× Combo PON interface (GPON 2.5/1.25 Gbps and XGS-PON 10/10 Gbps)

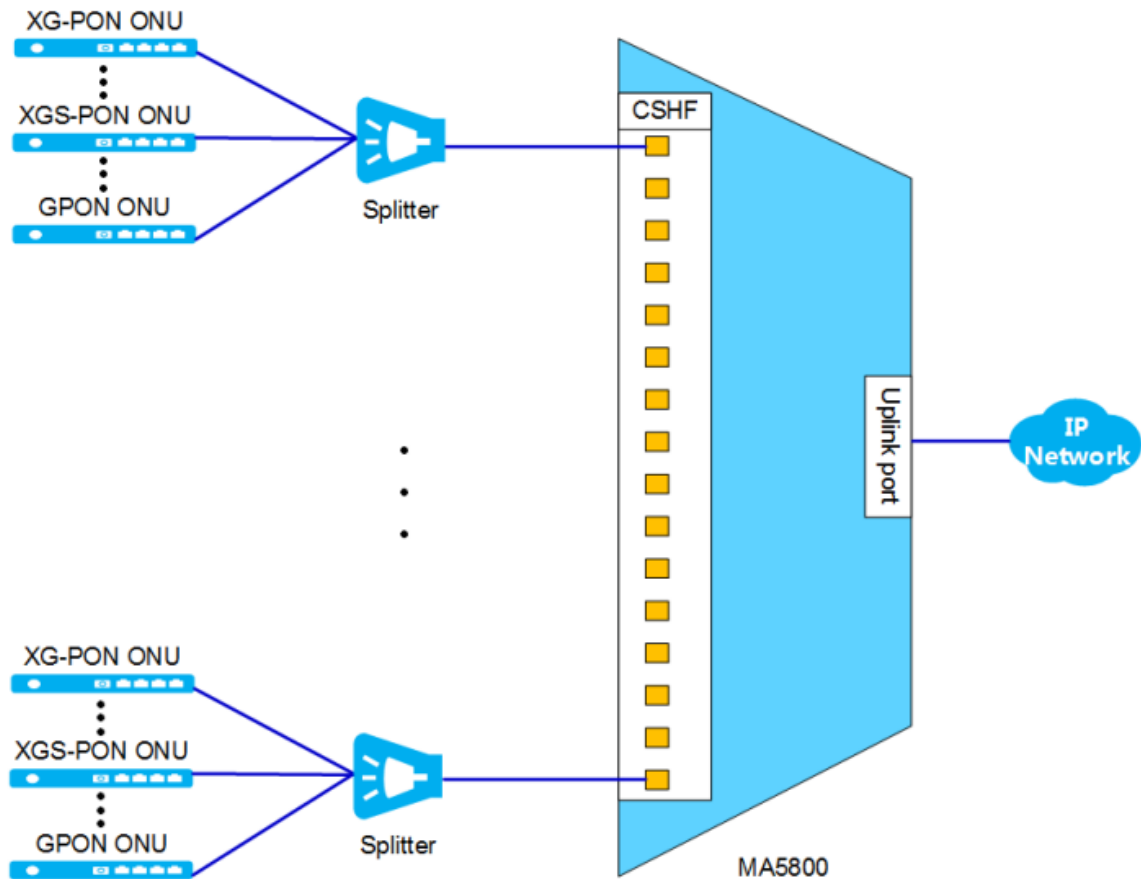
<b>Dimensiones axpxl</b>	H 45 mm (1U) × W 447 mm × D 235 mm, ETSI or 19" rack	45 mm × 447 mm × 235 mm on 19" rack	995x495x650mm	Shelf: 88.1 mm x 482.6 mm x 283.5 mm (Height × Width × Depth)	Includung ETSI mounting brackets 535 mm x 268.7 mm x 263.9 mm	23.30 mm * 257.90 mm * 399.20 mm
<b>Precio en dólares</b>	N/A	N/A	N/A	699	19,138.60	1,500
<b>Imágenes</b>						
<b>Fuente:</b>	[37] [38] [39]	[40] [41]	[42] [43] [44] [45]	[46] [47] [48]	[49] [50] [51] [52] [53]	[54] [55] [56] [57] [58] [59]

**Fuente:** El Autor.



Se escoge el equipo el módulo HUAWEI H901CSHF 03025DKJ que es compatible con la OLT Huawei MA5800, ya que, permite una operación integral entre los sistemas G-PON y XGS-PON, con una proyección escalable. Además, la mayoría de ISP ocupan la tecnología Huawei, ver **Figura 3-13**.

La otra opción de implementación es el SI3000 LUMIA MSAN ESCALABLE, pero no es una marca muy difundida en el medio.



**Figura 3-13.** H901CSHF application scenario.

Fuente: [60]







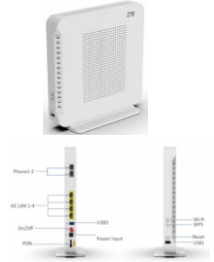
#### 3.14.4.1.2 ONT

Es el equipo receptor de la señal del cliente. Para determinar la mejor opción, se coteja las principales características en la **Tabla 3-11**, descritas a continuación: [19]

- Soporte para Clase B+, C+ y C++ de GPON y Clase N1/N2 y E1 de XGS-PON.
- Soporte para puertos PON y Ethernet.
- Soporte para servicios de voz, video y datos.
- Relación calidad/precio.

**Tabla 3-11.** Comparativo características ONT.

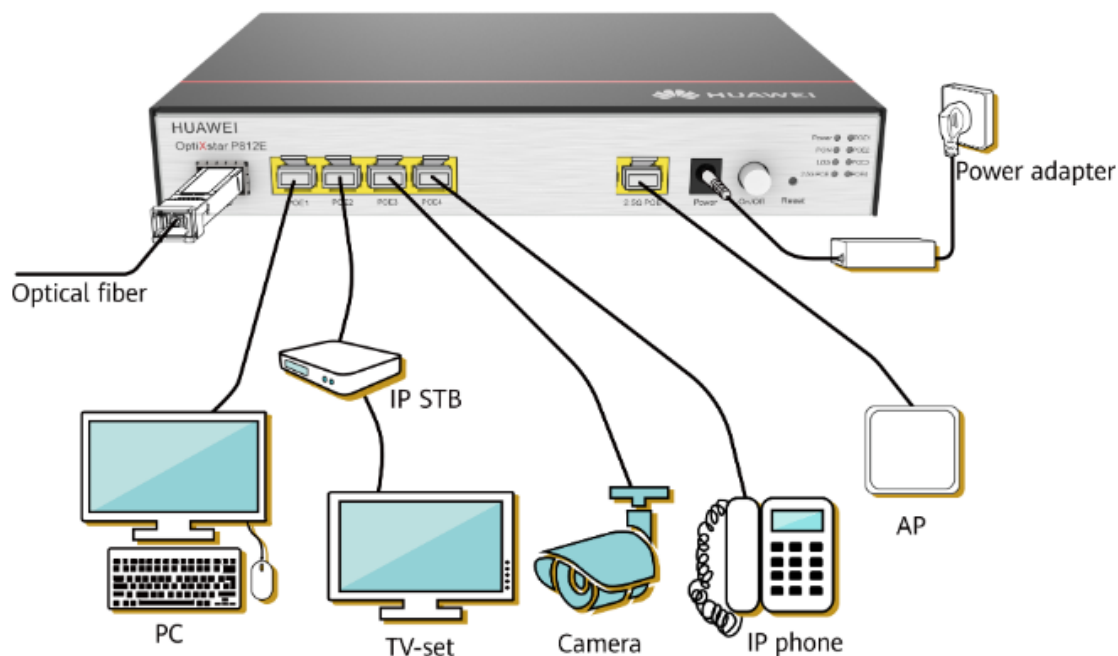
Características		ONT					
Marca	Lumia-Imbox	Altice	Huawei	Huawei	Huawei	ZTE	ZTE
Modelo	XGS-PON FTTH Home Gateways	Wi-Fi 6 XGS-PON Fiber Gateway	ONU EchoLife HN8250Ts	ONU Huawei OptiXstar P812E	ONU Huawei OptiXstar P813E	ZXHN F2801S - XGSPON	ZXHN F2866S - XGSPON
Tasas de transmisión	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps
	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps
Longitud de onda	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm
	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm	Upstream: using 1270 nm
	Video RF: 1550 nm	Video RF: 1550 nm	Video RF: 1550 nm	Video RF: 1550 nm	Video RF: 1550 nm	Video RF: 1550 nm	Video RF: 1550 nm
Puerto XGS-PON	1 SC/APC connector	1 SC/APC connector	1 SC/APC connector	1 SC/APC connector	1 SC/APC connector	1 SC/APC connector	1 SC/APC connector
Puertos Ethernet	1 port multi-gigabit Ethernet (RJ-45), 10GBase-T (10 Gbps), 5GBase-T (5 Gbps), 2.5GBase-T (2.5 Gbps)	4 Ports Ethernet (RJ-45)	4 Ports Ethernet (RJ-45)	4 Ports Ethernet (RJ-45)	6 Ports Ethernet (RJ-45)	1 puerto 10 GE LAN	4 Puertos RJ45
	1 port Gigabit Ethernet 10/100/1000Base-TX (RJ-45)	1 Puerto Rj-11	2 Puerto Rj-11	1 puerto PoE to Access Point	2 puerto PoE to Access Point	N/A	2 Puerto Rj-11
Clase	Class N1/N2/E1		Class N1/N2	Class N1/N2	Class N1/N2	N/A	N/A
Relación de división	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Precio	N/A		312.5	447.00	756.5	N/A	N/A	
Imágenes								
Fuente	[61] [62] [63]	[64]	[65] [66]	[67] [68] [69]	[70] [71] [72]	[73]	[74]	

Fuente: El Autor.

Huawei ONU OptiXstar P812E es compatible con la marca de la OLT, además es la mejor tecnología para dar soporte a los servicios de la tecnología XGS-PON, pero una cierta desventaja son los precios que oscilan en valores elevados, ver **Figura 3-14**.

Las demás opciones no se pueden tener mucha información y no son compatibles con la tecnología a implementar en la OLT, que es de la marca Huawei.



**Figura 3-14.** ONU Huawei OptiXstar P812E.

**Fuente:** [75].

### 3.14.4.1.3 Transceptor

El transceptor de fibra óptica es un dispositivo importante, que puede realizar la conversión de señal fotoeléctrica, con las funciones de recepción y transmisión. La elección de un SFP es importante para dar soporte a la cantidad de clientes configurados en el puerto, así como permitir la distribución del ancho de banda para cada usuario. Las características se pueden ver en la **Tabla 3-12**.

**Tabla 3-12.** Transceptores.

		CARACTERÍSTICAS	
		Fibermall - ONU	Fibermall - OLT
		XGSPON-ONU-C	XGSPON-OLT-SN1
<b>Relación 1:8</b>	División de potencia	1270nm TX/1570nm RX	TX 1577nm / RX 1270nm
	Protocolos	UIT-T G.9807, SFP + MSA	UIT-T G.987.2, G.9807.1
	Conectorizado	Simétrico	Simétrico
<b>Precio</b>		\$45	\$184
<b>Imágenes</b>			
<b>Fuente</b>		[76] [77] [78]	[79] [80] [81]

**Fuente:** El Autor.

### 3.14.4.2 Elementos Pasivos

Se refieren a componentes que no requieren de energía para operar [19].

#### 3.14.4.2.1 Fibra Óptica

Se analiza la normativa ITU-T G.65X para su uso en cada etapa del sistema [19].

##### a) Red de distribución

En esta etapa se utiliza la fibra basada en la UIT-T G.652 y la UIT-T G.655. En la **Tabla 3-13** presenta una comparativa [19].

**Tabla 3-13.** Parámetros fibra G.655 D y G.652 A.

Características	G.655	G.652
Coefficiente de dispersión	8	17
Longitud	20	20
Ancho espectral de la fuente	0.2	0.2
Dispersión cromática	32 (ps)	0.068 (ns)
Ancho de banda	$15.625 \times 10^9$	$7.352 \times 10^9$

**Fuente:** [19].

La elección recae en la fibra G.652.D, ya que tiene mejores características de dispersión [19].

##### b) Red de Dispersión

Las especificaciones para este segmento se encuentran en la recomendación UIT-T G.657.A. La fibra G.657.A posee las características necesarias para su despliegue en espacios reducidos y para soportar numerosas manipulaciones. Además, se destaca por su flexibilidad como medio de transmisión, lo que simplifica su instalación tanto en entornos interiores como exteriores. Estas características se detallan en la **Tabla 3-14**.

**Tabla 3-14.** Comparativo de fibras para red de dispersión.

Estándar	Marca	Número de hilos
<b>G.652D</b>	Corning Plus (G.652.D)	48 hilos
	Furukawa Fibra G.652 D	
	SIEMON FO Ducto G.652D	
	Corning Plus (G.652.D)	24 hilos
	Furukawa Fibra G.652 D	
	Corning Plus (G.652.D)	12 hilos
	Furukawa Fibra G.652 D	
	Corning Plus (G.652.D)	6 hilos
	Furukawa Fibra G.652 D	
SIEMON FO Ducto G.652D		
<b>G.657 A</b>	Corning Plus (G.652.D)	2 hilos
	Furukawa Fibra G.652 D	

**Fuente:** [19].

#### 3.14.4.2.2 Splitters

Al seleccionar estos dispositivos, es fundamental considerar diversos aspectos clave, que incluyen: [19]

- Asegurarse de que cumplan con la Clase N1.
- Optar por splitters que permitan una distribución adecuada en las zonas correspondientes.

- Priorizar splitters que no introduzcan pérdidas adicionales debido a conectores, limitando las pérdidas solo a las fusiones.
- Seleccionar splitters simétricos para garantizar la estabilidad en las pérdidas generadas.

Las comparativa de marcas se detalla en la **Tabla 3-15**. Sin embargo, se opta por la primera opción debido a su coste más económico y su mayor disponibilidad [19].

**Tabla 3-15.** Comparativo de splitters.

CARACTERÍSTICAS			
<b>Relación 1:4</b>	Marca	Corning Plus	Furukawa
		1x4 PLC, operation wavelength 1260-1650nm)	35500119 splitter óptico PLC 2X4 G.657A NC/NC 2M/2M
	División de potencia	Simétrico	Simétrico
	Conectorizado	No	No
<b>Relación 1:8</b>	Marca	Corning Plus	Furukawa
		1x4 PLC, operation wavelength 1260-1650nm)	35500119 splitter óptico PLC 2X4 G.657A NC/NC 2M/2M
	División de potencia	Simétrico	Simétrico
	Conectorizado	No	No

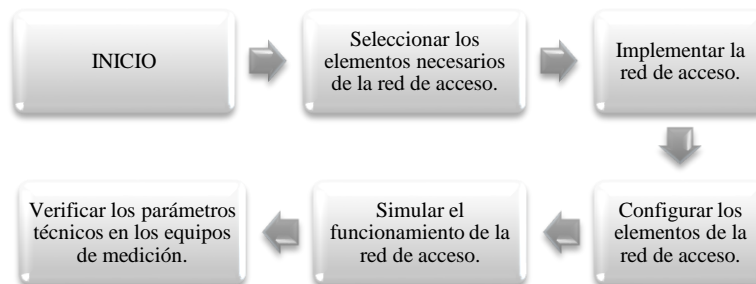
**Fuente:** [19].

### 3.15 Simulaciones

En el proceso de simulación, se utiliza el software OPTISYSTEM, desarrollado por OPTIWAVE, en su versión gratuita de treinta días, la 17.0 [19]. Además, los usuarios tienen la capacidad de integrar nuevos componentes según subsistemas y bibliotecas personalizadas que pueden ser definidas por el usuario [20].

#### 3.15.1 Diagrama de flujo de la Red

A continuación, se describe el flujo de pasos para realizar la simulación, ver **Figura 3-15**.

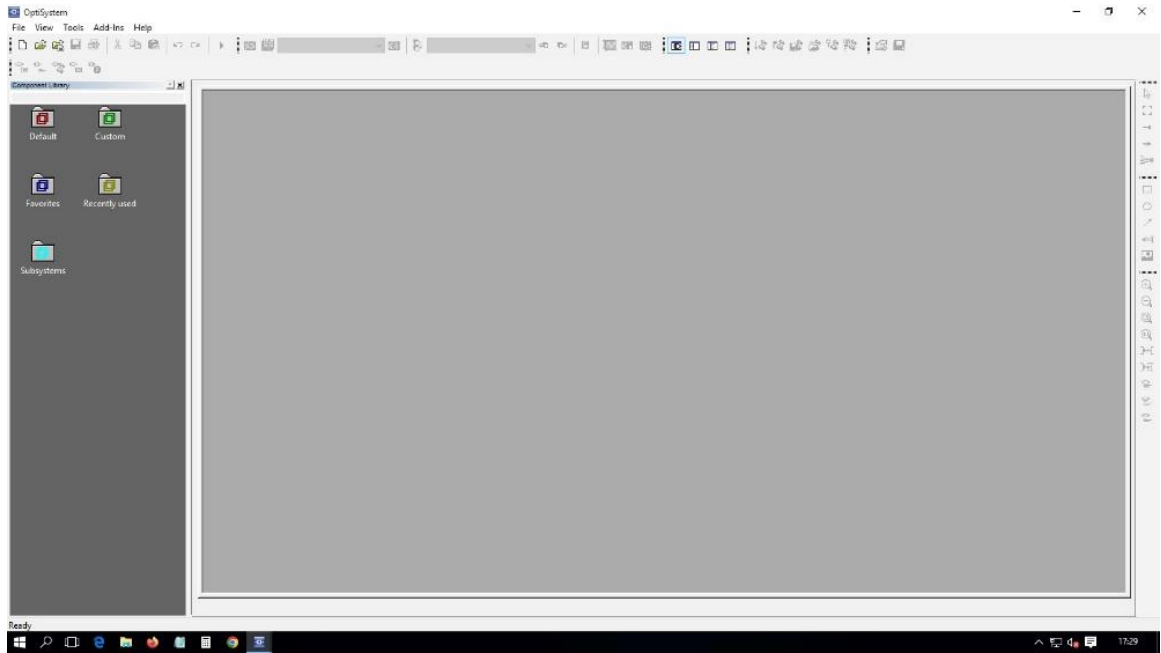


**Figura 3-15.** Proceso de Simulación.

**Fuente:** El Autor.

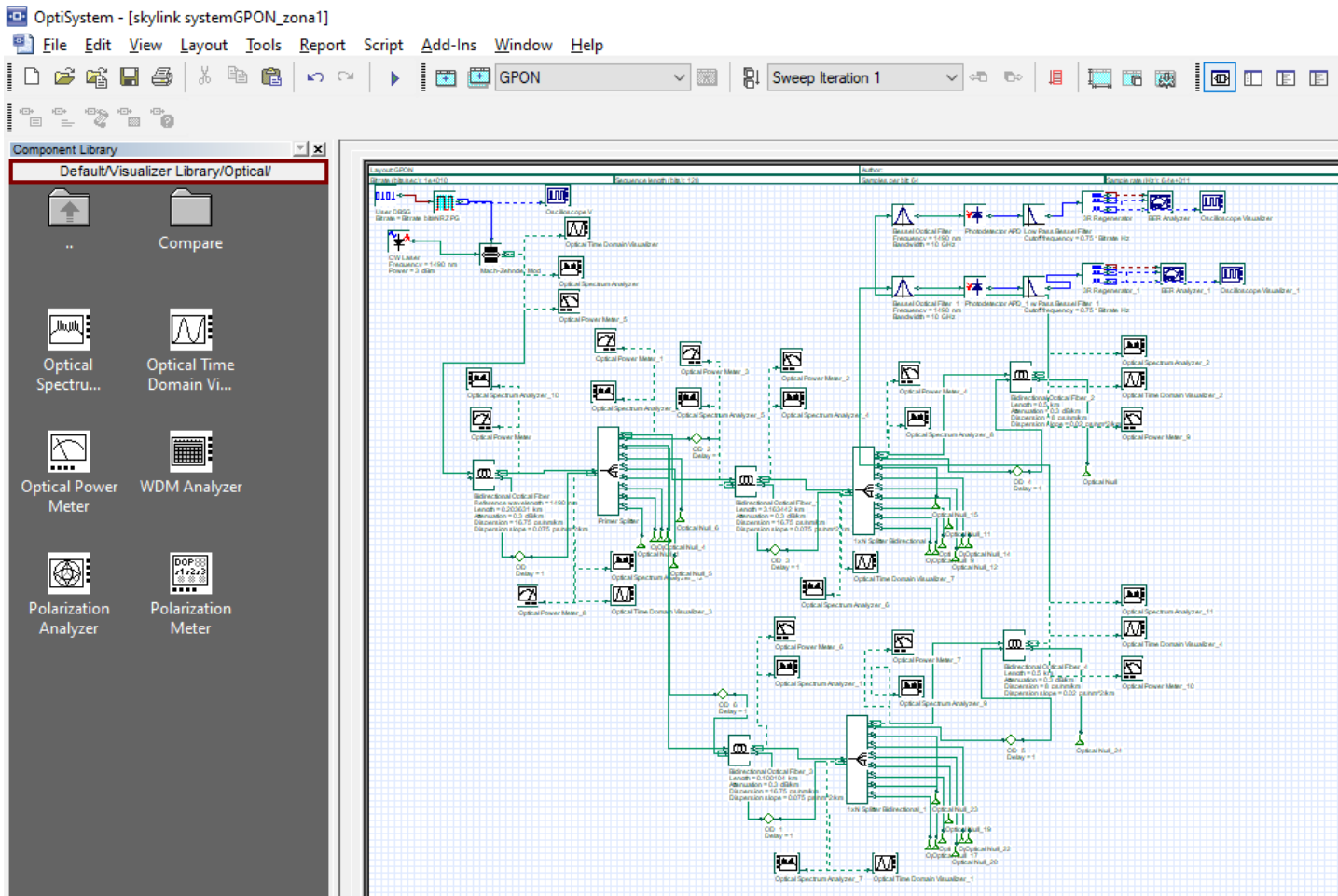
#### 3.15.2 Ambiente de simulación

La **Figura 3-16** especifica la pantalla principal del software OPTISYSTEM 17.0.



**Figura 3-16.** Entorno GUI OPTISYSTEM.

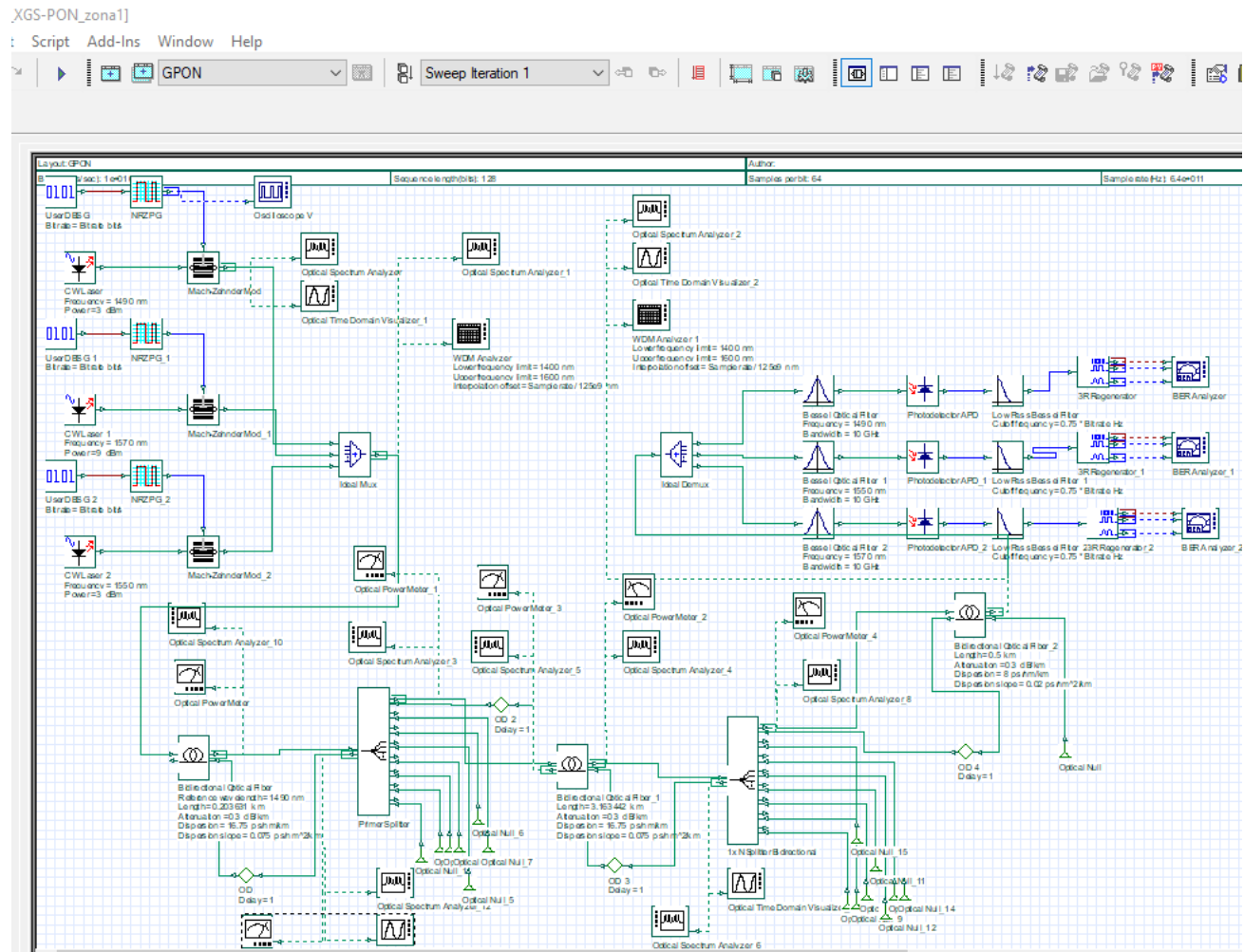
**Fuente:** El Autor.



**Figura 3-17.** Entorno de simulación para NAP más lejana y NAP más cercana incluidas dos ONT, aplicable para tecnología GPON o XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.





**Figura 3-18.** Red con servicios de GPON, XGS-PON y video RF transmitidas simultáneamente.  
**Fuente:** El Autor.

### 3.15.3 Detalles del ambiente de simulación

La norma ITU-T G.9807.1 establece las especificaciones para las longitudes de onda en el flujo descendente (Downstream) y el flujo ascendente (Upstream) de la siguiente manera:

**a) Longitud de onda de operación**

- **Enlace de bajada:** Valores 1490nm para G-PON y 1575nm para XGS-PON. 1550nm para video RF.
- **Enlace de subida:** Valores de 1310nm para G-PON y 1270nm para XGS-PON

**b) Método de transmisión**

Sistema WDM bidireccional por una misma fibra.

**c) Código de línea**

Codificación NRZ.

**d) Potencias de transmisión OLT y ONT**

Las potencias se observan en la **Tabla 3-16**.

**Tabla 3-16.** Potencias OLT y ONT.

Características	OLT [dB]	ONT [dB]
Potencia media inyectada MÁX del transmisor	+9	+5
Potencia media inyectada MÍN del transmisor	+2	+2
Sensibilidad mínima segura del receptor	-25	-25
Punto de Saturación Segura del receptor	-15	-15

Fuente: [2].

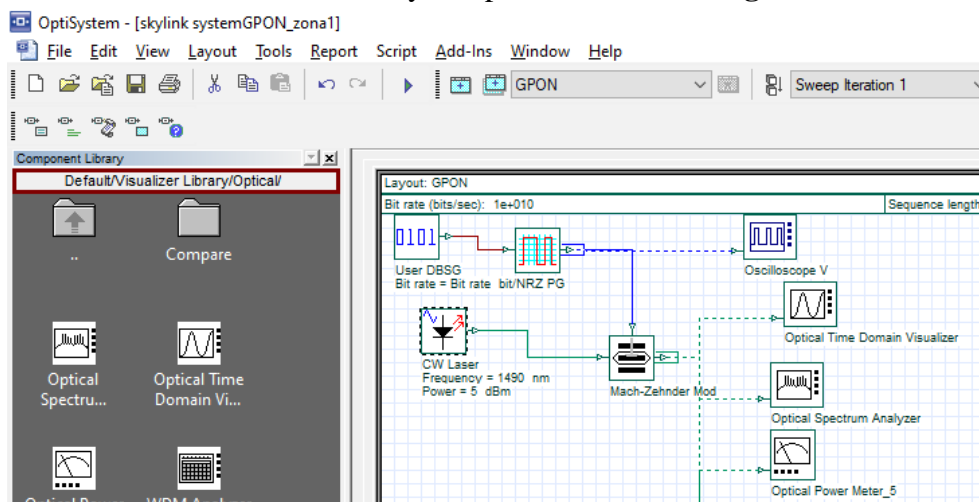
Para llevar a cabo la división de la señal, se emplea un componente que dispone de 8 salidas, ya que se está trabajando con una división de 1:8. Se tiene en cuenta la pérdida por inserción, la cual ocurre debido a la atenuación de la señal.

En el bloque correspondiente a la ONT/ONU. Se incorporan elementos que posibilitan la visualización del BER y el diagrama del ojo.

### 3.15.4 Bloques de simulación

**a) Bloque OLT**

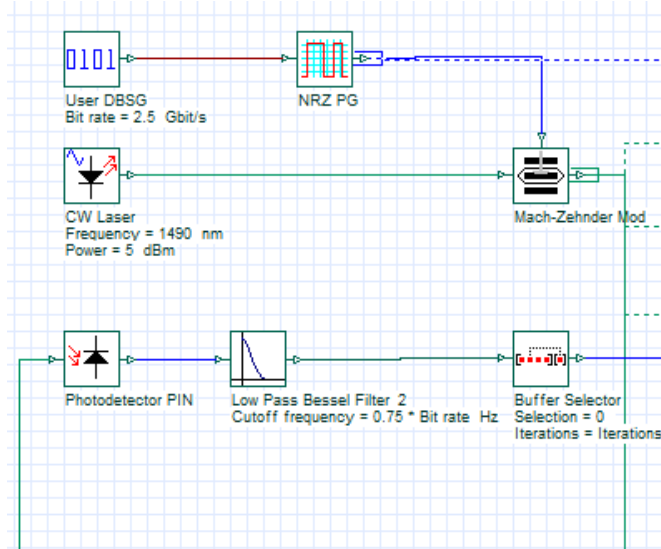
Se establece el sistema de transmisión y recepción de la señal, **Figura 3-19**.



**Figura 3-19.** OLT.

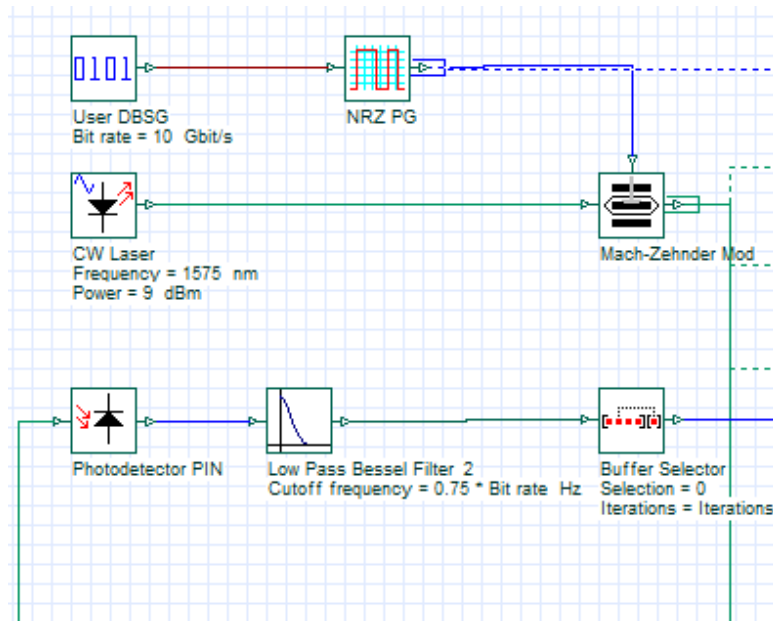
Fuente: El Autor.

Para llevar a cabo la transmisión de datos, se emplearon diodos responsables de emitir señales ópticas en longitudes de onda específicas, que fueron de 1490 nm para G-PON y de 1575 nm para XGS-PON. Estos escenarios se aplicaron en dos situaciones distintas, pero con idénticas características a la red actual de la empresa SKYLINK SYSTEM, ver **Figura 3-20** y **Figura 3-21**.



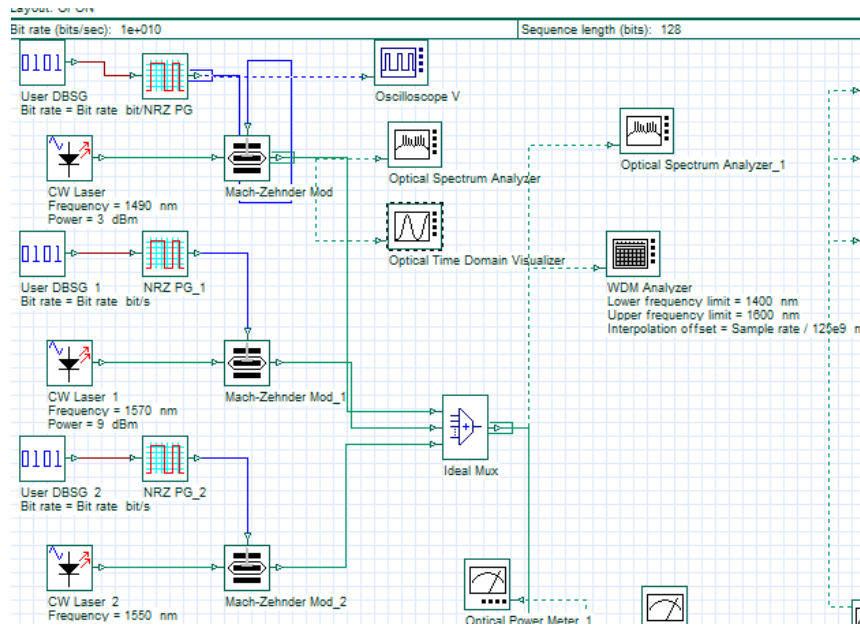
**Figura 3-20.** Bloque transmisor de datos GPON.

**Fuente:** El Autor.



**Figura 3-21.** Bloque transmisor de datos XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.

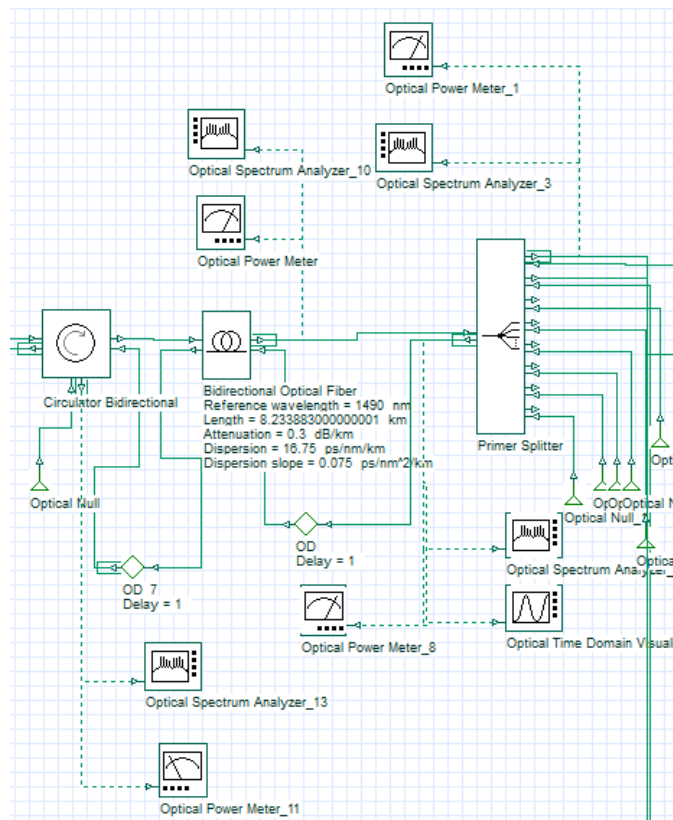


**Figura 3-22.** Transmisor OLT para GPON, XGS-PON y video RF.

**Fuente:** El Autor.

### b) Bloque Feeder

Engloba los cables de fibra que conectan el bloque de alimentación, desde el ODF hasta el primer nivel de división, tal como se ilustra en la **Figura 3-23**, de acuerdo con la normativa ITU-T G652.D.

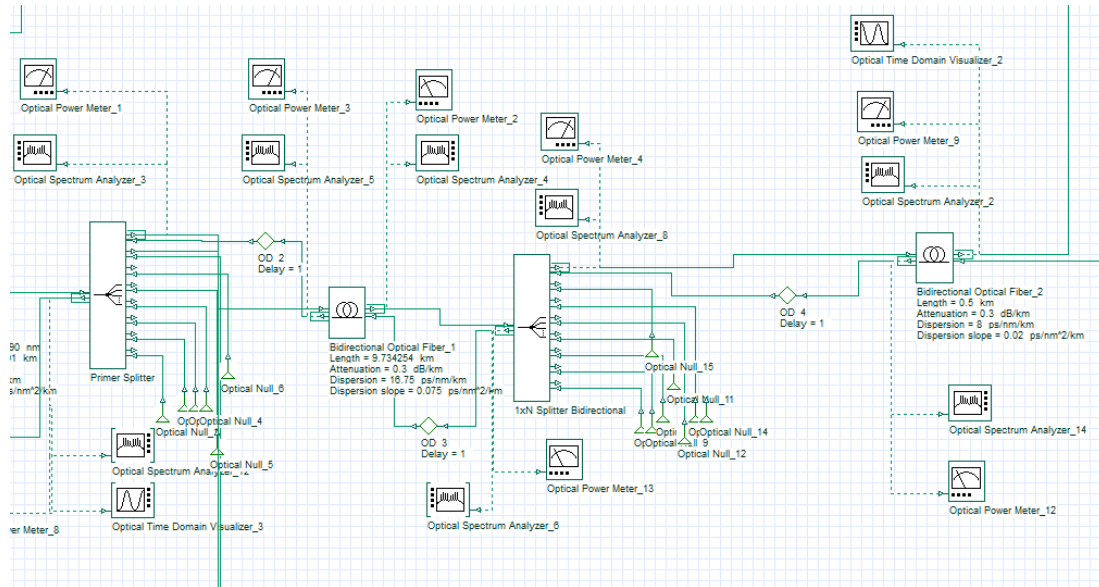


**Figura 3-23.** Bloque de red del feeder.

**Fuente:** El Autor.

### c) Red de Distribución

Este conjunto engloba los componentes que están situados desde el primer nivel de divisiones hasta el segundo nivel de divisiones. En ambos niveles, se mantiene una relación de división de 1:8, y se configuran en el simulador todos los elementos que desempeñan la función de divisores, considerando las pérdidas de inserción correspondientes. Esto se aplica en las zonas 1, 2, 3, 4 y 5 de cobertura de la red del ISP, tal como se ilustra en la **Figura 3-24**.

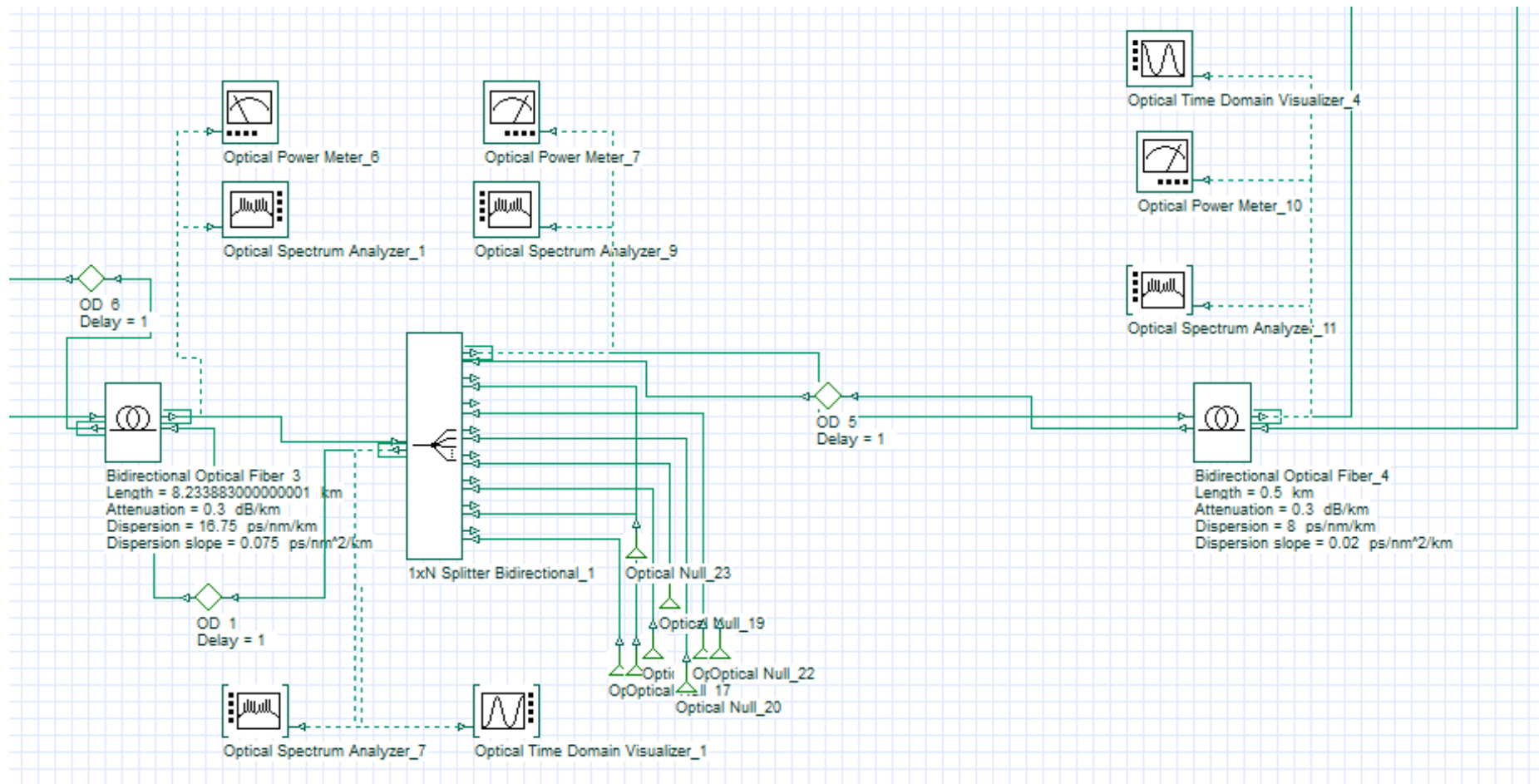


**Figura 3-24.** Red de distribución.

Fuente: El Autor.

### d) Red de Dispersión.

Corresponde al bloque que va desde el segundo splitter hacia las ONTs de cada cliente. En este caso se utiliza la fibra según el estándar ITU-T G657.A, ver **Figura 3-25**.

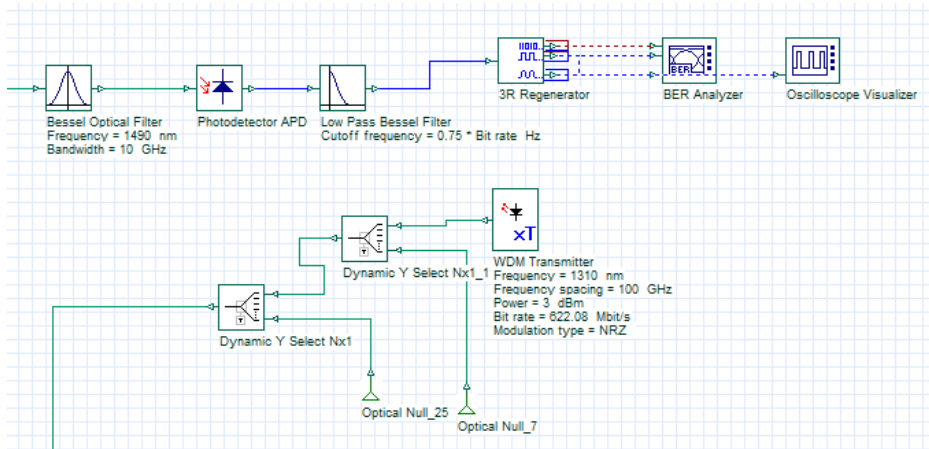


**Figura 3-25.** Red de Dispersión.

**Fuente:** El Autor.

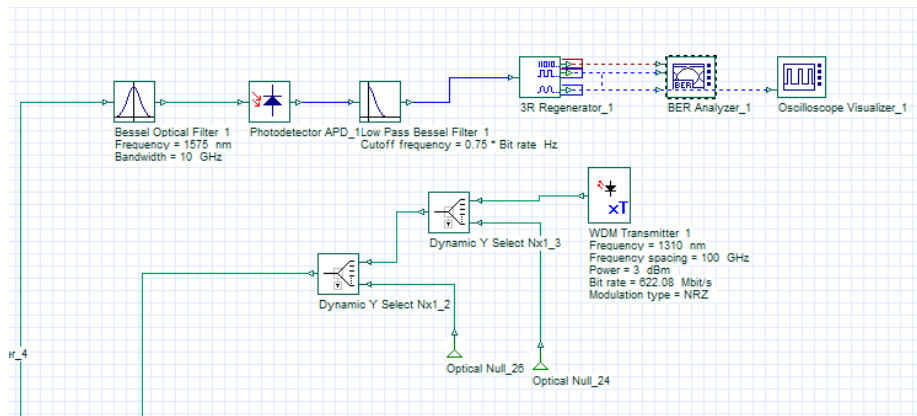
**e) Bloque receptor ONT**

Se establece los elementos necesarios para la recepción y transmisión de la señal por parte de la ONT, ver **Figura 3-26** y **Figura 3-27**.



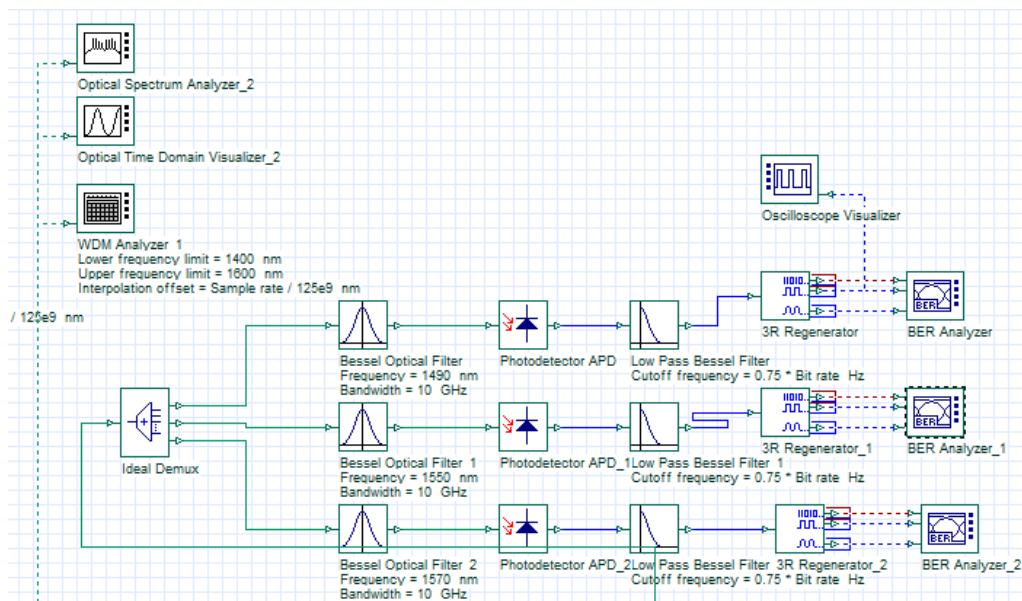
**Figura 3-26.** Bloque receptor ONT GPON.

**Fuente:** El Autor.



**Figura 3-27.** Bloque receptor ONT XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.



**Figura 3-28.** Receptor ONT para tecnología GPON, XGS-PON y video RF.

**Fuente:** El Autor.

### 3.16 Viabilidad económica de la red de fibra óptica con tecnología XGS-PON

Se evalúa la infraestructura actual del proveedor de servicios de Internet (ISP) SKYLINK SYSTEM, localizado en el cantón Chambo. Este análisis se enfoca en los 581 usuarios que actualmente forman parte de la red. Se considera cubrir con 450 de usuarios en los próximos 3 años con la tecnología XGS-PON. Se procura añadir un transmisor video RF que permita ampliar los servicios del ISP, esto para la totalidad de usuarios activos. Con estos criterios establecidos se estima la implementación de la red que contenga en simultáneo, servicios para clientes GPON, XGS-PON y video RF.

#### 3.16.1 Presupuesto de los Elementos Activos de la red XGS-PON

La **Tabla 3-17**, proporciona información sobre los componentes activos involucrados en la implementación de la red XGS-PON de acceso. El presupuesto global destinado a la red asciende a un total de \$158,920 dólares.

**Tabla 3-17.** Costos Totales de Equipos Activos.

Presupuesto para Equipos Activos XGS-PON					
Dispositivo	Modelo	Fabricante	Coste unitario	Cantidad	Precio
ONU	ONU EchoLife HN8250T	Huawei	\$ 447.00	300	\$134,100.00
Módulo Transceptor	XGSPON-ONU-C N1/N2	Fibermall	\$ 45.00	300	\$ 13,500.00
OLT	H901CSHF	Huawei	\$ 1,500.00	1	\$ 1,500.00
Transceptor OLT	XGSPON-OLT-SN1	Fibermall	\$ 180.00	16	\$ 2,880.00
EDFA	PL2000H XGS-PON+GPON EDFA (2U)	Premlink	\$ 3,200.00	1	\$ 3,200.00
Multiplexor	16x GPON+XGS-PON+CATV (1550nm) CEx WDM Multiplexer 1U 19" Rack	Lightoptics	\$ 999.80	1	\$ 999.80
Otros gastos					\$ 2,740.20
<b>TOTAL</b>					<b>\$158,920.00</b>

**Fuente:** El Autor.

#### 3.16.2 Cálculo de Rentabilidad Económica del Proyecto

El flujo de caja compara los ingresos con los gastos generados por el proyecto. En base a los resultados obtenidos de la encuesta de mercado y teniendo en cuenta los precios de los servicios ofrecidos por otros proveedores locales. De esta manera, los ingresos y egresos mensuales se definen en las **Tabla 3-18** y **Tabla 3-19**.

**Tabla 3-18.** Ingresos del proyecto.

INGRESOS	Valor
Tarifa Mensual =	\$ 30.00
Número de Usuarios =	\$ 281.00
Tarifa Mensual =	\$ 40.00
Número de Usuarios =	\$ 300.00
Ingreso Mensual =	\$ 20,430.00
Ingreso Anual =	\$245,160.00
<b>Total Ingresos</b>	<b>\$245,160.00</b>

**Fuente:** El Autor.



**Tabla 3-19.** Egresos del proyecto.

EGRESOS	Valor
Servicio Internet contratado (4Gbps)	\$ 5,000.00
=	
Renta Infraestructura =	\$ 800.00
Mantenimiento equipo de cómputo =	\$ 100.00
Mantenimiento red de fibra óptica =	\$ 100.00
Luz =	\$ 80.00
Agua =	\$ 30.00
Combustible =	\$ 40.00
Mantenimiento vehículo =	\$ 100.00
Salario 6 trabajadores =	\$ 3,600.00
Egresos Mensuales =	\$ 9,850.00
Egresos Anuales =	\$118,200.00
<b>Total Ingresos</b>	<b>\$118,200.00</b>

**Fuente:** El Autor.

Los ingresos ascienden al valor de \$245.160, mientras que los egresos ascienden a un valor de \$118.200. Se lleva a cabo una proyección del Índice de Rentabilidad a lo largo de un período de 3 años.

**Tabla 3-20.** Cálculo del Flujo de Caja Neto, Valor Presente, VAN y TIR.

<i>Flujo de Caja Neto, Valor Presente, VAN y TIR</i>				
AÑO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
<b>INGRESOS</b>		\$ 245,160.00	\$ 245,160.00	\$ 245,160.00
<b>EGRESOS</b>		\$ -118,200.00	\$ -118,200.00	\$ -118,200.00
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO</b>	\$ -158,920.00	\$ 126,960.00	\$ 126,960.00	\$ 126,960.00
<b>FLUJO DE CAJA J</b>	\$ -158,920.00	\$ -31,960.00	\$ 95,000.00	\$ 221,960.00
	\$ -158,920.00	-29054.54545	78512.39669	166761.8332
<b>Tasa de corte</b>	10.00%			
<b>IR</b>	1.79			
<b>VAN</b>	57,299.68			
<b>TIR</b>	11.13%			

**Fuente:** El Autor.

La **Tabla 3-20**, expone los resultados calculados, que son los siguientes:

- **Índice de Rentabilidad:** El índice de rentabilidad tiene un valor de 1.79, lo que indica que es mayor que 1, lo cual significa que el proyecto es rentable.
- **Valor Actual Neto (VAN):** El VAN del proyecto es mayor que 0, lo que implica que el proyecto generará beneficios.
- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** La TIR tiene un valor del 11.13%, que es superior a la tasa de corte del proyecto establecida en un 10%, lo que confirma que el proyecto es viable.

## 4 CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se genera las tablas y gráficos estadísticos que reflejan los resultados adquiridos de las encuestas ejecutadas a la muestra de estudio, así como la información recopilada a través de las observaciones realizadas al personal de la empresa.

#### 4.1 Encuestas

En el Anexo 2 se proporciona un análisis detallado y una interpretación de los resultados derivados de la encuesta sobre el acceso a Internet llevada a cabo en la localidad. Es importante resaltar que el 89.61% de los encuestados indicaron que poseen conexión a Internet, mientras que el 10.39% restante afirmó que no cuentan con este servicio. Las principales actividades son: el trabajo remoto, el acceso a información y el entretenimiento. Se observa una diversidad de proveedores en el mercado, lo que indica competencia, especialmente por parte de empresas privadas, la empresa SKYLINK SYSTEM se destaca con un 17.60% de usuarios encuestados. La fibra óptica es la tecnología preferida con un 62.40%, seguida de radio enlace con un 25.60%. En cuanto a los servicios adicionales contratados, la telefonía fija lidera con un 35.61%, y la televisión IP con un 23.38%, así como un 30.22% que no requieren de ningún servicio adicional. La mayoría de los usuarios opta por paquetes con velocidades mínimas, y se observa un crecimiento en la demanda de trabajo y educación a distancia. Los dispositivos que se conectan a Internet a diario en los hogares oscilan principalmente entre 1 y 7, lo que revela un acrecentamiento constante en la cuantía de terminales conexos. En cuanto a la satisfacción con el servicio al cliente, la mayoría de las personas se encuentran en un estado intermedio de satisfacción, lo que subraya la importancia de mejorar la cobertura como la calidad de los servicios para garantizar la experiencia más satisfactoria para los usuarios.

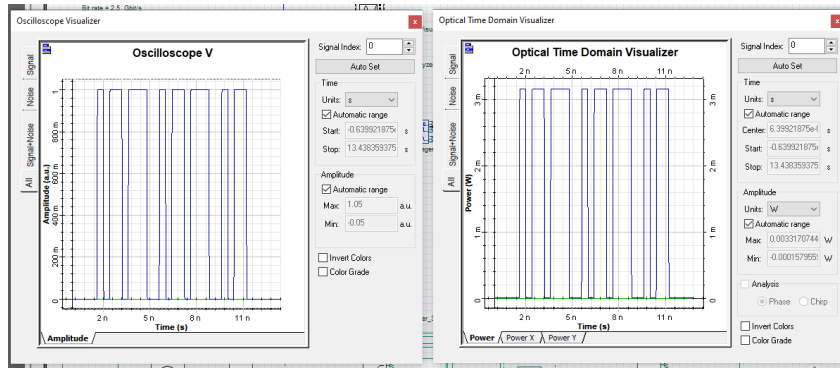
#### 4.2 Ambiente simulado

El sistema consta está diseñado para comprobar el funcionamiento de 1 puerto FTTX para dar el servicio a 64 clientes por zona de cobertura, siendo que, la infraestructura del ISP consta de 5 zonas, razón por la cual, el total de usuarios serán de 320, cubriendo perfectamente a los 279 usuarios de la muestra escogida.

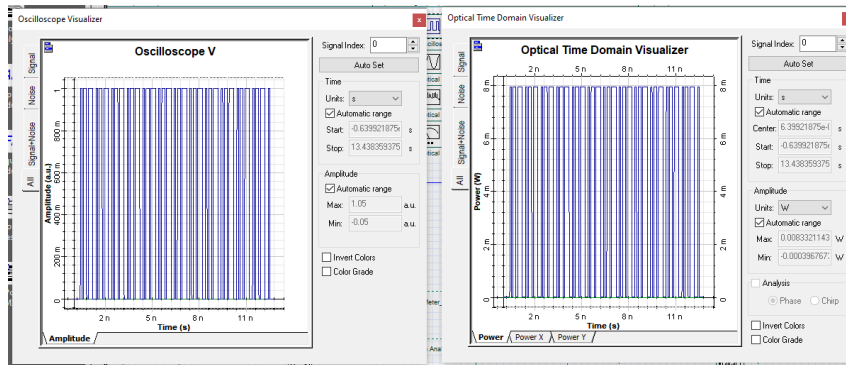
##### 4.2.1 *Ambiente Transmisión*

###### a) **Transmisión de Datos red FTTx G-PON y XGS-PON**

Esta secuencia se somete a una codificación utilizando el estándar ITU-T G.9807.1 conocido como NRZ. Luego, esta secuencia es dirigida hacia un interferómetro, lo que permite que la portadora óptica con 1490 nm y 1577 nm. Esto se ilustra en la **Figura 4-1** y **Figura 4-2**, respectivamente.

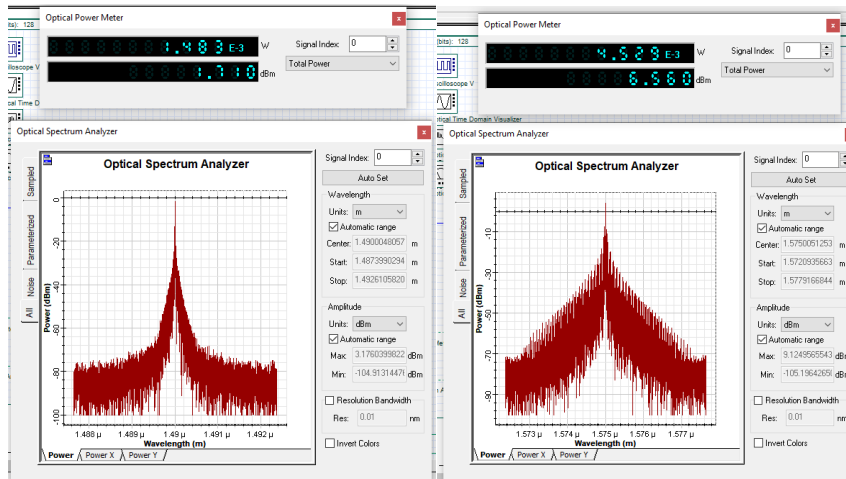


**Figura 4-1.** Señal eléctrica inicial transmitida a 2.5Gbps en la red GPON.  
**Fuente:** El Autor.



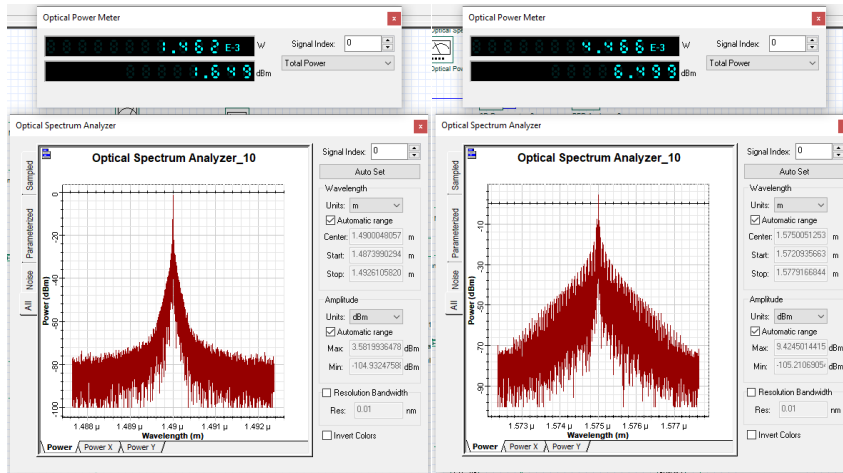
**Figura 4-2.** Señal eléctrica inicial transmitida a 10Gbps en la red XGS-PON.  
**Fuente:** El Autor.

La **Figura 4-3**, presenta una representación gráfica del espectro y la potencia de la señal que se envía desde el ODF.



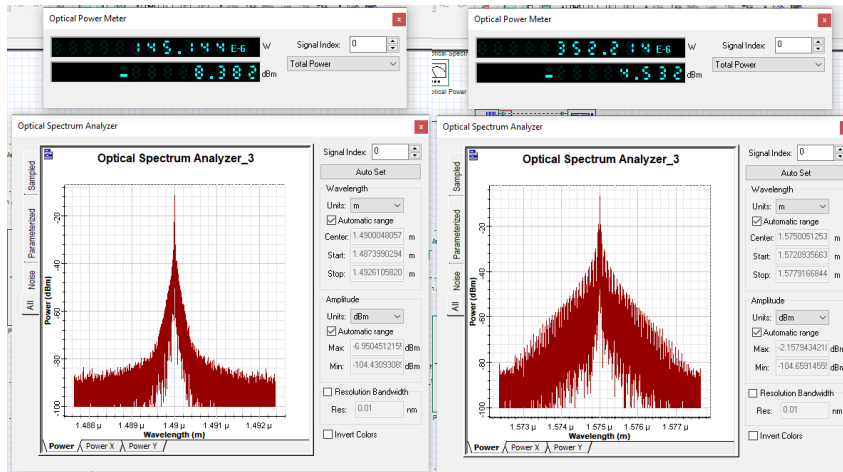
**Figura 4-3.** Espectro y Potencia de la señal transmitida desde el ODF en la red GPON y XGS-PON.  
**Fuente:** El Autor.

En la **Figura 4-4**, se exhibe la representación gráfica del espectro y la potencia de la señal en el sistema óptico del feeder. En la **Figura 4-5**, se muestra el espectro y la potencia de la señal en el primer splitter 1x8.



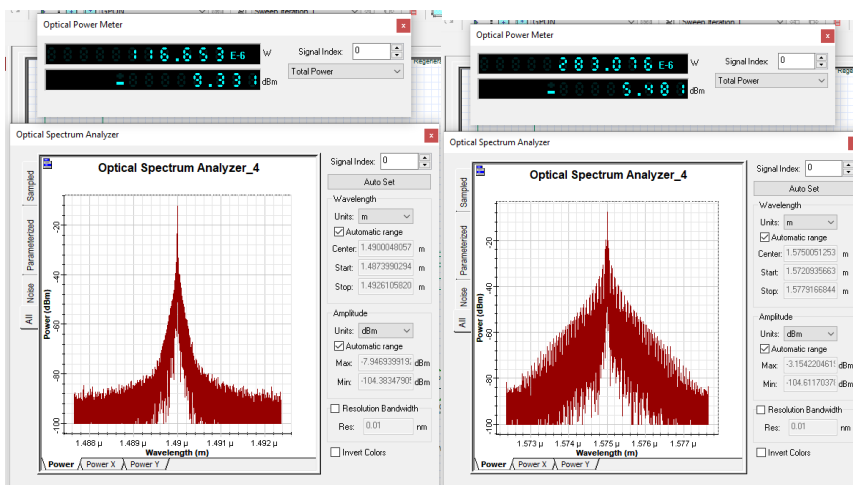
**Figura 4-4.** Espectro y Potencia de la señal en la Fibra Óptica del feeder en la red GPON y XGS-PON

**Fuente:** El Autor.



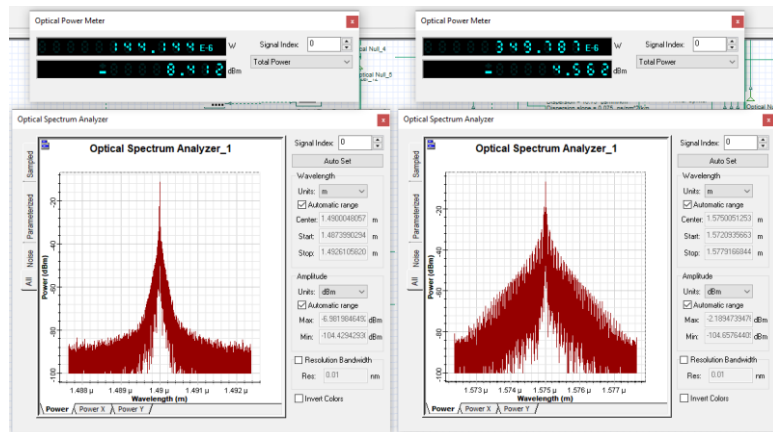
**Figura 4-5.** Espectro y Potencia de la señal en el Primer Splitter 1x8 en la red GPON y XGS-PON

**Fuente:** El Autor.



**Figura 4-6.** Espectro y Potencia en la FO de Distribución, NAP más lejana en red GPON y XGS.PON

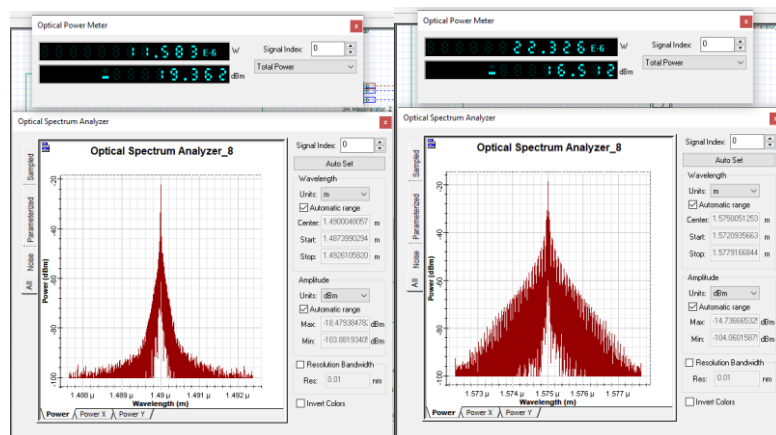
**Fuente:** El Autor.



**Figura 4-7.** Espectro y Potencia en la FO de Distribución más cercana en la red GPON y XGS-PON

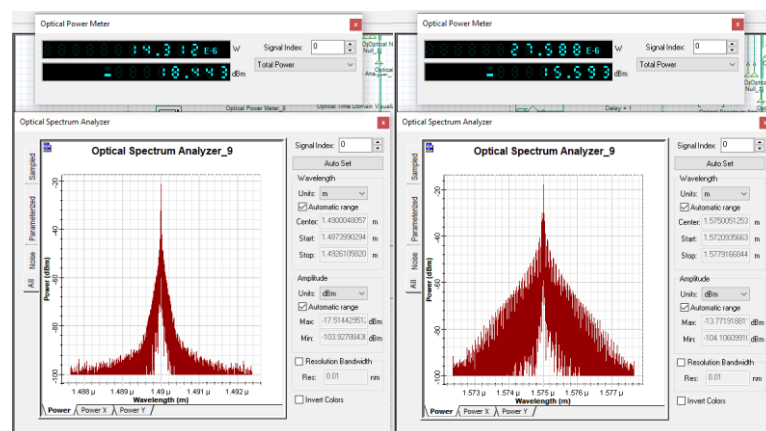
**Fuente:** El Autor.

En la **Figura 4-6**, se ilustra el espectro y la intensidad de la señal en el sistema óptico de distribución de la NAP más alejada (Zona 5). Mientras que en la **Figura 4-7**, se presenta el espectro y la intensidad de la señal en el sistema óptico de distribución de la NAP más próxima (Zona 1).



**Figura 4-8.** Espectro y Potencia del Segundo Splitter 1x8, NAP más lejana en red GPON y XGS-PON.

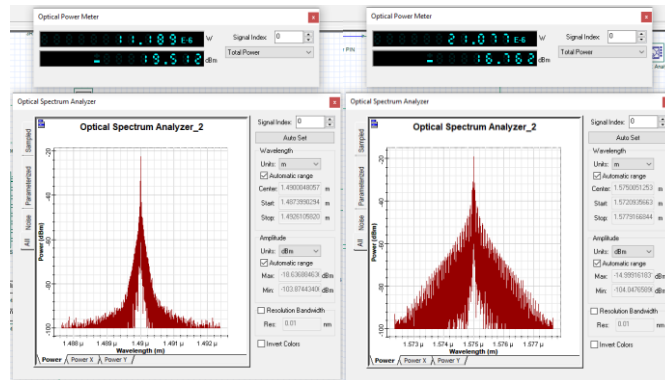
**Fuente:** El Autor.



**Figura 4-9.** Espectro y Potencia en Segundo Splitter 1x8, NAP más cercana en red GPON y XGS-PON

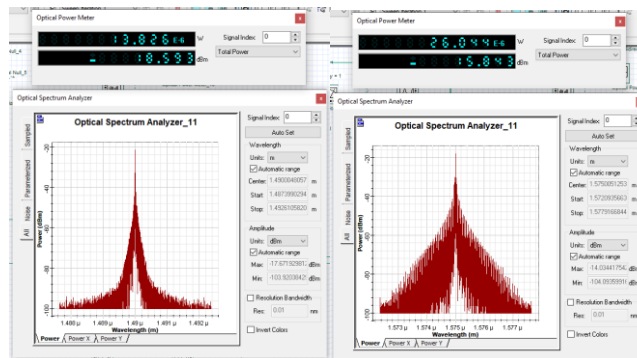
**Fuente:** El Autor.

En la **Figura 4-8**, se exhibe el espectro y la intensidad de la señal en el segundo splitter 1x8 de la NAP más distante (Zona 5). Por otro lado, en la **Figura 4-9**, se muestra el espectro y la intensidad en la señal en el segundo splitter 1x8 de la NAP más cercana (Zona 1).



**Figura 4-10.** Espectro y Potencia en el Drop cliente de la NAP más lejana en la red GPON y XGS-PON

**Fuente:** El Autor.



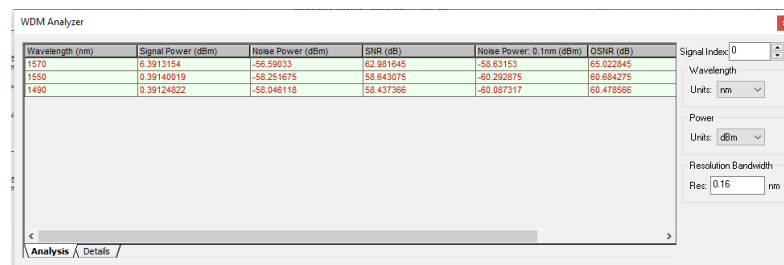
**Figura 4-11.** Espectro y Potencia de la señal en el Drop cliente de NAP más cercana en la red GPON y XGS.PON

**Fuente:** El Autor.

En la **Figura 4-10**, se muestra el espectro y la intensidad en la señal del cliente de la NAP más distante (Zona 5). Por otro lado, en la **Figura 4-11**, se exhibe el espectro y la intensidad de la señal del cliente de la NAP más cercana (Zona 1).

**b) Transmisión de Datos red FTTx GPON, XGS-PON y video RF simultáneamente**

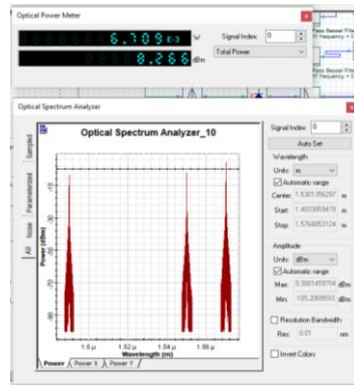
La **Figura 4-12**, muestra las señales emitidas desde el transmisor óptico después del multiplexor.



**Figura 4-12.** WDM Analyzer después del multiplexor.

**Fuente:** El Autor.

La **Figura 4-13**, muestra la atenuación y el espectro de señales presentes antes de la transmisión en la red feeder.



**Figura 4-13.** Optical Spectrum and Power meter FO feeder.

**Fuente:** El Autor.

#### 4.2.2 Escenario de recepción de la señal

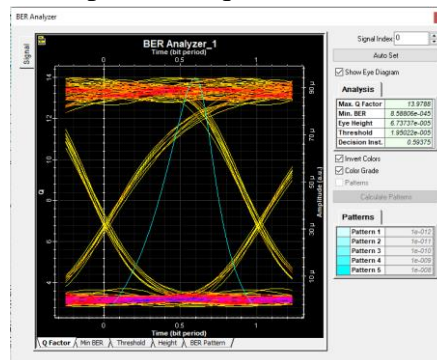
Después de recibir la señal, se visualizan los parámetros en el equipo de visualización.

##### a) Factor Q y BER en Recepción de Datos de las Redes FTTx G-PON y XGS-PON

El Factor Q debe ser igual o superior a 6, y el BER debe ser igual o inferior a  $1 \times 10^{-9}$ .

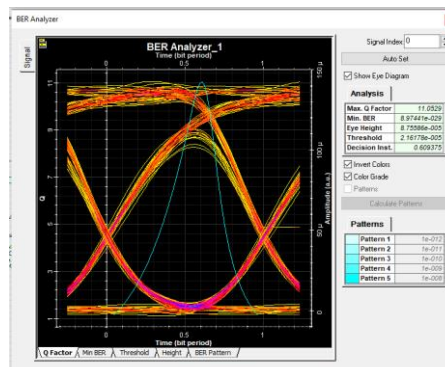
En la Zona 1 se ubica el cliente más cercano, tanto en la red GPON como en la red XGS-PON. En este caso, el BER es de  $8.58806 \times 10^{-45}$  y  $8.97441 \times 10^{-29}$ , ver **Figura 4-14** y **Figura 4-15**.

En tanto que, el Factor Q es de 13.9788 y 11.0529 para G-PON y XGS-PON, respectivamente. Estos valores superan el umbral de 6, lo que indica una transmisión óptima. Además, el diagrama de ojo es aceptable, lo que demuestra una alta calidad de la señal.



**Figura 4-14.** Mínimo BER y Factor Q, NAP más cercana GPON.

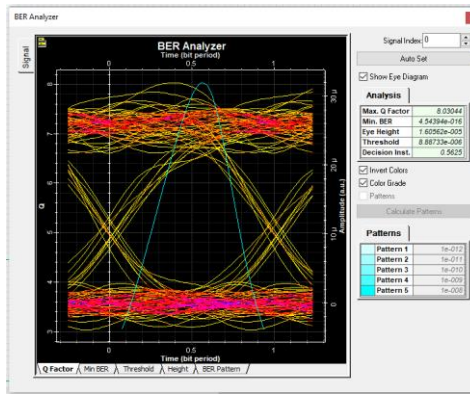
**Fuente:** El Autor.



**Figura 4-15.** Mínimo BER y Factor Q, NAP más cercana XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.





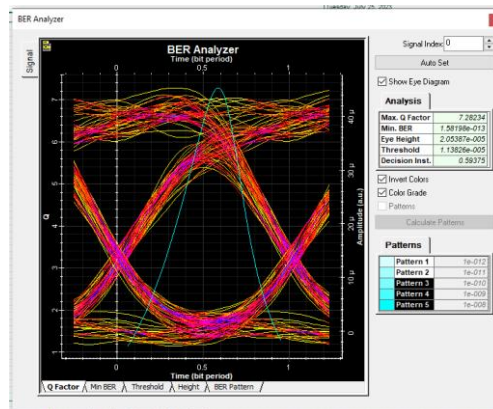
**Figura 4-16.** Mínimo BER y Factor Q, NAP más lejana GPON.

**Fuente:** El Autor.

En la zona 5 se encuentra el usuario más alejado, ver **Figura 4-16** y **Figura 4-17**. En este caso, el BER es de aproximadamente  $4.54394 \times 10^{-16}$  y  $1.28198 \times 10^{-13}$ , tanto para GPON como para XGS-PON, respectivamente.

En la misma zona, el Factor Q generado es de 8.03044 y 7.28234 para GPON y XGS-PON, respectivamente.

Sin embargo, es importante destacar que el diagrama de ojo no muestra una calidad óptima en esta zona debido a la larga distancia de la señal. Esto sugiere que los datos transmitidos pueden no llegar con una calidad de señal óptima en esta ubicación.

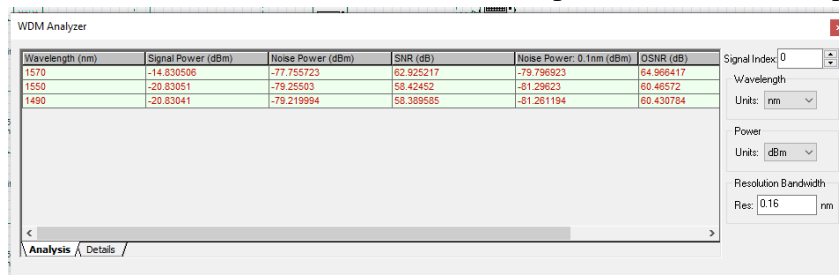


**Figura 4-17.** Mínimo BER y Factor Q, NAP más lejana XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.

**b) Factor Q y BER Recepción de Datos red FTTx GPON, XGS-PON y video RF simultáneamente**

La **Figura 4-18**, muestra las señales emitidas en el receptor antes del demultiplexor.

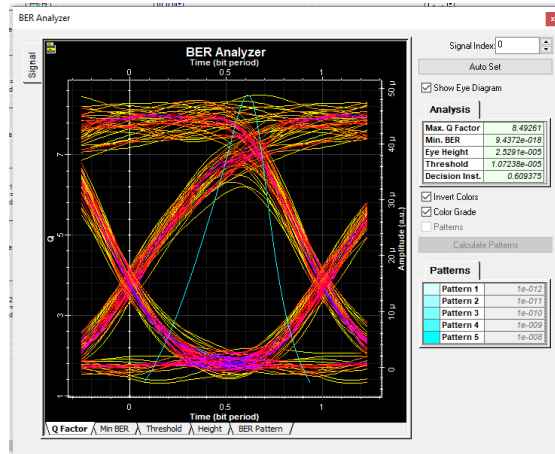


**Figura 4-18.** WDM Analyzer Cliente.

**Fuente:** El Autor.



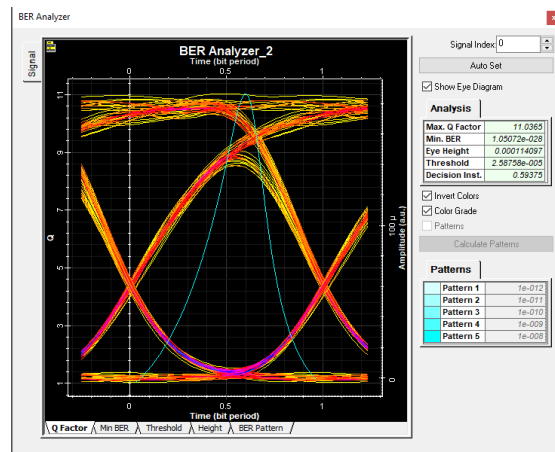
La **Figura 4-19**, muestra la señal del BER y factor Q, del cliente con tecnología GPON.



**Figura 4-19.** BER y Factor Q GPON cliente.

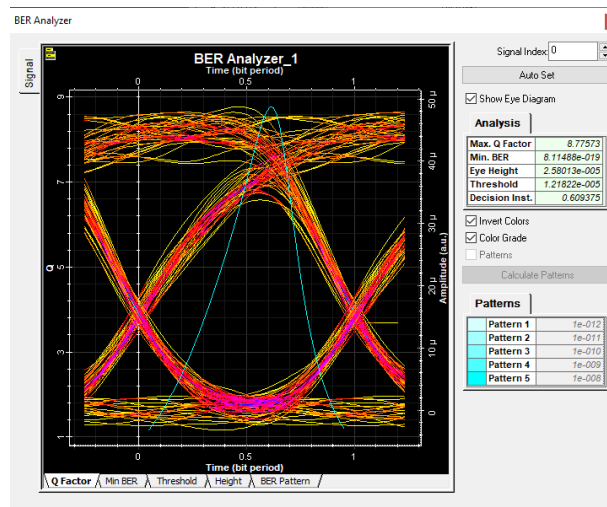
**Fuente:** El Autor.

La **Figura 4-20**, muestra la señal del BER y factor Q, del cliente con tecnología XGS-PON.



**Figura 4-20.** BER y Factor Q XGS-PON cliente.

**Fuente:** El Autor.



**Figura 4-21.** BER y Factor Q Video RF cliente.

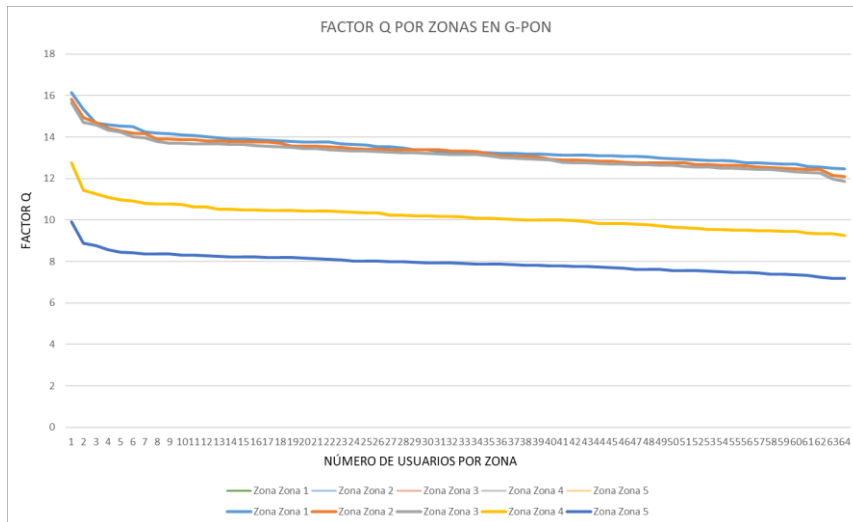
**Fuente:** El Autor.

La **Figura 4-21**, muestra la señal del BER y factor Q, del cliente con tecnología video RF.

### 4.3 Valores de los parámetros técnicos del Ambiente simulado

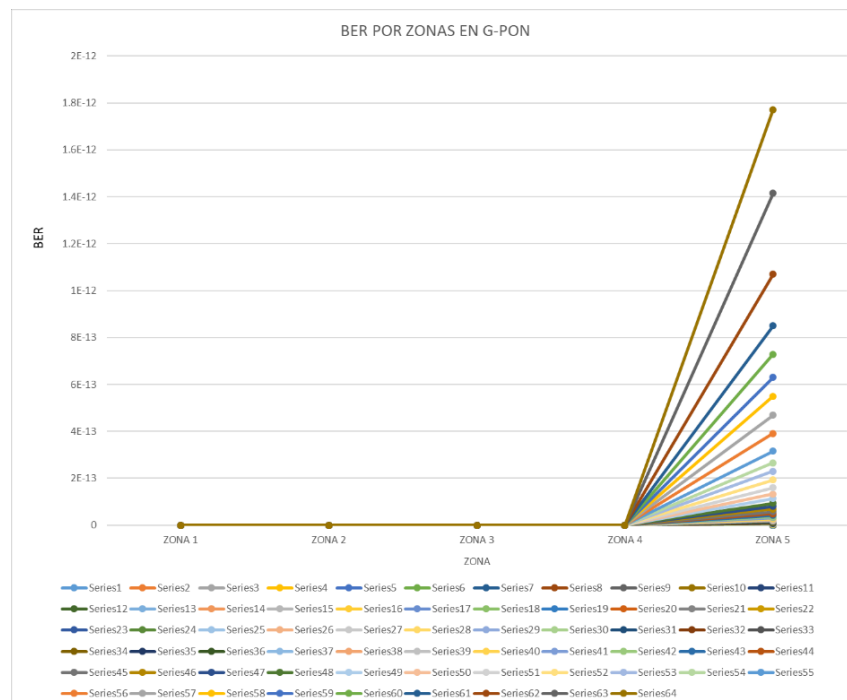
#### 4.3.1 Factor Q y BER NAP de la red G-PON y XGS-PON con 64 usuarios

En el Anexo 3, en Figura 4-22 y la Figura 4-23, se presentan los valores de los parámetros técnicos para G-PON. Estos resultados demuestran que, en todos los escenarios analizados, se cumplen con los requisitos establecidos en la Recomendación ITU-T G.9807.1. En otras palabras, tanto en las áreas de mayor proximidad como en las de mayor distancia, se garantiza la calidad de la señal de acuerdo con los estándares especificados.



**Figura 4-22.** Factor Q por zonas red G-PON con 64 usuarios.

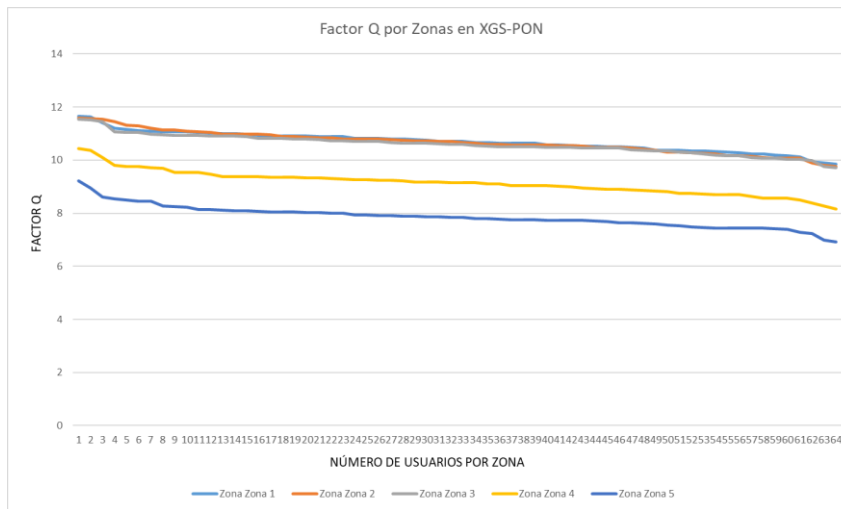
**Fuente:** El Autor.



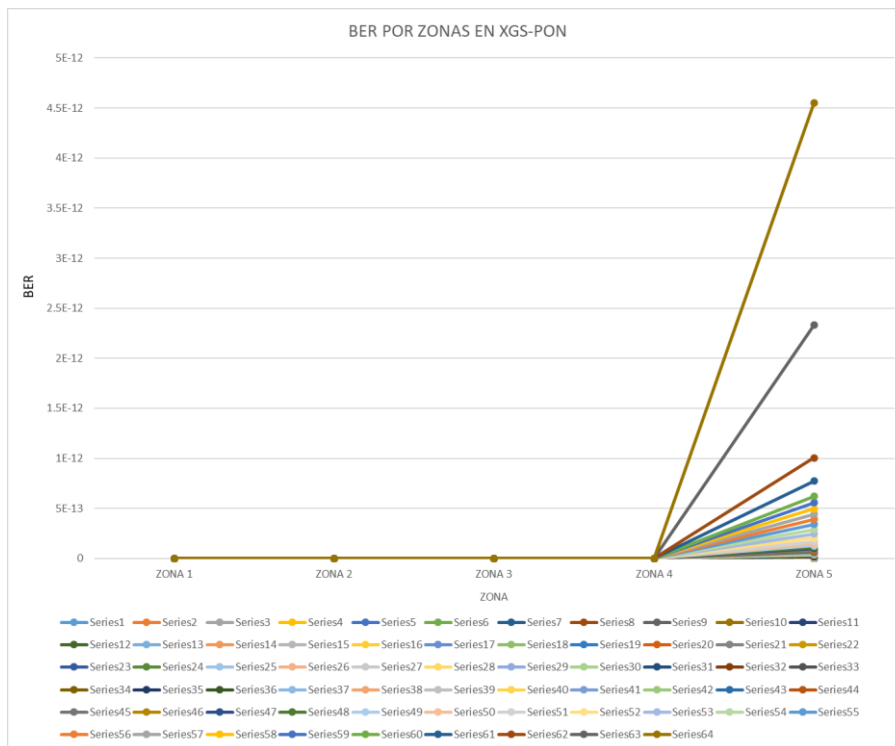
**Figura 4-23.** BER por zonas red GPON con 64 usuarios.

**Fuente:** El Autor.

Los valores de los parámetros técnicos para XGS-PON, se presentan en el **Anexo 4**, en la **Figura 4-24** y **Figura 4-25**. En estos datos se puede observar que, tanto en los escenarios más favorables como en los menos favorables, se cumplen con los estándares establecidos en la Recomendación ITU-T G.9807.1.



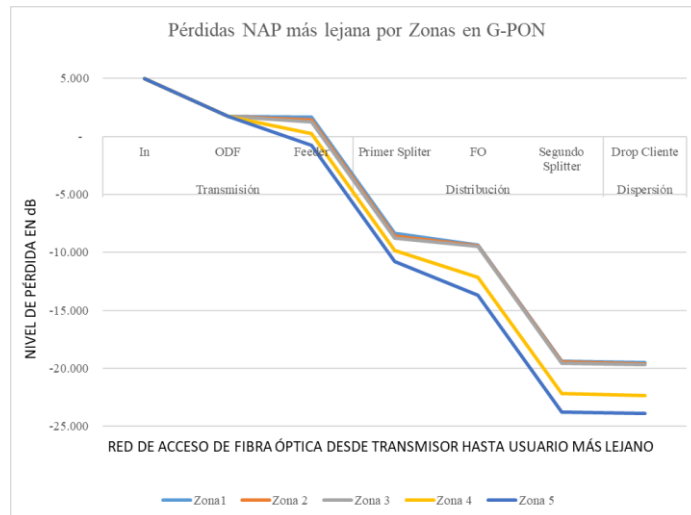
**Figura 4-24.** Factor Q por zonas red XGS-PON con 64 usuarios.  
**Fuente:** El Autor.



**Figura 4-25.** BER por zonas red XGS-PON con 64 usuarios.  
**Fuente:** El Autor.

#### 4.3.2 Pérdidas enlace hasta NAP más lejana, red G-PON y XGS-PON con 64 usuarios

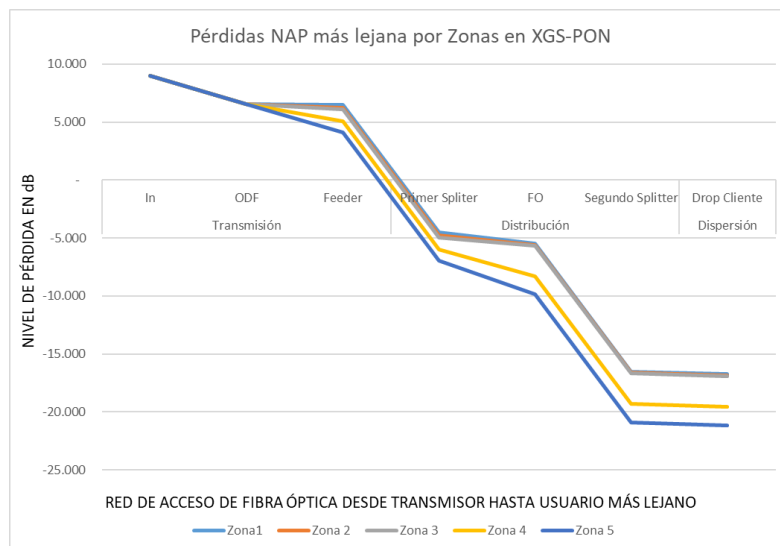
Se presentan los valores medidos en cada etapa del sistema de acceso óptico, hasta la NAP más lejana de la red G-PON. Esto se presenta en el **Anexo 5** y se visualiza gráficamente en la **Figura 4-26**.



**Figura 4-26.** Pérdidas por zonas red G-PON con 64 usuarios.

**Fuente:** El Autor.

Se presentan los valores medidos en cada etapa del sistema de acceso óptico, hasta la NAP más lejana de la red XGS-PON. Esto se presenta en el **Anexo 6** y se visualiza gráficamente en la **Figura 4-27**.



**Figura 4-27.** Pérdidas por zonas red XGS-PON con 64 usuarios.

**Fuente:** El Autor.

#### 4.4 Comprobación de Hipótesis

Con el propósito de verificar la hipótesis, se emplea el análisis estadístico para así determinar si los datos obtenidos poseen una distribución normal, según lo cual se ejecuta una prueba paramétrica o no paramétrica. Esto permite determinar si la distribución resultante respalda la validez o invalidez de la hipótesis nula.

Se evaluó el sistema simulado tanto para G-PON como para XGS-PON que consta de 1 puerto FTTX para dar el servicio a 64 clientes por zona de cobertura, siendo que, la infraestructura del ISP consta de 5 zonas, razón por la cual, el total de usuarios serán de 320, cubriendo perfectamente a los 279 usuarios de la muestra escogida.

Para evaluar la validez de una hipótesis científica basada en las observaciones del investigador, es necesario someterlas a pruebas que permitan determinar si existe respaldo empírico para las afirmaciones planteadas durante la investigación.

**Hipótesis nula H0:** La implementación de la red FTTH con tecnología XGS-PON no mejorará el desempeño de la red, la velocidad y ancho de banda de la red de acceso del ISP SLYLINK SYSTEM.

**Hipótesis alternativa H1:** La implementación de la red FTTH con tecnología XGS-PON mejorará el desempeño de la red, la velocidad y ancho de banda de la red de acceso del ISP SLYLINK SYSTEM.

#### 4.4.1 Variables Dependientes

En primera instancia se analiza el nivel de ancho de banda por cada tecnología analizada, ver **Tabla 4-1**.

**Tabla 4-1.** Ancho de banda de cada puerto de la red GPON y XGS-PON.

Tecnología	Ancho de banda
GPON ancho de banda	1 Gbps
XGS-PON ancho de banda	10 Gbps
enlace dedicado	50 Mbps
enlace dedicado	100 Mbps

**Fuente:** El Autor.

Posteriormente se realiza una asignación de cada puerto de la OLT, para cada enlace dedicado de 50 Mbps y de 100 Mbps para evidenciar a cuantos usuarios se puede dar el servicio por cada tecnología. De esta manera se obtendrá el número de ONTs soportadas. Se procede con el enlace de GPON transformado el 1 Gbps a 1000Mbps. En primera instancia se definen tres usuarios para el enlace de 100Mbps y luego para un rendimiento del 80% del puerto se procede a calcular el número de usuarios sobrantes para un enlace de 50Mbps con la fórmula:  $\frac{1000*80\%-(3*100)}{50}$ . Con lo cual se obtienen un total de 13 usuarios, ver **Tabla 4-2** y **Tabla 4-3**.

**Tabla 4-2.** Número de usuarios enlace dedicado de 50Mbps y 100Mbps red GPON a 1Gbps.

PUERTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
rendimiento	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	
usuarios 100 Mbps	3	3	3	3	3	3	3	3	24
usuarios 50 Mbps	10	10	10	10	10	10	10	10	80
<b>TOTAL</b>									104

**Fuente:** El Autor.

**Tabla 4-3.** Número de usuarios enlace dedicado de 50Mbps y 100Mbps red GPON a 2.5Gbps.

PUERTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
rendimiento	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	
usuarios 100 Mbps	3	3	3	3	3	3	3	3	24
usuarios 50 Mbps	34	34	34	34	34	34	34	34	272
<b>TOTAL</b>									296

**Fuente:** El Autor.

De manera similar, se efectúa el proceso en el enlace XGS-PON, donde la tasa de 10 Gbps se convierte a 10000 Mbps. Inicialmente, se establece un grupo de treinta usuarios con una velocidad de enlace de 100 Mbps. Luego, para aprovechar el 80% del puerto, se calcula la cifra adicional de clientes conectados a un enlace de 50 Mbps utilizando la fórmula:  $\frac{10000*80%-(30*100)}{50}$ . Esto resulta en un total de 100 usuarios adicionales, ver **Tabla 4-4**.

**Tabla 4-4.** Número de usuarios enlace dedicado de 50Mbps y 100Mbps red XGS-PON a 10Gbps.

PUERTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
rendimiento	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	
usuarios 100 Mbps	30	30	30	30	30	30	30	30	240
usuarios 50 Mbps	100	100	100	100	100	100	100	100	800
<b>TOTAL</b>									1040

**Fuente:** El Autor.

#### 4.4.2 Variables Dependientes

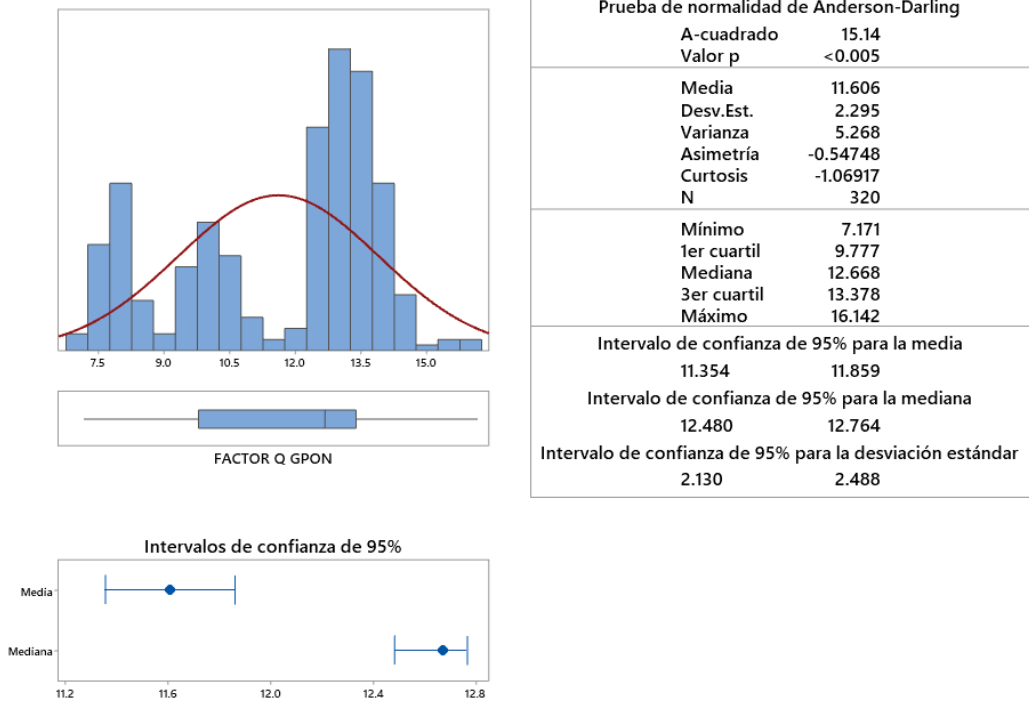
Para evaluar el desempeño de la red, se han seleccionado los siguientes indicadores: Factor Q, Tasa de Error (BER) y las pérdidas en las NAPs ubicadas en las zonas más alejadas de las cinco áreas de cobertura de la red, tanto para la tecnología G-PON como para XGS-PON. Los datos utilizados en la prueba estadística son de los 320 usuarios de la red simulada del ISP, con 64 clientes por zona de cobertura como se observan en el **Anexo 3, Figura 4-22** y la **Figura 4-23** para G-PON, y en el **Anexo 4, la Figura 4-24 y Figura 4-25** para XGS-PON tanto para el parámetro FACTOR Q, así como para el parámetro BER. Para el parámetro pérdida hasta la NAP más lejana de la red G-PON se observa en el **Anexo 5** y la **Figura 4-26**, para el parámetro pérdida hasta la NAP más lejana de la red XGS-PON, se observa en el **Anexo 6** y la **Figura 4-27**.

##### a) Factor Q

Utilizando el software MINITAB, se llevó a cabo el análisis estadístico mediante pruebas de linealidad, para luego aplicar la prueba estadística correspondiente a la distribución de datos. La **Figura 4-28**, muestra el informe de resultados de la prueba de linealidad y los cálculos de intervalos de confianza de medias y medianas realizadas con Minitab, para los valores de Factor Q, de la red G-PON, simulada con OPTISYSTEM. La **Figura 4-29**, muestra la prueba de linealidad realizada con Minitab, para los valores de Factor Q, de la red XGS-PON, simulada con OPTISYSTEM.

El valor p es de 0.005, lo cual al ser menor que 0.05 determina que, los valores no presentan una distribución continua en el tiempo, por ende, es necesario aplicar una prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon para su análisis tanto para GPON como para XGS-PON.

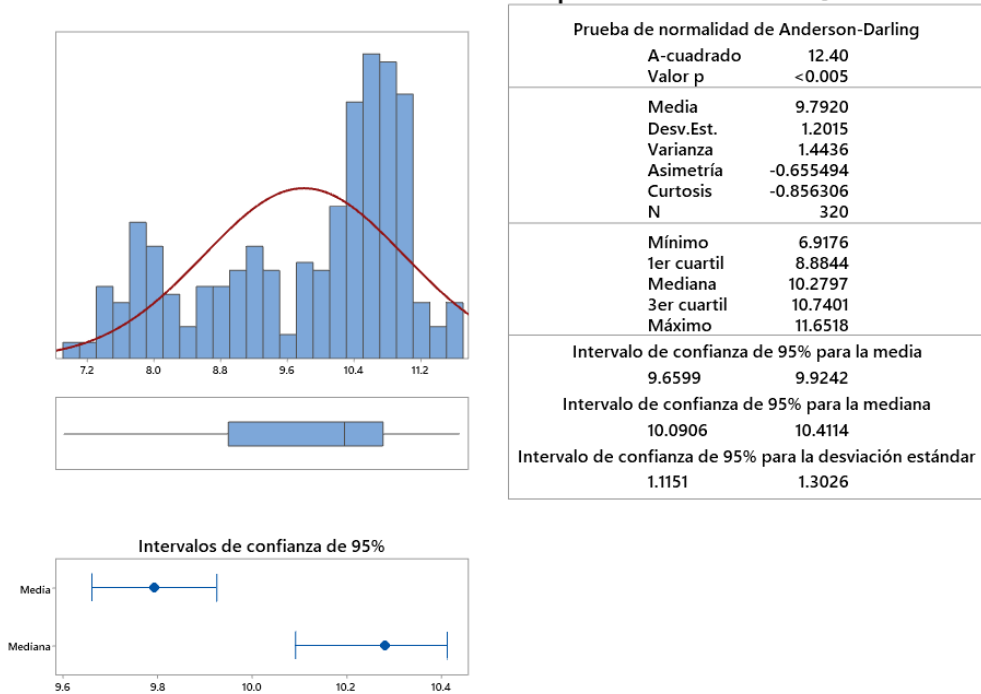
### Informe de resultados estadísticos descriptivos de FACTOR Q G-PON



**Figura 4-28.** Informe de resultados estadísticos descriptivos. Parámetro: Factor Q en G-PON.

**Fuente:** El Autor.

### Informe de resultados estadísticos descriptivos de FACTOR Q XGS-PON



**Figura 4-29.** Informe de resultados estadísticos descriptivos. Parámetro: Factor Q en XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.

### Prueba Estadística de Wilcoxon para G-PON

### Prueba Estadística de Wilcoxon para XGS-PON

#### Método

$\eta$ : mediana de FACTOR Q XGS-PON

#### Método

$\eta$ : mediana de FACTOR Q XGS-PON

#### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
FACTOR Q GPON	320	11.6350

#### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
FACTOR Q XGS-PON	320	9.85065

#### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \eta = 6$

Hipótesis alterna  $H_1: \eta > 6$

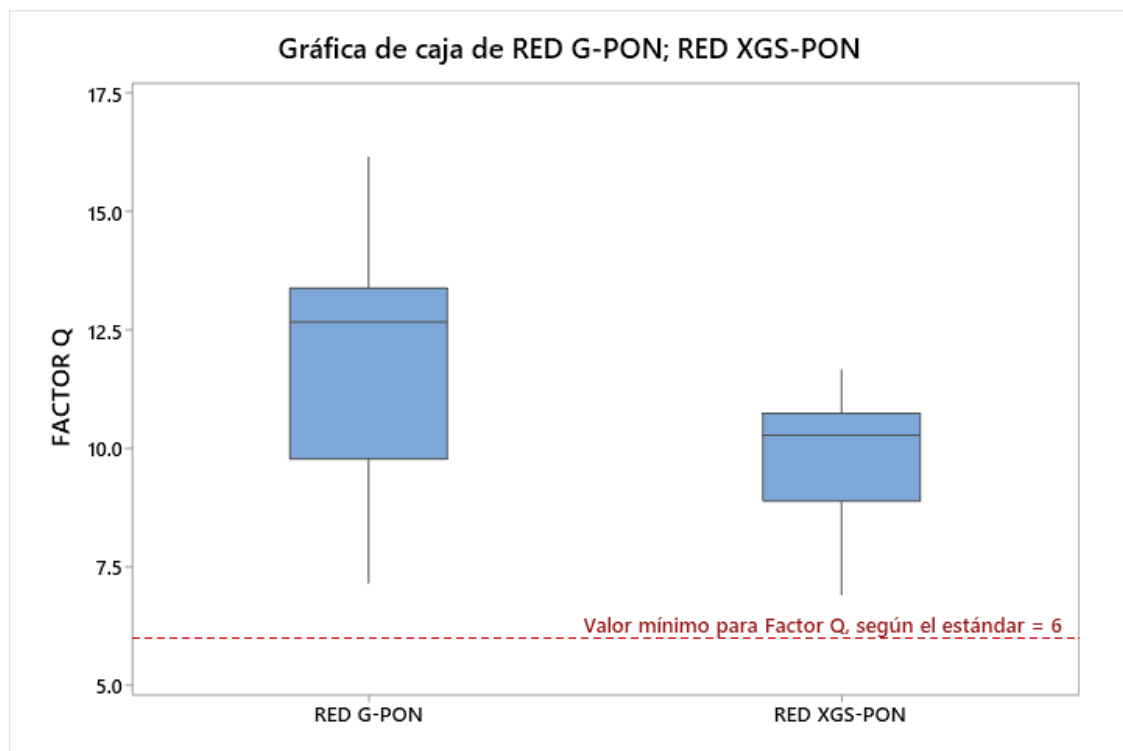
Muestra	Número de Estadística	prueba de Wilcoxon	Valor p
FACTOR Q GPON	320	51360.00	0.000

#### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \eta = 6$

Hipótesis alterna  $H_1: \eta > 6$

Muestra	Número de Estadística	prueba de Wilcoxon	Valor p
FACTOR Q XGS-PON	320	51360.00	0.000



**Figura 4-30.** Gráfica de cajas. Parámetro: Factor Q de red G-PON y XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.

Al aplicar la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon tanto para G-PON como para XGS-PON, se resalta que, el valor de p es menor que 0.05, por ende, se rechaza la hipótesis nula de un Factor Q igual a 6, y se acepta la hipótesis alternativa de un Factor Q mayor a 6,



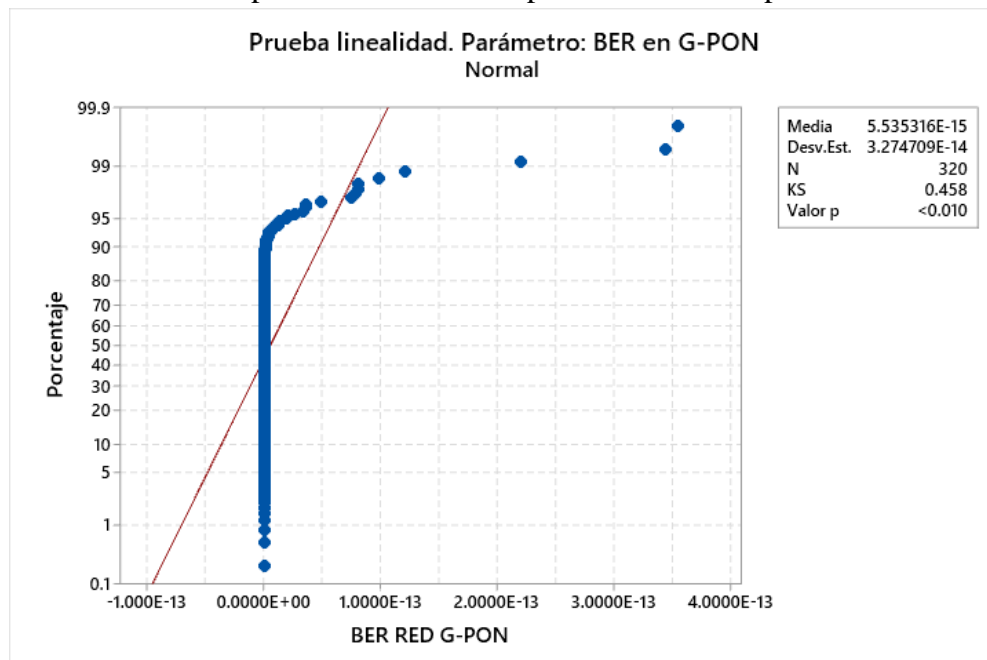
cumpliendo con lo establecido en la norma ITU-T G.9807.1 en términos de relación señal-ruido.

Al examinar la **Figura 4-30**, se hace evidente un contraste relevante en el valor de las medias del parámetro Factor Q entre la red G-PON y la red XGS-PON. Esto sugiere que los valores están ampliamente dispersos y no concuerdan, indicando que al implementar una velocidad de transmisión superior con la tecnología XGS-PON, se generan diferencias notables en comparación con G-PON. La relación señal-ruido es sólida en ambas tecnologías, superando el umbral mínimo de 6 para el Factor Q, necesario para una buena calidad de señal, lo que demuestra que ambas tecnologías pueden operar con las características presentes en las redes de acceso del ISP.

### b) Tasa de Error (BER)

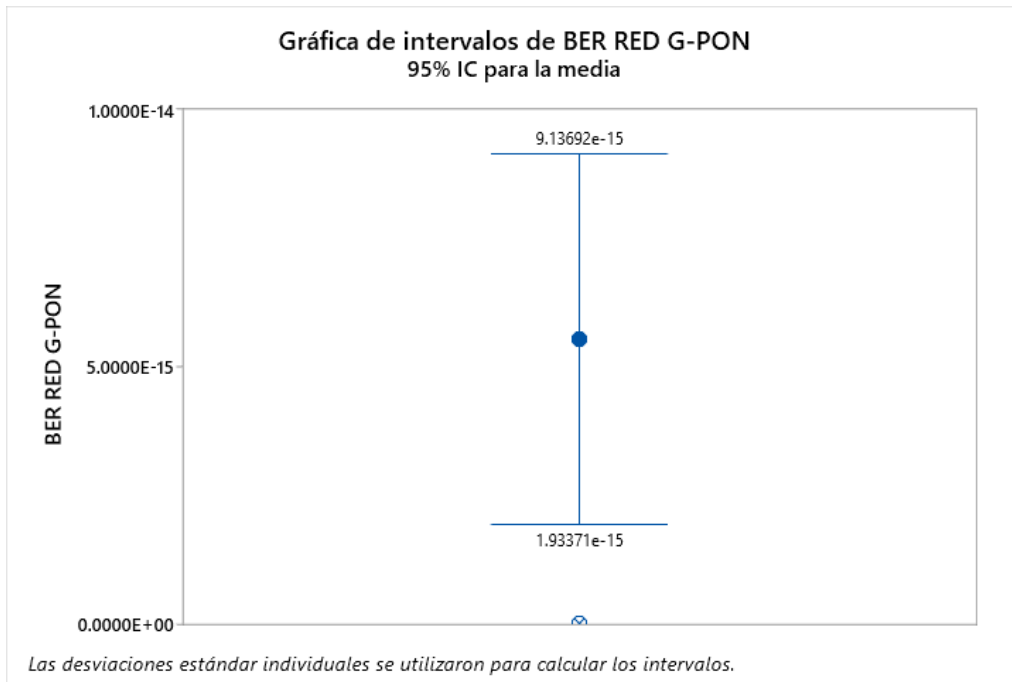
Mediante el empleo del software MINITAB, se realizó un análisis estadístico utilizando pruebas de linealidad, para luego aplicar la prueba estadística correspondiente a la distribución de datos. La **Figura 4-31** y la **Figura 4-32**, la prueba de linealidad y los intervalos de confianza de medias y medianas realizadas con Minitab, para los valores de tasa de error por bit (BER), de la red G-PON, simulada con OPTISYSTEM. La **Figura 4-33** y la **Figura 4-34**, muestra la prueba de linealidad y los intervalos de confianza de medias y medianas realizadas con Minitab, para los valores de tasa de error por bit (BER), de la red XGS-PON, simulada con OPTISYSTEM.

El valor p es 0.01, lo cual al ser menor que 0.05 determina que, los valores no presentan una distribución continua en el tiempo, por ende, es necesario aplicar una prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon para su análisis tanto para GPON como para XGS-PON.

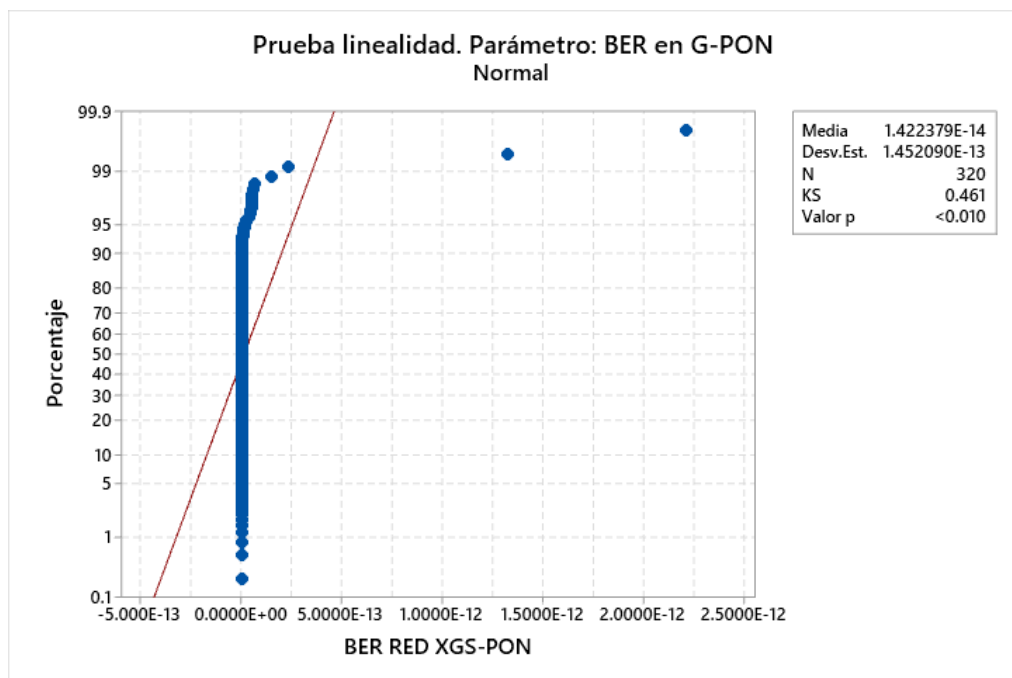


**Figura 4-31.** Prueba linealidad. Parámetro: BER en G-PON.

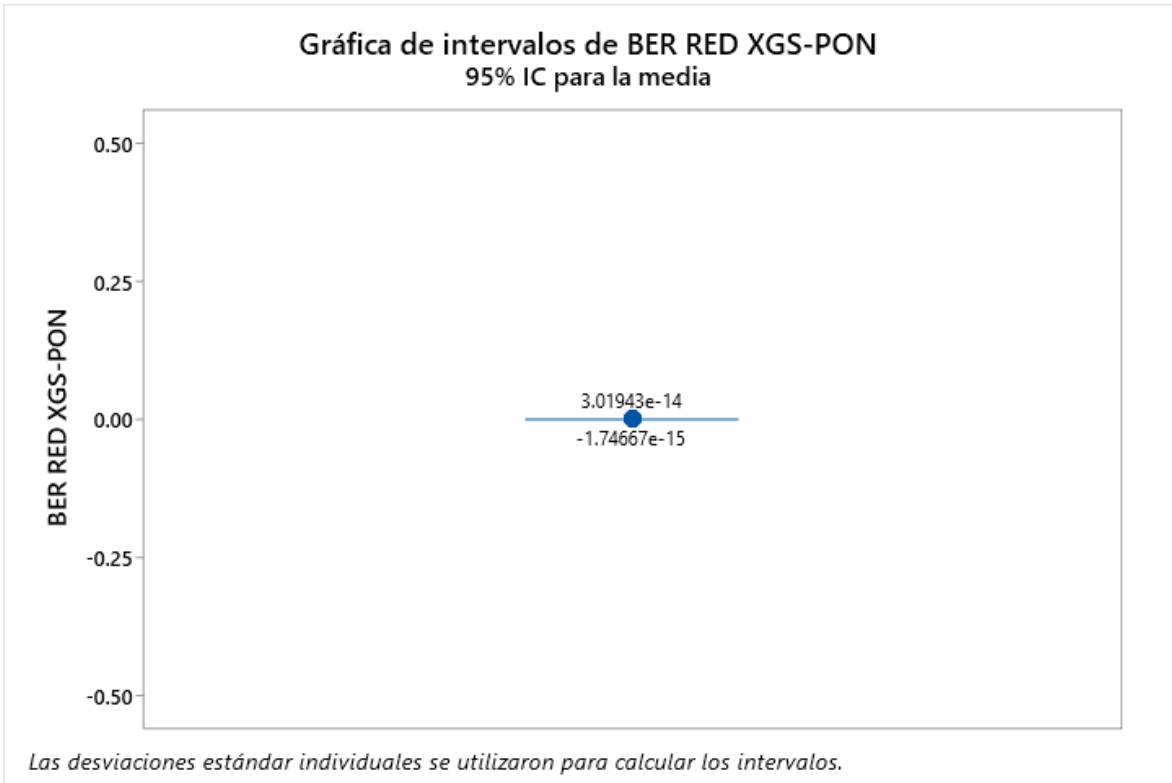
**Fuente:** El Autor.



**Figura 4-32.** Gráfica de Intervalos para el parámetro BER en G-PON.  
**Fuente:** El Autor.



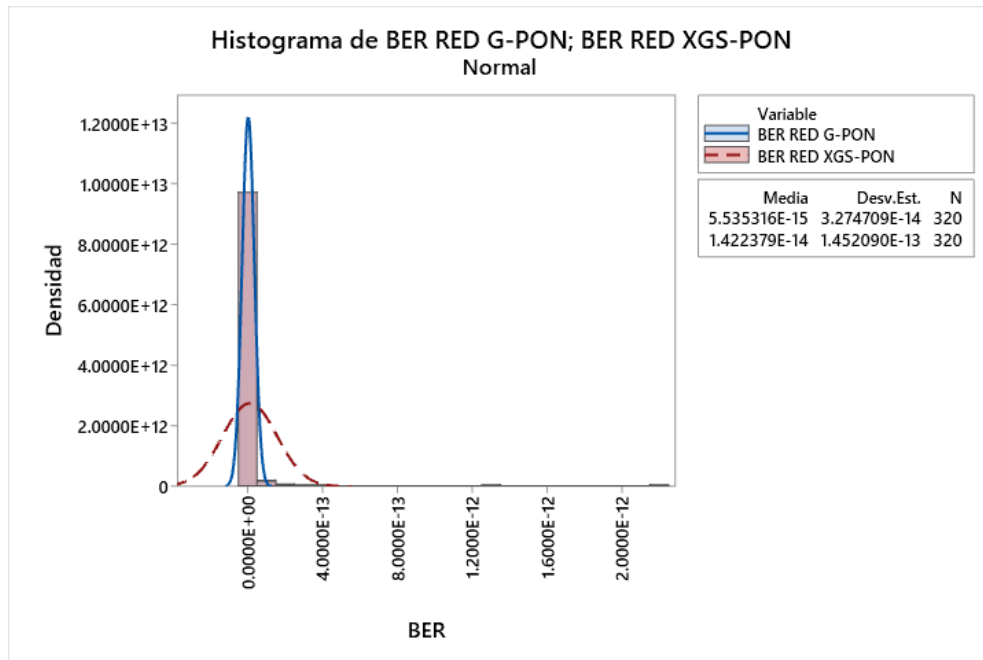
**Figura 4-33.** Prueba linealidad. Parámetro: BER en XGS-PON.  
**Fuente:** El Autor.



**Figura 4-34.** Gráfica de Intervalos para el parámetro BER en XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.

Prueba Estadística de Wilcoxon para G-PON	Prueba Estadística de Wilcoxon para XGS-PON												
<p><b>Método</b></p> <p><math>\eta</math>: mediana de BER RED G-PON</p>	<p><b>Método</b></p> <p><math>\eta</math>: mediana de BER RED XGS-PON</p>												
<p><b>Estadísticas descriptivas</b></p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Muestra</th> <th style="text-align: left;">N</th> <th style="text-align: left;">Mediana</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BER RED G-PON</td> <td>320</td> <td>0.0000000</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra	N	Mediana	BER RED G-PON	320	0.0000000	<p><b>Estadísticas descriptivas</b></p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Muestra</th> <th style="text-align: left;">N</th> <th style="text-align: left;">Mediana</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BER RED XGS-PON</td> <td>320</td> <td>0.0000000</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra	N	Mediana	BER RED XGS-PON	320	0.0000000
Muestra	N	Mediana											
BER RED G-PON	320	0.0000000											
Muestra	N	Mediana											
BER RED XGS-PON	320	0.0000000											
<p><b>Prueba</b></p> <p>Hipótesis nula <math>H_0: \eta = 0.0000000001</math>            Hipótesis alterna <math>H_1: \eta &lt; 0.0000000001</math></p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Muestra</th> <th style="text-align: left;">Número de Estadística de prueba de Wilcoxon</th> <th style="text-align: left;">Valor p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BER RED G-PON</td> <td>320</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra	Número de Estadística de prueba de Wilcoxon	Valor p	BER RED G-PON	320	0.00	<p><b>Prueba</b></p> <p>Hipótesis nula <math>H_0: \eta = 0.0000000001</math>            Hipótesis alterna <math>H_1: \eta &lt; 0.0000000001</math></p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Muestra</th> <th style="text-align: left;">Número de Estadística de prueba de Wilcoxon</th> <th style="text-align: left;">Valor p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BER RED XGS-PON</td> <td>320</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra	Número de Estadística de prueba de Wilcoxon	Valor p	BER RED XGS-PON	320	0.00
Muestra	Número de Estadística de prueba de Wilcoxon	Valor p											
BER RED G-PON	320	0.00											
Muestra	Número de Estadística de prueba de Wilcoxon	Valor p											
BER RED XGS-PON	320	0.00											



**Figura 4-35.** Histograma. Parámetro: BER de G-PON y XGS-PON.

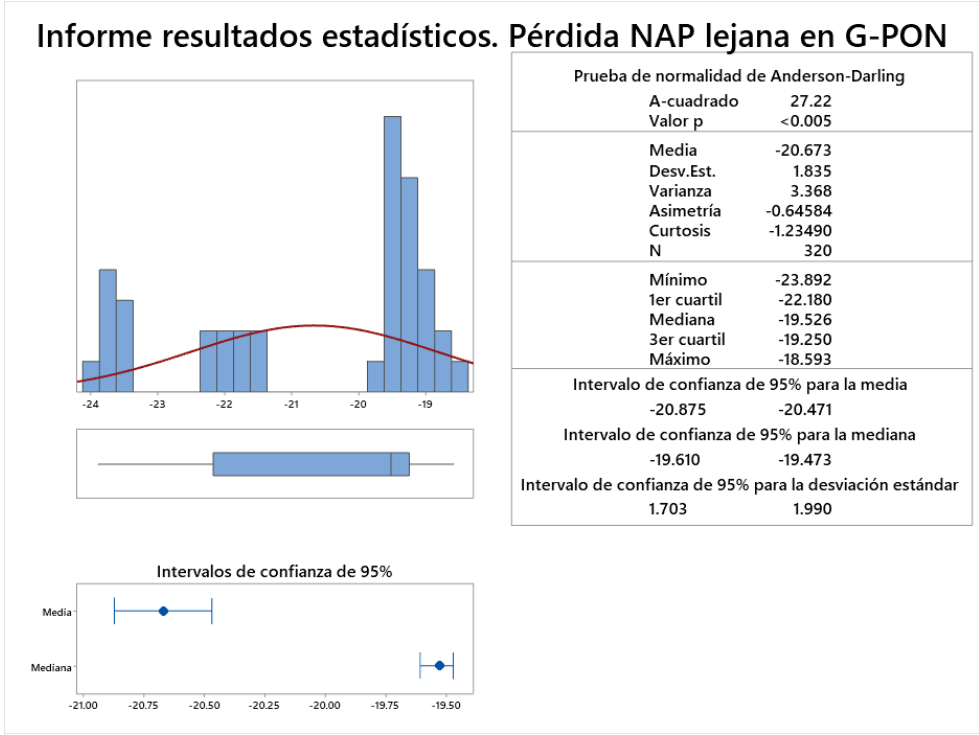
**Fuente:** El Autor.

Al aplicar la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon tanto para G-PON como para XGS-PON, se resalta que, el valor de p es menor que 0.05, por ende, se rechaza la hipótesis nula de un BER igual a  $1E-10$ , y se acepta la hipótesis alternativa de un BER menor a  $1E-10$ , cumpliendo con lo establecido en la norma ITU-T G.9807.1 en términos de relación señal-ruido.

Al examinar la **Figura 4-35**, se hace evidente un contraste relevante en el valor de las medias del parámetro BER entre la red G-PON y la red XGS-PON. Esto sugiere que los valores están ampliamente dispersos y no concuerdan, indicando que al implementar una velocidad de transmisión superior con la tecnología XGS-PON, se generan diferencias notables en comparación con G-PON. La relación señal-ruido es sólida en ambas tecnologías, con valores menores al umbral máximo de  $1E-10$  para el BER, necesario para una buena calidad de señal, lo que demuestra que ambas tecnologías pueden operar con las características presentes en las redes de acceso del ISP.

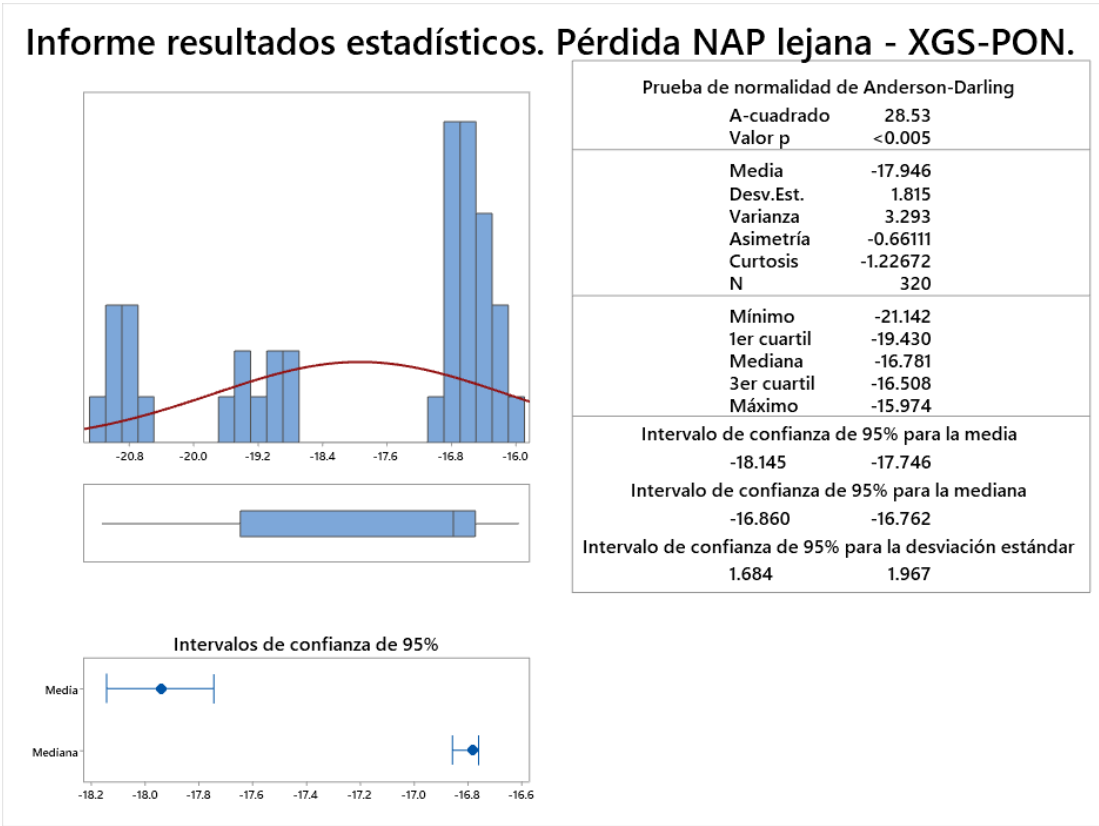
### c) Pérdida NAP más lejana

Por medio del uso del software MINITAB, se realizó un análisis estadístico utilizando pruebas de linealidad, para luego aplicar la prueba estadística correspondiente a la distribución de datos. La **Figura 4-36**, muestra el informe de resultados de la prueba de linealidad y los cálculos de intervalos de confianza de medias y medianas realizadas con Minitab, para los valores de pérdida NAP más lejana, de la red G-PON, simulada con OPTISYSTEM. La **Figura 4-37**, muestra el informe de resultados de la prueba de linealidad y los cálculos de intervalos de confianza de medias y medianas realizadas con Minitab, para los valores de pérdida NAP más lejana, de la red XGS-PON, simulada con OPTISYSTEM. El valor p es menor a 0.005, lo cual al ser menor que 0.05 determina que, los valores no presentan una distribución continua en el tiempo, por ende, es necesario aplicar una prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon para su análisis tanto para GPON como para XGS-PON.



**Figura 4-36.** Informe resultados estadísticos descriptivos. Parámetro: Pérdida NAP lejana en G-PON.

**Fuente:** El Autor.



**Figura 4-37.** Informe resultados estadísticos descriptivos. Parámetro: Pérdida NAP lejana - XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.

### Prueba Estadística de Wilcoxon para G-PON

#### Método

$\eta$ : mediana de Pérdidas NAP más lejana G-PON

#### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
Pérdidas NAP más lejana G-PON	320	-20.6345

#### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \eta = -28$

Hipótesis alterna  $H_1: \eta > -28$

Muestra	Número de prueba de Wilcoxon	Estadística	Valor p
Pérdidas NAP más lejana G-PON	320	51360.00	0.000

### Prueba Estadística de Wilcoxon para XGS-PON

#### Método

$\eta$ : mediana de Pérdidas NAP más lejana XGS-PON

#### Estadísticas descriptivas

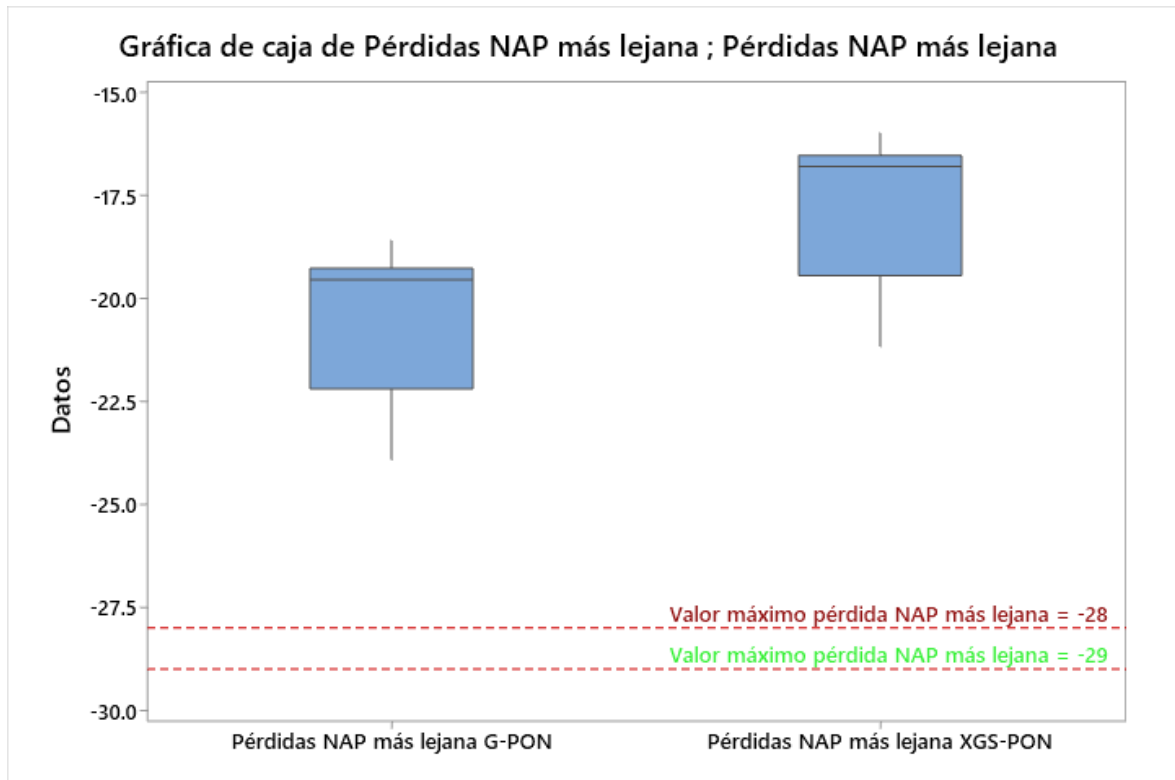
Muestra	N	Mediana
Pérdidas NAP más lejana XGS-PON	320	-17.9025

#### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \eta = -29$

Hipótesis alterna  $H_1: \eta > -29$

Muestra	Número de prueba de Wilcoxon	Estadística	Valor p
Pérdidas NAP más lejana XGS-PON	320	51360.00	0.000



**Figura 4-38.** Gráfica de cajas. Parámetro: Pérdida NAP más lejana de G-PON y XGS-PON.

**Fuente:** El Autor.

Al aplicar la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon tanto para G-PON como para XGS-PON, se resalta que, el valor de p es menor que 0.05, por ende, se rechaza la hipótesis nula de la pérdida igual a -29, y se acepta la hipótesis alternativa de una pérdida menor a -29, cumpliendo con lo establecido en la norma ITU-T G.9807.1 en términos de pérdidas hasta la NAP más lejana de la red. Al examinar la **Figura 4-38**, se hace evidente un contraste

relevante en el valor de las medias del parámetro pérdida NAP más lejana entre la red G-PON y la red XGS-PON. Esto sugiere que los valores están ampliamente dispersos y no concuerdan, indicando que al implementar una velocidad de transmisión superior con la tecnología XGS-PON, se generan diferencias notables en comparación con G-PON. Los valores de las pérdidas en las NAP más lejanas es sólida en ambas tecnologías, no superando el umbral máximo de -28 para G-PON y de -29 para XGS-PON, necesario para una buena calidad de señal, lo que demuestra que ambas tecnologías pueden operar con las características presentes en las redes de acceso del ISP.

#### **4.5 Discusión**

El valor del índice de rentabilidad es de 1.79, siendo que es un valor mayor que la unidad el proyecto es rentable. El valor del VAN de proyecto es mayor a 0, por lo cual el proyecto concebirá regalías. El valor del TIR es de 11.13% es mayor que la tasa de corte del proyecto que es del 10%, por lo cual el proyecto es viable.

En el análisis de las encuestas sobre la conectividad a Internet en la localidad, se destaca que el 89.61% de los encuestados tienen acceso a Internet, siendo la fibra óptica la tecnología preferida por la mayoría. Se observa una competencia entre diferentes proveedores, donde SKYLINK SYSTEM se destaca con el 17.60% de los usuarios encuestados como proveedor preferido. La mayoría de los usuarios elige paquetes con velocidades mínimas, y se nota un aumento en la demanda de servicios relacionados con el trabajo y la educación a distancia. Se realizó una asignación de puertos OLT para enlaces de 50 Mbps y 100 Mbps con el fin de determinar el número máximo de clientes asignados por cada tecnología. En el caso de GPON, se puede soportar un total de 128 usuarios, mientras que en XGS-PON, esta capacidad se incrementa considerablemente, permitiendo hasta 1280 usuarios.

Adicionalmente, se evaluó de rendimiento de una red FTTH mediante el uso del software OPTISYSTEM. Durante esta evaluación, se verificaron parámetros clave como el Factor Q, el BER y la atenuación. Los resultados comparativos entre las redes GPON y XGS-PON revelaron que ambas tecnologías cumplen con los requisitos establecidos en la Recomendación ITU-T G.9807.1. Sin embargo, se destacó que XGS-PON ofrece velocidades de transmisión superiores, aunque con una diferencia de pérdida de señal insignificante en comparación con GPON.

En cuanto al rendimiento de las tecnologías GPON y XGS-PON en transmisión simultánea junto con video RF en una misma infraestructura, se demostró que ambas tecnologías cumplen con los requerimientos especificados en la Recomendación ITU-T G.9807.1.

Se utilizó el software Minitab y la prueba estadística de Wilcoxon para evaluar los valores de los parámetros, como el Factor Q, el BER y las pérdidas en la NAP más lejana, tanto para las redes G-PON como para XGS-PON con 64 usuarios. Los resultados revelaron que no los valores están dentro de los mínimos y máximos permitidos, ya que los valores de p fueron significativamente bajos (Factor Q: 0.000, BER: 0.000, Pérdida en NAP más lejana: 0.000), lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula. Es evidente que existe una dispersión significativa de valores de los distintos parámetros analizados. A pesar de esta diferencia, ambas tecnologías están dentro de los umbrales máximos y mínimos requeridos por la Recomendación ITU-T G.9807.1, en términos de relación señal-ruido (Factor Q: mínimo de 6) y tasa de error de bits (BER: menor a  $1 \times 10^{-10}$  bits).

## **5 CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- Un estudio exhaustivo de la normativa ITU G.9807.x, realizado a través de una revisión bibliográfica detallada, ha proporcionado una comprensión profunda de los parámetros técnicos de la tecnología XGS-PON. Este análisis ha generado valiosas ideas para la implementación de mejoras en la infraestructura de la red del ISP SKYLINK SYSTEM. El conocimiento adquirido sobre las características y ventajas de XGS-PON será esencial para optimizar la red y ofrecer una experiencia superior a los usuarios.
- La recopilación de datos a través de encuestas dirigidas a usuarios y personal del ISP SKYLINK SYSTEM en el cantón Chambo ha ofrecido una visión completa de la situación actual y ha identificado áreas específicas de mejora en la prestación de servicios de Internet de alta velocidad. La participación activa de usuarios y empleados ha sido esencial para obtener información valiosa sobre sus necesidades y expectativas, lo que orientará la implementación de soluciones adaptadas a las demandas de la comunidad.
- El diseño del sistema óptico, junto con las simulaciones y ensayos de rendimiento realizadas en herramientas como OPTISYSTEM y QGIS, ha garantizado que la solución propuesta cumpla con los requisitos técnicos esenciales. Estas herramientas han permitido evaluar la capacidad y eficacia de la red XGS-PON, asegurando un despliegue óptimo y una cobertura adecuada para satisfacer la creciente demanda de conectividad en el cantón Chambo.
- El análisis de costos de equipos y la valoración de la viabilidad financiera de la red de fibra óptica con tecnología XGS-PON del ISP SKYLINK SYSTEM han sido pasos cruciales para asegurar su implementación exitosa. Basándose en esta información, se ha llegado a la conclusión de que la adopción de XGS-PON es una inversión rentable y factible. Esto permitirá que la empresa ofrezca servicios de alta calidad a sus usuarios.



## 5.2 Recomendaciones

- Establecer un programa de formación y sensibilización para los usuarios: Es esencial implementar un programa de formación destinado a los usuarios del ISP SKYLINK SYSTEM en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo. Este programa les permitirá sacar el máximo provecho de los servicios de alta velocidad que ofrece la red XGS-PON. Además, se debe fomentar la sensibilización sobre la importancia del uso responsable y seguro de Internet, así como destacar las ventajas de las tecnologías de fibra óptica. Estas acciones contribuirán a mejorar la satisfacción del cliente y reducir la carga de solicitudes al soporte técnico relacionadas con problemas y consultas comunes.
- Establecer un programa de supervisión y mantenimiento periódico de la red: La inversión realizada en la tecnología XGS-PON justifica la implementación de un programa regular de supervisión y mantenimiento de la red. Este enfoque garantizará un rendimiento óptimo y una operatividad continua de la infraestructura. La capacidad de detectar posibles problemas o degradación del servicio de manera temprana permitirá una respuesta eficiente para minimizar las interrupciones y garantizar un alto nivel de disponibilidad de la red. La adopción de un enfoque proactivo en el mantenimiento también prolongará la vida útil de los equipos y optimizará el retorno de la inversión.
- Expansión de la cobertura de la red hacia áreas rurales cercanas: Para aprovechar al máximo el potencial de la tecnología XGS-PON y llevar los servicios de Internet de alta velocidad a un público más amplio, se recomienda considerar la expansión de la red hacia las áreas rurales próximas al cantón Chambo. Esta iniciativa no solo beneficiará a las comunidades rurales que actualmente tienen acceso limitado a Internet, sino que también contribuirá al desarrollo y la mejora de la calidad de vida en esas regiones. La expansión estratégica de la cobertura también puede ofrecer ventajas competitivas al ISP, al atraer nuevos clientes y fortalecer su presencia en el mercado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. F. Bedón Bonilla, «Evaluación de parámetros de una red óptica para optimizar y mejorar los servicios TRIPLE PLAY mediante ITU G. 984 y software de simulación.,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2022.
- [2] E. M. Macas Topón, «Análisis técnico comparativo entre las tecnologías de redes de acceso ópticas GPON y XGS-PON,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2022.
- [3] L. HUAWEI TECHNOLOGIES CO., «XG(S)-PON (XG-PON and XGS-PON),» 03 06 2019. [En línea]. Available: <https://actfor.net/ueditor/php/upload/file/20200407/1586223371421399.pdf>. [Último acceso: 12 05 2023].
- [4] P. F. Santiana Calderón, «Estudio del impacto del uso de las redes GPON en Ecuador frente a otras tecnologías año 2022 y sus perspectivas de crecimiento.,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2022.
- [5] Worton, «WDM-PON vs. GPON vs. XG-PON,» FS-community, 11 10 2018. [En línea]. Available: <https://community.fs.com/es/blog/wdm-pon-vs-gpon-vs-xg-pon.html>. [Último acceso: 25 05 2023].
- [6] C. D. Aguirre Montes, «Análisis y diseño de una red de telecomunicaciones para la Urbanización Lomas del Bosque, vía a la costa km-32, Guayaquil utilizando estándares de transmisión para redes PON,» Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2022.
- [7] M. N. & C. B. J. I. Borbor Pérez, «Análisis y diseño de una red de fibra óptica para brindar servicios de telecomunicaciones en las Parroquias Rurales Guale y Lascano-Provincia de Manabí.,» Universidad de Guayaquil, Manabí, 2022.
- [8] E. F. Rodríguez San Lucas, «Diseño de una red FTTH GPON de la empresa Telerapid SA para la ciudad de Quito en el barrio La Luz,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2022.
- [9] N. E. Cruz Naula, «Diseño de una red FTTH utilizando estándar G. 984. x para proveer servicio Triple Play en la zona urbana del cantón Chambo,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019.
- [10] L. A. Illicachi Tene, «Diseño de radioenlace y red de fibra óptica FTTH con tecnología GPON para proveer del servicio de Internet a la comunidad San Antonio de Guayllabamba ubicada en el cantón Chambo provincia de Chimborazo.,» Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, 2022.
- [11] K. S. Bolaños Erazo, «Diseño de una red pasiva óptica (PON) de arquitectura FTTH basado en la tecnología XG-PON para la empresa Alfotel en los barrios San Miguel y San Vicente en La Parroquia Cristóbal Colón de la provincia del Carchi.,» Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2022.
- [12] J. S. Recalde Avincho, «Diseño de una red de fibra óptica utilizando la tecnología XG-PON para la expansión de servicio de internet en la parroquia García Moreno de la zona de Intag para la empresa PROFYBER SC,» Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2022.
- [13] J. A. Almache Tamayo, «Diseño de la red XG-PON para la empresa Sai Myser Telecom de la parroquia San Antonio de Pichincha,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2020.

- [14] M. M. S. A. A. & K. B. M. Hamdan, «Performance Analysis of 80 Gb/s XGS-PON Configuration for Future Co-Existing Scenario,» de *2022 IEEE 2nd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA)*, Libya, IEEE, 2022, pp. 616-619.
- [15] C. & K. M. Kherici, «Performance study of a coexistence system in a PON network taking into account the stimulated scattering of Raman.,» *10th International Conference on Innovation, Modern Applied Science & Environmental Studies (ICIES'2022)*, vol. 351, p. 01088, 2022.
- [16] F. G. G. S. G. L. H. S. P. J. & C. P. Saliou, «Triple Coexistence of PON Technologies: Experimentation of G-PON, XGS-PON and 50G (S)-PON over a Class C+ ODN.,» *In 2022 European Conference on Optical Communication (ECOC)*, pp. 1-4, 2022.
- [17] Latic, «Tarjeta GPBD 16 Puertos GPON Tarjeta CLASE C +,» Latic, 2023. [En línea]. Available: <https://latic.com.co/producto/gpbd-huawei-16-puertos-gpon-tarjeta-clase-c/>. [Último acceso: 10 08 2023].
- [18] R. & P. C. Beltrán, «RED GPON PARA SECTOR DE SAN JUAN DE CALDERÓN (Master's thesis, Quito: UISRAEL),» 2022.
- [19] J. E. Sani Domínguez, «Diseño, evaluación de una red fth utilizando Optisystem y estrategia para la obtención de CONCESIÓN que permita brindar servicios triple play,» ESPOCH, Riobamba, 2022.
- [20] R. A. López Alban, «Estudio, Diseño y Simulación de una red NG-PON2 para analizar su,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba-Ecuador, 2023.
- [21] C. (. Guerra Altamirano, «Parametrización de sistemas multiplexados en longitud de onda mediante herramientas de simulación: desarrollo de prácticas de laboratorio no-presenciales.,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2021.
- [22] INEC, «Instituto nacional de estadísticas y censos,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/chimborazo.pdf>. [Último acceso: 1 03 2023].
- [23] Google-Maps, «Google Maps,» 15 03 2023. [En línea]. Available: <https://www.google.com.ec/maps/place/Chambo/@-1.7287525,-78.6066188,6811m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91d3abc39e96be49:0x450a1e8aa5bb35aa!8m2!3d-1.7335847!4d-78.5944718!16s%2Fm%2F0b6m9fs?hl=es>. [Último acceso: 15 03 2023].
- [24] J. L. Manya Puma, «Estudio de factibilidad técnica para la implementación de un ISP con acceso inalámbrico para proporcionar servicios de internet, voz, datos y video con QoS al cantón Chambo (provincia de Chimborazo),» EPN, Quito, 2016.
- [25] G. M. d. Chambo, «GAD Municipal de Chambo,» 2014. [En línea]. Available: [https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/PDyOT\\_-\\_ParteX.pdf](https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/PDyOT_-_ParteX.pdf). [Último acceso: 01 03 2023].
- [26] Arcotel, «Arcotel,» Arcotel, 2023. [En línea]. Available: <https://www.arcotel.gob.ec/>. [Último acceso: 08 2023].

- [27] Arcgis, «Unidades Educativas del cantón Chambo,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=a9424906ec2b4925812447a3f94c5391>. [Último acceso: 08 07 2023].
- [28] CNT, «CNT,» CNT, 12 05 2023. [En línea]. Available: <https://institucional.cnt.com.ec/noticias/internet-movil-de-cnt-tiene-la-velocidad-de-descarga-mas-rapida-del-pais>. [Último acceso: 21 07 23023].
- [29] muycomputer, «muycomputer,» muycomputer, 25 04 2019. [En línea]. Available: <https://www.muycomputer.com/2019/04/25/que-velocidad-de-conexion-a-internet-necesito/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [30] Ultra, «¿Cuántos dispositivos se pueden conectar a una red wifi?,» Ultra, 21 08 2020. [En línea]. Available: <https://ultra.pe/blog/cuantos-dispositivos-pueden-conectarse-a-una-red-de-internet/>. [Último acceso: 05 04 2023].
- [31] highspeedinternet, «highspeedinternet,» [En línea]. Available: <https://www.highspeedinternet.com/es/que-velocidad-necesito>. [Último acceso: 10 05 2023].
- [32] J. G. Díaz Caiza, «Análisis y diseño de un modelado de arquitectura de red para el instituto superior tecnológico sucre aplicando normativas internacionales (Bachelor's thesis).,» 2023.
- [33] centurylink.com, centurylink.com, [En línea]. Available: <https://espanol.centurylink.com/home/help/internet/what-internet-speed-do-i-need.html>. [Último acceso: 05 04 2023].
- [34] M. d. I. Blog Lowi, «¿Cuántos megas de Internet o fibra necesito en casa?,» Blog Lowi, 13 04 2023. [En línea]. Available: <https://www.lowi.es/blog/cuantos-megas-internet-casa/#:~:text=300%20MB%3A%20entre%204%20y,m%C3%A1s%20de%2010%20dispositivos%20conectados>. [Último acceso: 30 04 2023].
- [35] R. M. Tirira Sánchez, «Desarrollo de una red FTTH pre-conectorizada en la parroquia Rumipamba (Master's thesis, Quito: UISRAEL).,» 2022.
- [36] Tecnolibre-Watch, «ODN ( Optical Distribution Network ) Red de distribución óptica,» Tecnolibre Watch, 2022. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=eU8AM5Po9nw>. [Último acceso: 05 2023].
- [37] ISKRATEL, « Lumia C16,» ISKRATEL, 2022. [En línea]. Available: <https://www.hfctechnics.hu/storage/app/media/Dokumentumok/Iskratel/OLT/Iskratel-Lumia-C16-Datasheet-EN.pdf>.
- [38] Teleservgroup, «LUMIA C16,» Teleservgroup, 2022. [En línea]. Available: <https://www.teleservgroup.com/producto/lumia-c16-combo-pon-olt/>.
- [39] ISKRATEL, «OLT compactos Combo PON, XGS-PON y GPON,» ISKRATEL, 2022. [En línea]. Available: <https://www.iskratel.com/es/soluciones/banda-ancha/acceso-de-banda-ancha/olt-compacto>.
- [40] ISKRATEL, «SI3000 LUMIA XG8,» ISKRATEL, 2022. [En línea]. Available: <https://www.hfctechnics.hu/storage/app/media/Dokumentumok/Iskratel/OLT/Iskratel-SI3000-Lumia-XG8-Datasheet-EN.pdf>.

- [41] Teleservgroup, «SI3000 LUMIA XG8 XGS-PON OLT,» Teleservgroup, 2022. [En línea]. Available: <https://www.teleservgroup.com/producto/si3000-lumia-xg8-xgs-pon-olt/>.
- [42] ISKRATEL, «SI3000 LUMIA OLT-C,» ISKRATEL, 2022. [En línea]. Available: <https://www.iskrauraltel.ru/ru/files/default/Documents/Leaflets/Telco/EN/Iskratel-SI3000-Lumia-OLT-C-Datasheet-EN.pdf>.
- [43] Teleservgroup, «SI3000 LUMIA MSAN ESCALABLE (NODO DE ACCESO MULTISERVICIO),» Teleservgroup, 2022. [En línea]. Available: <https://www.teleservgroup.com/producto/si3000-lumia-msan-escalable/>.
- [44] Netthandel, «Iskratel FTTx cabinets & solutions,» Netthandel, 2022. [En línea]. Available: <http://netthandel.tantec.no/filer/Iskratel%20FTTx%20cabinets%20Gpon%20solutions%202017%20EN%20010TT.pdf>.
- [45] Netthandel, «Iskratel Broadband Networks,» Netthandel, 2022. [En línea]. Available: <http://netthandel.tantec.no/filer/Iskratel%20Broadband%20Access%20%201%20MSAN%20and%20fibre%20OLT.pdf>.
- [46] Astra, «ZXA10 C620: 2U High Compact Optical Access Platform,» Astra, 2022. [En línea]. Available: <http://www.astra.co.th/products/detail/zxa10-c620/>.
- [47] Daimler, «ZXA10 C680 Datasheet,» Daimler, 2022. [En línea]. Available: <https://www.daimler.fi/wp-content/uploads/ZXA10-C680C600C650C620-Products-Datasheet.pdf>.
- [48] Ycict, «ZTE ZXA10 C620 OLT,» Ycict, 2022. [En línea]. Available: <https://www.ycict.net/es/products/zte-zxa10-c620-olt/>.
- [49] Router-switch, «Huawei SmartAX EA5800 OLT Datasheet,» Router-switch, 2022. [En línea]. Available: <https://www.router-switch.com/media/upload/product-pdf/huawei-smartax-ea5800-datasheet.pdf>.
- [50] Router-switch, «EA5800-X7,» Router-switch, 2022. [En línea]. Available: <https://www.router-switch.com/ea5800-x7.html>.
- [51] Actfornet, «XG(S)-PON (XG-PON and XGS-PON) Feature Guide,» Actfornet, 03 06 2019. [En línea]. Available: <https://actfornet.com/ueditor/php/upload/file/20200407/1586223371421399.pdf>.
- [52] Morphwifi, « HSMARTAXEA5800X2ACDC1T,» Morphwifi, 2022. [En línea]. Available: <https://morphwifi.com/producto/huawei/olt/hsmartaxea5800x2acdc1t/>.
- [53] Alibaba, «Huawei ma5800 x7 xgspn,» Alibaba, 2022. [En línea]. Available: <https://www.alibaba.com/trade/search?tab=all&searchText=huawei+ma5800+x7+xgspn>.
- [54] Scribd, «MA5800 Hardware Description,» Scribd, 04 10 2019. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/431825818/MA5800-Hardware-Description#>.
- [55] Telecomate, «HUAWEI MA5800 SERIESH901CSHF,» Telecomate, 2022. [En línea]. Available: <https://www.telecomate.com/h901cshf.html>.
- [56] Thunder-link, «H902CSHF XGSPON y GPON C+,» Thunder-link, 2022. [En línea]. Available: <https://www.thunder-link.com/es/h902cshf-xgspn-p5518.html>.

- [57] Csxingheda, «HUAWEI H901CSHF 03025DKJ Huawei MA5800 Series 16-Port XGS-PON And GPON Interface Board,» Csxingheda, 2022. [En línea]. Available: <https://www.csxingheda.com/sale-35534574-huawei-h901cshf-03025dkj-huawei-ma5800-series-16-port-xgs-pon-and-gpon-interface-board.html>.
- [58] Router-switch, «Huawei SmartAX MA5800 (G,XG,XGS,Flex) PON Boards Huawei SmartAX MA5800 XGSPON Boards H901XSHF,» Router-switch, 2022. [En línea]. Available: <https://www.router-switch.com/h901xshf.html>.
- [59] Alibaba, «Huawei CSHF 16-Port XGS-PON And GPON Combo OLT Interface Board H901CSHF h901twed xgspon ,huawei ma5800 h901xsed,h902cshf,h901xgs,» Alibaba, 2022. [En línea]. Available: [https://www.alibaba.com/product-detail/Huawei-CSHF-16-Port-XGS-PON\\_60790781820.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Huawei-CSHF-16-Port-XGS-PON_60790781820.html).
- [60] L. HUAWEI TECHNOLOGIES CO., «MA5800 Hardware Description,» 2018. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/431825818/MA5800-Hardware-Description>. [Último acceso: 02 06 2023].
- [61] Kontron-slovenia, «XGS-PON FTTH Home Gateways,» Kontron-slovenia, 2022. [En línea]. Available: <https://kontron-slovenia.com/products/xgs-pon-ftth-home-gateways/>.
- [62] Iskauraltel, «Innbox X22 XGS-PON home gateway s,» Iskauraltel, 2022. [En línea]. Available: <https://www.iskauraltel.ru/ru/files/default/Documents/Data-Sheet/Iskratel-Innbox-X22-Datasheet-EN.pdf>.
- [63] Broadband-forum, «BBF.247 Certification,» Broadband-forum, 03 2021. [En línea]. Available: <https://www.broadband-forum.org/wp-content/uploads/2021/03/BBF.247-GPON-ONU-Products-2021-03-09.pdf>.
- [64] Alticelabs, «Wi-Fi 6 XGS-PON Fiber Gateway,» Alticelabs, 10 2022. [En línea]. Available: [https://www.alticelabs.com/wp-content/uploads/2022/10/FL\\_XGS-PON\\_FGW\\_Wi-Fi6\\_ALB\\_EN.pdf](https://www.alticelabs.com/wp-content/uploads/2022/10/FL_XGS-PON_FGW_Wi-Fi6_ALB_EN.pdf).
- [65] Alibaba, «HW HN8250TS Gigabit optical cat XGS-PON optical fiber cat equipment ONU 10G wireless gateway,» Alibaba, 2022. [En línea]. Available: [https://www.alibaba.com/product-detail/HW-HN8250TS-Gigabit-optical-cat-XGS\\_1600234892417.html](https://www.alibaba.com/product-detail/HW-HN8250TS-Gigabit-optical-cat-XGS_1600234892417.html).
- [66] Alibaba, «Puerta de enlace inalámbrica Hw Hn8250ts, óptica, Gigabit, Cat xgs-pon, equipo de fibra óptica para gatos uu, 10g,» Alibaba, 2022. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Hw-Hn8250ts-Gigabit-Optical-Cat-Xgs-1600345088717.html>.
- [67] Huawei, «ONU para campus Huawei OptiXstar P812E,» Huawei, 2022. [En línea]. Available: <https://e.huawei.com/es/products/enterprise-transmission-access/terminal/onu/optixstar-p812e>.
- [68] It-dialog, «OptiXstar P812E Datasheet,» It-dialog, 2022. [En línea]. Available: <https://isp.it-dialog.com.ua/assets/files/last-mile/huawei/ont/xgs-pon/p812e/huawei-p812e-datasheet.pdf>.
- [69] Router-switch, «Huawei OptiXstar P812E,» Router-switch, 2022. [En línea]. Available: <https://www.router-switch.com/huawei-optixstar-p812e.html>.
- [70] Huawei, «ONU para campus Huawei OptiXstar P813E,» Huawei, 2022. [En línea]. Available: <https://e.huawei.com/es/products/enterprise-transmission-access/terminal/onu/optixstar-p813e>.

- [71] It-dialog, «OptiXstar P813E Datasheet,» It-dialog, 2022. [En línea]. Available: <https://isp.it-dialog.com.ua/assets/files/last-mile/huawei/ont/xgs-pon/p813e/huawei-p813e-datasheet.pdf>.
- [72] Router-switch, «Huawei OptiXstar P813E,» Router-switch, 2022. [En línea]. Available: <https://www.router-switch.com/huawei-optixstar-p813e.html>.
- [73] Astra, «ZTE ZXHN F2801S - XGSPON,» Astra, 2022. [En línea]. Available: <http://www.astra.co.th/products/detail/zxhn-f2801s---xgspon/>.
- [74] Astra, «ZTE ZXHN F2866S - XGSPON,» Astra, 2022. [En línea]. Available: <http://www.astra.co.th/products/detail/zxhn-f2866s---xgspon/>.
- [75] Huawei, «OptiXstar P812E Quick Start 04,» Huawei, [En línea]. Available: <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100115917/b1319de5/connecting-cables>. [Último acceso: 15 06 2023].
- [76] Fs, «Módulo transceptor/Transceiver óptico compatible genérico, XGSPON ONU SFP+ 1270nmTx/1570nmRx 9.953GTx/9.953GRx clase N2 20km DOM SC SMF,» Fs, 2022. [En línea]. Available: <https://www.fs.com/mx/products/141199.html>.
- [77] Fibermall, «XGSPON-ONU-C XGSPON ONU SFP + TX-9.95G / RX-9.95G TX-1270nm / RX-1577nm N1 / N2 SC DDM 0 ° C ~ 70 ° C Transceptores ópticos,» Fibermall, 2022. [En línea]. Available: <https://www.fibermall.com/es/sale-433358-xgspon-onu-sfp-n1-n2.htm>.
- [78] Fibermall, «XGSPON-ONU-C XGSPON ONU SFP+ N1/N2 Transceiver,» Fibermall, 2022. [En línea]. Available: <https://www.fibermall.com/file/datasheet/xgspon-onu-c.pdf>.
- [79] Fs, «Módulo transceptor/Transceiver óptico compatible genérico, XGSPON OLT SFP+ 1577nm-TX/1270nm-RX 9.953G-TX/9.953G-RX clase N1 20km DOM SC SMF,» Fs, 2022. [En línea]. Available: [https://www.fs.com/mx/products/142707.html?module=all\\_reviews](https://www.fs.com/mx/products/142707.html?module=all_reviews).
- [80] Fibermall, «Transceptores ópticos FiberMall XGSPON-OLT-SN1 XGSPON OLT SFP+ TX-9.95G/RX-9.95G, 2.488G Tx-1577nm/Rx-1270nm SN1 SC UPC DDM,» Fibermall, 2022. [En línea]. Available: <https://www.fibermall.com/es/sale-459384-xgspon-olt-10g-sfp-n1.htm>.
- [81] Fibermall, «XGSPON-OLT-SNx XGSPON OLT T1577nm/R1270nm SFP+ N1/N2 Transceiver,» Fibermall, 2022. [En línea]. Available: <https://www.fibermall.com/file/datasheet/xgspon-olt-snx.pdf>.
- [82] L. A. I. Tene, «Diseño de radioenlace y red de fibra óptica FTTH con tecnología GPON para proveer del servicio de Internet a la comunidad San Antonio de Guayllabamba ubicada en el cantón Chambo provincia de Chimborazo.,» Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, 2022.
- [83] L. M. Rumiche Vite, «Actividades lúdicas para mejorar el desarrollo del pensamiento lógico-matemático en los niños de 05 años de la IE 187-Sechura-Piura, 2021.,» 2021.
- [84] N. E. C. Naula, «Diseño de una red FTTx utilizando estándar G. 984. x para proveer servicio Triple Play en la zona urbana del cantón Chambo,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019.
- [85] C. J. & P. S. J. L. Alvear Alvear, «El Método Montessori en la enseñanza del Idioma Inglés (Bachelor's thesis, Quito: UCE),» 2023.

- [86] Speedtest-Global-Index, «Speedtest Global Index,» Internet Speed around the world, 2023. [En línea]. Available: <https://www.speedtest.net/global-index>. [Último acceso: 01 07 2023].
- [87] J. F. P. Moposita, «Diseño de una red de acceso NG-PON2 (40-Gigabit-Capable Passive Optical Networks) para brindar servicio triple play a determinadas zonas urbanas de la parroquia de Sangolquí,» Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 2021.
- [88] L. A. R. Alexis, «Estudio, Diseño y Simulación de una red NG-PON2 para analizar su,» Universidad Nacional de chimborazo, Riobamba-Ecuador, 2023.
- [89] adslzone, «adslzone,» 01 03 2023. [En línea]. Available: <https://www.adslzone.net/reportajes/internet/velocidad-necesaria-minima-internet/>. [Último acceso: 04 05 2023].
- [90] IMT, «Backhaul – Red de Retorno,» IMT, [En línea]. Available: <https://imt.com.mx/glosario-imt-p/backhaul/#:~:text=Un%20backhaul%20es%20usado%20para,nodo%20principal%20de%20esta%20red..> [Último acceso: 20 08 2023].
- [91] Capterra, «ISP (proveedor de servicios de Internet, por sus siglas en inglés),» Capterra, [En línea]. Available: <https://www.capterra.ec/glossary/366/isp-internet-service-provider>. [Último acceso: 20 08 2023].
- [92] vasexperts, «DBA,» vasexperts, [En línea]. Available: <https://vasexperts.com/es/resources/glossary/dba/#:~:text=La%20asignaci%C3%B3n%20de%20ancho,de%20banda%20de%20enlace%20ascendente..> [Último acceso: 20 08 2023].
- [93] fiberinstrumentsales, «What is Optical Return Loss?,» fiberinstrumentsales, 04 11 2020. [En línea]. Available: <https://www.fiberinstrumentsales.com/blogs/what-is-optical-return-loss.html#:~:text=When%20talking%20about%20fiber%20Optical,typically%20be%20a%20negative%20number..> [Último acceso: 20 08 2023].



## ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

#### CUESTIONARIO EVALUACIÓN DIRIGIDO A HABITANTES DEL CANTÓN CHAMBO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ EDAD: \_\_\_\_\_ CÉDULA: \_\_\_\_\_

Sobre la situación actual de la red de SKYLINK SYSTEM y el acceso a servicios de internet en base a fibra óptica.

PREGUNTA
1. ¿Usted dispone de conexión a internet? a) Sí b) No
2. ¿Con que proveedor tiene servicio de conexión a internet? a) Proveedor 1: CNT E.P b) Proveedor 2: TECONET S.A. c) Proveedor 3: SKYLINK SYSTEM d) Otro (especifique):
3. ¿Con que tipo de tecnología se conecta a internet? a) Cobre b) Fibra óptica c) Radio Enlace d) Satelital
4. ¿Qué servicios adicionales tiene en su conexión a internet? a) Telefonía fija b) Televisión IP c) Televisión digital d) Televisión Satelital e) Enlace dedicado
5. ¿Qué velocidad de transmisión tiene contratado? a) Velocidades de 25 Mbps b) Velocidades de 50 Mbps c) Velocidades de 75 Mbps d) Velocidades de 100 Mbps e) Velocidades superiores a 100 Mbps



6. ¿Aproximadamente cuál es el valor que paga por el/los servicio/s mensualmente?
a) Menos de \$20,00 b) \$20,00 a \$30,00 c) \$30,00 a \$40,00 d) \$40,00 a \$50,00 e) Más de \$50,00
7. ¿Qué actividades usualmente realiza con su conexión a internet?
a) Navegación web general, email, redes sociales b) Chat de video personal en HD (Skype, FaceTime, Zoom, etc.) c) Streaming de música d) Transmisión de videos en SD (definición estándar) e) Transmisión de videos en HD (alta definición) f) Videoconferencia en HD g) Juegos en línea (multijugador) h) Descarga de archivos grandes i) Transmisión de videos en ultra HD 4K j) Trabajo / educación a distancia
8. ¿Cuántos dispositivos están conectados diariamente a internet?
a) Menos de 4 dispositivos b) Entre 4 a 7 dispositivos c) Entre 8 a 10 dispositivos d) Más de 10 dispositivos
9. ¿Está satisfecho con la atención al cliente que ha recibido cuando ha tenido problemas con su conexión?
a) Totalmente satisfecho. b) Bastante satisfecho. c) Ni satisfecho ni insatisfecho. d) Insatisfecho.
10. ¿Usted consideraría en optar por los servicios de una mayor velocidad y mejor calidad de la señal, que ofrezca un ISP, con tecnología XGS-PON?
a) Sí b) No

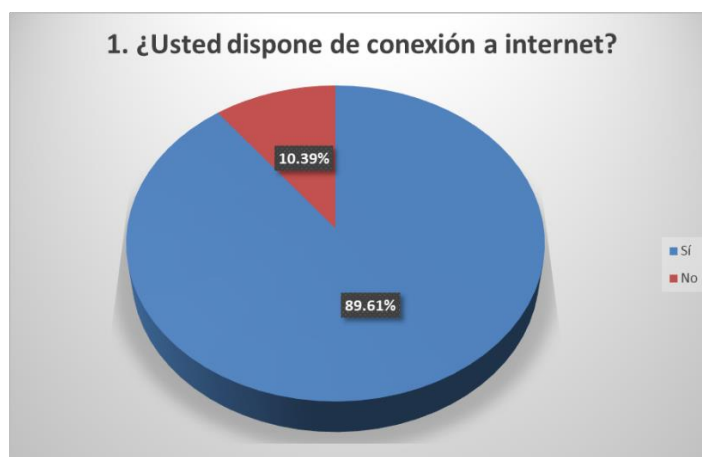
## Anexo 2. Análisis de la encuesta

1. ¿Usted dispone de conexión a internet?

**Tabla. Pregunta Nro. 1.**

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Sí	250	89.61%
No	29	10.39%
<b>TOTAL</b>	<b>279</b>	<b>100%</b>

*Fuente:* Encuestas habitantes del cantón.



**Figura.1.** Pregunta Nro.1.

*Fuente:* Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** La **Figura** muestra que el 89.61% de los encuestados, cuentan con acceso a internet, mientras que el 10.39% restante no dispone de conexión.

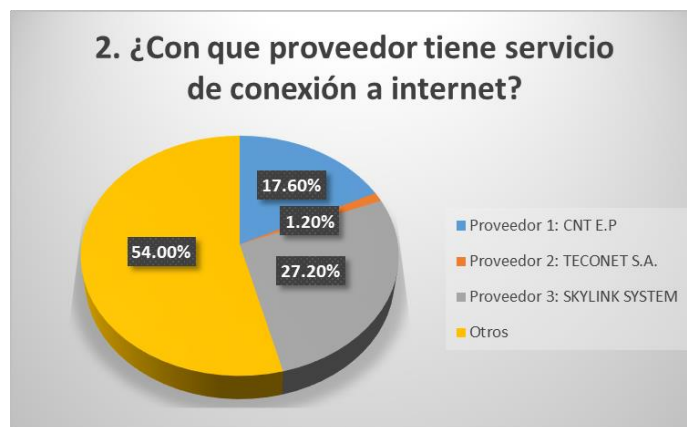
**INTERPRETACIÓN:** Los resultados reflejan que, no todos los habitantes del cantón disponen de una conexión a internet, ya sea en la casa o en su trabajo. Esto radica en su actividad laboral u otros aspectos como la ubicación de sus hogares, que son muy distantes y no les permiten tener un acceso. Hay que tener en cuenta también que alrededor de un 15% de habitantes son de zonas rurales. El valor resultante indica que la mayoría de los habitantes tienen la posibilidad de acceder a los servicios de internet, lo que puede favorecer la comunicación, el trabajo remoto, el acceso a información y el entretenimiento.

2. ¿Con que proveedor tiene servicio de conexión a internet?

**Tabla. Pregunta Nro. 2.**

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
<b>Proveedor 1: CNT E.P</b>	44	17.60%
<b>Proveedor 2: TECONET S.A.</b>	3	1.20%
<b>Proveedor 3: SKYLINK SYSTEM</b>	68	27.20%
<b>Otros</b>	135	54.00%
<b>TOTAL</b>	<b>250</b>	<b>100%</b>

*Fuente:* Encuestas habitantes del cantón.



**Figura. Pregunta Nro.2.**

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** La **Figura** presenta los valores resultantes conseguidos de la encuesta respecto a los proveedores de servicios de conexión a internet en el cantón. De acuerdo con los datos recopilados, el 17.60% de los encuestados utiliza el servicio proporcionado por SKYLINK SYSTEM, la empresa objeto de este estudio. Por otro lado, el 17.60% se conecta a través de CNT E.P., mientras que, el 1.20% utiliza el servicio de TELCONET S.A. Además, se observa que el 54% restante de los encuestados utiliza otros ISP, como MAXNET, CLARO, PUNTONET y NETLIFE. Se debe mencionar que la muestra de la encuesta consta de 250 personas que disponen de conexión a internet en el cantón Chambo.

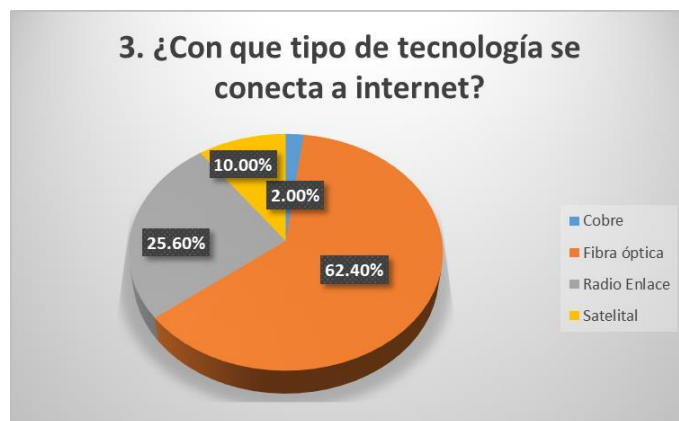
**INTERPRETACIÓN:** Los valores resultantes, reflejan una amplia diversidad de proveedores de servicios de internet, lo que indica una fuerte competencia en el mercado, especialmente por parte de empresas privadas. En este contexto, la empresa SKYLINK SYSTEM se destaca como un proveedor competitivo que cuenta con una significativa base de usuarios satisfechos. Los encuestados incluyen tanto a Instituciones Públicas como Privadas, como Empresas Estatales, Cooperativas, Unidades Educativas, Farmacias, Pequeños Negocios, así como usuarios que utilizan internet en sus hogares. Es relevante mencionar que, no se consideraron a los encuestados conectados a internet por medio de datos móviles, ya que, ellos no son consumidores de servicios que un ISP como SKYLINK SYSTEM pueda ofrecer. En estos casos, generalmente se requiere el acceso a radio bases u otras tecnologías que brinden este tipo de servicio, lo cual puede ser una oportunidad de negocio si se dispone de la debida inversión en la infraestructura, siendo una buena opción para zonas rurales.

3. ¿Con que tipo de tecnología se conecta a internet?

**Tabla. Pregunta Nro. 3.**

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Cobre	5	2.00%
Fibra óptica	156	62.40%
Radio Enlace	64	25.60%
Satelital	25	10.00%
<b>TOTAL</b>	<b>250</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.



**Figura.3.** Pregunta Nro.3.

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** Según la **Figura**, se puede visualizar el prorrateo de las tecnologías de conexión a internet utilizadas por los encuestados en el cantón. La mayoría, 62.40%, cuentan con una conexión a internet por fibra óptica, que se destaca como una opción más robusta en comparación con otras tecnologías. Un 25.60% de los usuarios se conecta a través de radioenlaces, mientras que un 10.00% utiliza conexiones satelitales. Por otra parte, un pequeño porcentaje del 2.00% tiene acceso a internet por medio de conexiones de cobre, que corresponde a telefonía fija, mas no a consumo de internet.

**INTERPRETACIÓN:** Los valores resultantes de la encuesta reflejan que la fibra óptica es la tecnología de conexión preferida en el cantón Chambo, ya que ofrece ventajas en términos de velocidad y confiabilidad en comparación con otras opciones. Los usuarios que residen en áreas más alejadas, donde las conexiones cableadas no llegan, optan por soluciones como radioenlaces y conexiones satelitales para acceder a internet. Es importante destacar que el uso de tecnologías basadas en cobre está disminuyendo debido a la digitalización de la transmisión de datos y la obsolescencia gradual de estas infraestructuras. Es necesario tener en cuenta que la implementación y expansión de depende de las normativas que regulan el uso del espacio público, tanto en canalizaciones subterráneas como en instalaciones aéreas. Esto ofertar servicios de manera adecuada y eficiente. La fibra óptica se presenta como una opción prominente en las redes de acceso para los ISP en el cantón, satisfaciendo las necesidades de los usuarios y garantizando un acceso rápido y confiable a la red.

4. ¿Qué servicios adicionales tiene en su conexión a internet?

**Tabla.** Pregunta Nro. 4.

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Telefonía fija	99	35.61%
Televisión IP	65	23.38%
Televisión digital	2	0.72%
Televisión Satelital	25	8.99%
Enlace dedicado	3	1.08%
Ningún Servicio Adicional	84	30.22%
<b>TOTAL</b>	<b>278</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.



**Figura.4.** Pregunta Nro.4.

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** La **Figura** presenta la distribución de servicios adicionales utilizados por los encuestados en el cantón. Un 35.61% de los encuestados, además del acceso a internet, cuenta con el servicio de telefonía fija. Un 23.38% utiliza la televisión IP, mientras que un 0.72% opta por la televisión digital. Por otro lado, un 8.99% prefiere la televisión satelital, y un 1.08% tiene un enlace dedicado, mientras que, un 30.22% no requieren de ningún servicio adicional, solo internet. El valor de 278 difiere de los 250 encuestados, ya que algunos encuestados seleccionaron más de dos opciones.

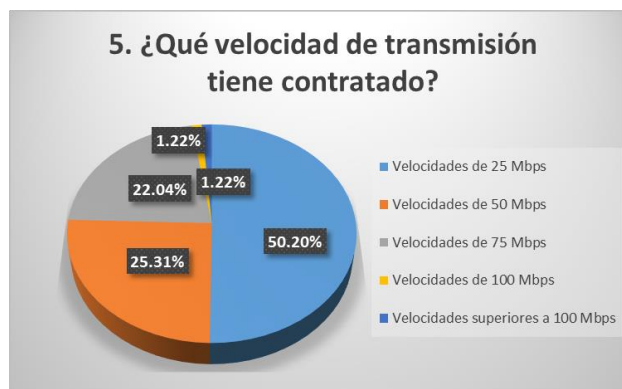
**INTERPRETACIÓN:** Los resultados revelan que, a pesar de la disponibilidad de nuevas tecnologías, la telefonía fija sigue siendo relevante, especialmente en el ámbito corporativo con presencia en entidades privadas y públicas, a la vez de unidades educativas y diversos locales comerciales y de servicios profesionales en la zona, que fueron objeto de estudio. La televisión IP, asociada a plataformas de streaming como Netflix y otros servicios de consumo de contenido multimedia, también tiene una presencia significativa entre los usuarios. Es importante destacar la diferencia entre televisión IP y televisión digital. La televisión digital posee una infraestructura de comunicación independiente y utiliza su propia portadora para transmitir la información, sin consumir datos de la red de internet, esta opción ha sido poco explotada por los servicios proporcionados por los ISP encuestados. En sectores más alejados, la conexión satelital es utilizada no necesariamente para la comunicación de datos, sino para el consumo de televisión a través de canales satelitales. Algunos usuarios mencionan contar con un enlace dedicado, lo cual es común en Instituciones Públicas, Educativas y Servicios Digitales. Cabe recalcar que, un gran porcentaje solamente disponen de la cuenta, solo para consumo de datos de internet.

5. ¿Qué velocidad de transmisión tiene contratado?

**Tabla.** Pregunta Nro. 5.

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
<b>Velocidades de 25 Mbps</b>	123	50.20%
<b>Velocidades de 50 Mbps</b>	62	25.31%
<b>Velocidades de 75 Mbps</b>	54	22.04%
<b>Velocidades de 100 Mbps</b>	3	1.22%
<b>Velocidades superiores a 100 Mbps</b>	3	1.22%
<b>TOTAL</b>	245	100%

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.



**Figura. Pregunta Nro.5.**

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** La muestra la velocidad de transmisión que tienen contratado los encuestados en el cantón. Un 50.20% de los encuestados posee una velocidad de 25Mbps, un 25.31% una velocidad de 50Mbps. Un 22.04% una velocidad de 75Mbps. Un 1.22% una velocidad de 100Mbps y un 1.22% una velocidad superior a 100Mbps.

La **Figura** expone el prorrateo de las velocidades de transmisión contratadas por los encuestados en el cantón. Un 50.20% de los encuestados cuenta con una velocidad de 25 Mbps, mientras que un 25.31% tiene una velocidad de 50 Mbps. Un 22.04% tiene de una velocidad de 75 Mbps, y un 1.22% posee una velocidad de 100 Mbps. Asimismo, un 1.22% de los encuestados tiene una velocidad superior a 100 Mbps.

**INTERPRETACIÓN:** Los valores resultantes manifiestan que la mayoría de los encuestados han optado por paquetes de conexión con velocidades mínimas, lo cual sugiere que utilizan internet principalmente para actividades de navegación básica y consumo de contenido en línea. Por otro lado, aquellos usuarios con velocidades más altas suelen tener un mayor número de familiares que comparten la misma conexión y, por lo tanto, necesitan mayores capacidades de transmisión para satisfacer la demanda de datos en sus hogares. Un porcentaje menor de encuestados cuenta con velocidades de conexión más altas, y esta tendencia se asocia con Instituciones Públicas y Privadas, así como con Unidades Educativas, que suelen requerir una mayor velocidad. Es significativo mencionar que algunos encuestados no estaban seguros del valor exacto de su conexión, por lo que se consideró la opción más baja como una aproximación. Esto puede deberse a que contrataron paquetes mínimos ofrecidos por los proveedores de internet, sin tener una clara comprensión de la velocidad contratada.

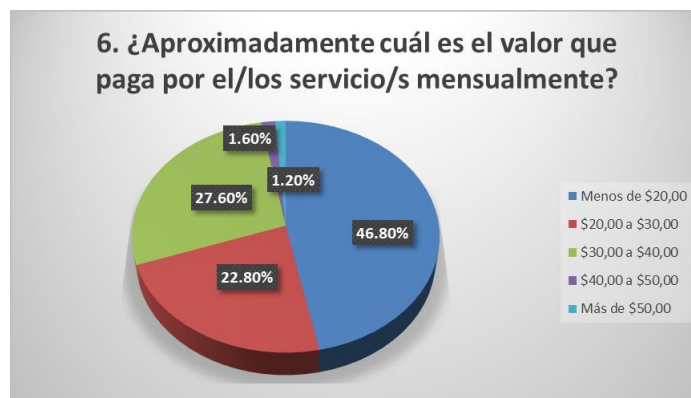
6. ¿Aproximadamente cuál es el valor que paga por el/los servicio/s mensualmente?

**Tabla. Pregunta Nro. 6.**

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Menos de \$20,00	117	46.80%
Entre \$20,00 a \$30,00	57	22.80%
Entre \$30,00 a \$40,00	69	27.60%
Entre \$40,00 a \$50,00	4	1.60%
Más de \$50,00	3	1.20%
<b>TOTAL</b>	<b>250</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.





**Figura. 6.** Pregunta Nro.6.

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** La **Figura** muestra los valores de pago que los clientes realizan por los servicios ofrecidos por los ISP en el cantón. Un 45.80% de los encuestados paga un monto menor a \$20.00, lo cual corresponde a servicios con planes básicos de internet. Por otro lado, un 22.80% de los usuarios cancela entre \$20.00 y \$30.00, lo que generalmente implica velocidades de conexión intermedias y en algunos casos incluye servicios de telefonía. Asimismo, el 27.60% de los encuestados abona entre \$30.00 y \$40.00, lo que suele asociarse con servicios de mayor velocidad y, en ocasiones, con conexiones por enlaces satelitales que tienen costos más elevados. Un pequeño porcentaje del 1.60% y 1.20% paga entre \$40.00 y \$50.00, así como un monto mayor a \$50.00, respectivamente, lo que corresponde a clientes que han optado por conexiones de alta velocidad y servicios adicionales.

**INTERPRETACIÓN:** Los resultados muestran una diversidad en los valores a cancelar por los servicios. La mayoría de los usuarios opta por planes con precios más bajos, lo que sugiere que prefieren velocidades más modestas y servicios básicos. Los valores intermedios reflejan a aquellos usuarios que buscan un equilibrio entre velocidad y costo, y en algunos casos incluyen servicios de telefonía. Los montos más altos corresponden a clientes que han elegido planes de alta velocidad y servicios adicionales, como enlaces satelitales. Estos valores de pago están en línea con lo que comúnmente se encuentra en el mercado, que generalmente no se incrementan, mientras que se ha incrementado gradualmente el ancho de banda asignado a cada cliente para satisfacer las demandas de conectividad cada vez más exigentes.

7. ¿Qué actividades usualmente realiza con su conexión a internet?

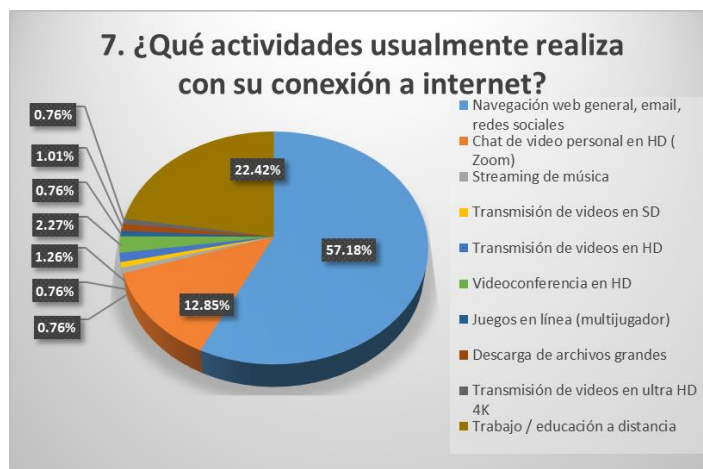
**Tabla. Pregunta Nro. 7.**

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Navegación web general, email, redes sociales	227	57.18%
Chat de video personal en HD (Skype, FaceTime, Zoom, etc.)	51	12.85%
Streaming de música	3	0.76%
Transmisión de videos en SD (definición estándar)	3	0.76%
Transmisión de videos en HD (alta definición)	5	1.26%
Videoconferencia en HD	9	2.27%
Juegos en línea (multijugador)	3	0.76%
Descarga de archivos grandes	4	1.01%



<b>Transmisión de videos en ultra HD 4K</b>	3	0.76%
<b>Trabajo / educación a distancia</b>	89	22.42%
<b>TOTAL</b>	397	100%

*Fuente:* Encuestas habitantes del cantón.



**Figura.7.** Pregunta Nro.7.

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** La **Figura** muestra el uso que los encuestados le dan al enlace de internet contratado. Un 57.18% de los usuarios emplea el servicio para actividades de navegación web general, uso de correos electrónicos y redes sociales, lo que indica un alto consumo en operaciones básicas. Además, un 12.85% utiliza el enlace para realizar videochats personales en alta definición (Skype, FaceTime, Zoom, entre otros). El 0.76% del uso está destinado al streaming de música y transmisión de videos en definición estándar, mientras que un 1.26% utiliza el servicio para transmisión de videos en alta definición. Otro 2.27% de los usuarios emplea el enlace para videoconferencias en alta definición, y un 0.76% para juegos en línea multijugador. Adicionalmente, un 1.01% utiliza el enlace para descargar archivos grandes, y el 0.76% para transmitir videos en ultra HD 4K. Un significativo 22.42% de los usuarios hace uso del enlace para trabajar o estudiar a distancia.

**INTERPRETACIÓN:** Los resultados reflejan un patrón de consumo en el que los usuarios en su mayoría utilizan el enlace para actividades básicas como navegación web y redes sociales. También se evidencia un porcentaje importante de usuarios que emplea el servicio para trabajo o educación a distancia, lo que sugiere una creciente demanda de conectividad para actividades laborales y académicas en línea. Por otro lado, se observa que las demás actividades mencionadas, como el streaming de música, consumo de videos en alta definición y juegos en línea como freefire y fortnite, representan porcentajes menores en el uso del enlace, aunque algunos usuarios sí hacen uso de ellas. Es relevante mencionar que, el potencial mercado de usuarios que podrían hacer un mayor uso del enlace, como los gamers y los consumidores de contenido multimedia en ultra HD 4K, aún no está explotado completamente en el grupo focal de este estudio. Esto sugiere una oportunidad para ofrecer servicios y planes que se ajusten a las necesidades de estos usuarios. Si no hay una variación significativa en los hábitos de consumo por parte de los habitantes del cantón, la opción más adecuada es captar a un mayor número de usuarios con una mejor distribución del ancho de banda en los enlaces a partir de los 10Gbps con tecnología XGS-PON.

8. ¿Cuántos dispositivos están conectados diariamente a internet?

**Tabla.** Pregunta Nro. 8.

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Menos de 4 dispositivos</b>	149	60.82%
<b>Entre 4 a 7 dispositivos</b>	75	30.61%
<b>Entre 8 a 10 dispositivos</b>	19	7.76%
<b>Más de 10 dispositivos</b>	2	0.82%
<b>TOTAL</b>	245	100%

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.



**Figura.** Pregunta Nro.8.

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** La **Figura** muestra la cantidad de dispositivos conectados diariamente a internet. Se observa que un 60.82% de los encuestados posee menos de 4 dispositivos conectados, lo cual coincide con la velocidad mínima contratada por estos usuarios. Un 30.61% tiene entre 4 y 7 dispositivos conectados, lo que indica un mayor número de familiares o usuarios haciendo uso de la red de internet en esos hogares. Además, un 7.76% de los encuestados reporta tener entre 8 y 10 dispositivos conectados, mientras que solo un 0.82% menciona tener más de 10 dispositivos conectados. Los encuestados que utilizan el enlace solamente para servicios de telefonía no están tomados en cuenta.

**INTERPRETACIÓN:** Los valores resultantes reflejan que los encuestados en su mayoría tienen un número limitado de dispositivos conectados, lo que sugiere que sus necesidades de conectividad son atendidas con la velocidad mínima contratada. Sin embargo, el porcentaje significativo de usuarios con entre 4 y 7 dispositivos conectados indica que en estos hogares hay un mayor número de personas utilizando la red. Además, algunos usuarios mencionan que en sus hogares se conectan dispositivos computacionales, celulares y televisores, especialmente para acceder a servicios de streaming y contenido multimedia. Asimismo, se evidencia que en Instituciones Públicas, Privadas y Unidades Educativas también se requiere una mayor cantidad de dispositivos conectados para atender las necesidades de trabajo o estudio en línea. En general, con un aumento de dispositivos con acceso a internet, resalta la importancia de contar con un enlace confiable y de velocidad superior para satisfacer las demandas de los usuarios y asegurar un funcionamiento óptimo de los servicios en línea.

9. ¿Está satisfecho con la atención al cliente que ha recibido cuando ha tenido problemas con su conexión?

**Tabla.** Pregunta Nro. 9.

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Totalmente satisfecho</b>	18	7.20%
<b>Bastante satisfecho</b>	52	20.80%
<b>Ni satisfecho ni insatisfecho.</b>	90	36.00%
<b>Insatisfecho</b>	90	36.00%
<b>TOTAL</b>	250	100%

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.



**Figura.9.** Pregunta Nro.9.

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** En la **Figura** muestra el nivel de satisfacción de los servicios de conexión proporcionados por los ISP objeto de estudio. Un 7.20% de los encuestados se encuentra totalmente satisfecho, un 20.80% está bastante satisfecho, un 36.00% se sitúa en una posición neutra, ni satisfecho ni insatisfecho, mientras que otro 36.00% se declara totalmente insatisfecho.

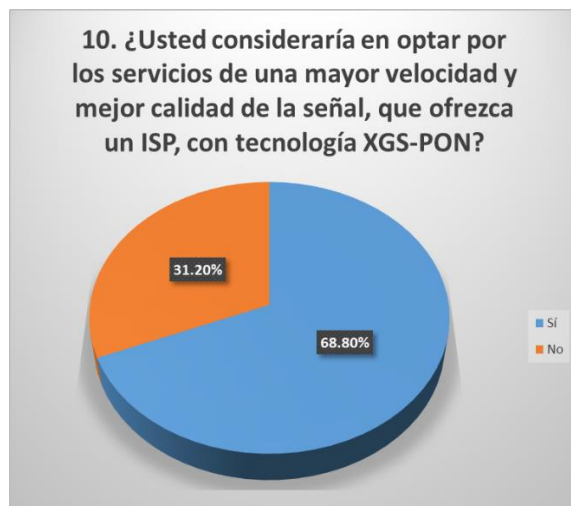
**INTERPRETACIÓN:** Los valores resultantes expresan que, los encuestados no están muy satisfechos con los servicios ofrecidos por los ISP. Mencionaron problemas relacionados con la señal, como cortes o interrupciones que dificultan la visualización de contenido multimedia. Además, para quienes realizan trabajos a distancia, la calidad de la señal también se ve afectada, lo que afecta su desempeño laboral. Los usuarios ubicados en zonas alejadas de la población urbana experimentan fallas en la calidad de la señal, lo que les impide utilizar aplicaciones multimedia y servicios de contenido en streaming. Aquellos que no tienen acceso a internet mencionaron que la falta de proveedores en sus áreas de residencia y los altos costos de los servicios son los principales obstáculos para tener conexión. Otros usuarios mencionaron que sus actividades no requieren de una conexión permanente a internet, y, por lo tanto, utilizan paquetes de datos móviles para cubrir sus necesidades puntuales. Estos resultados evidencian la necesidad de mejorar la cobertura y la calidad de los servicios de conexión a internet en el cantón Chambo, especialmente en las áreas rurales y alejadas.

10. ¿Usted consideraría en optar por los servicios de una mayor velocidad y mejor calidad de la señal, que ofrezca un ISP, con tecnología XGS-PON?

**Tabla.** Pregunta Nro. 10.

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Sí</b>	172	68.80%
<b>No</b>	78	31.20%
<b>TOTAL</b>	250	100%

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.



**Figura.** Pregunta Nro.10.

**Fuente:** Encuestas habitantes del cantón.

**ANÁLISIS:** La **Figura** muestra si los encuestados considerarían optar por los servicios con una mejor velocidad y calidad de la señal. Un 68.80% si está de acuerdo, mientras que un 32.20% no está de acuerdo.

**INTERPRETACIÓN:** Los resultados reflejan que, la mayor cantidad de encuestados está de acuerdo que debe haber una mejoría en los servicios que ofertan los ISP, aunque la totalidad de muestra de encuestados desconocen completamente de la tecnología XGS-PON y sus características. El otro porcentaje se encuentra conforme con los servicios que tienen en este momento.

### Anexo 3. Factor Q y BER en G-PON con 64 Usuarios.

**Tabla.** Factor Q y BER en NAP Próximas y Distantes en la Red G-PON con 64 Usuarios.

Parámetro	Zona	Nro. Segundo Splitter	ONT 1	ONT 2	ONT 3	ONT 4	ONT 5	ONT 6	ONT 7	ONT 8	Diferencia	% Diferencia
<b>FACTOR Q</b>	Zona 1	1ro	12.872	12.6974	12.5373	13.186	14.09	13.0735	13.2206	13.469	1.5527	11.0199%
		2do	14.6619	12.7042	13.0526	13.2769	14.5878	13.2681	12.9745	13.1192	1.9577	13.3523%
		3ro	12.9391	12.7408	13.7524	12.5835	13.1017	13.374	12.8638	13.2109	1.1689	8.4996%
		4to	13.9542	13.2804	13.1574	13.2495	12.7602	13.5167	13.7441	13.1272	1.194	8.5566%
		5to	12.9129	13.1173	13.6364	13.8707	13.1709	14.027	14.4902	12.9013	1.5889	10.9653%
		6to	13.809	14.1914	13.3851	12.8263	14.2481	13.8437	12.7271	14.0612	1.521	10.6751%
		7mo	13.0982	13.6701	13.7572	13.6243	16.1421	13.5155	12.4881	15.3254	3.654	22.6365%
		8vo	14.1585	13.8952	13.9119	13.3097	13.7718	14.5261	13.0315	12.4631	2.063	14.2020%
	Zona 2	1ro	14.3052	13.5657	13.4171	12.6367	13.5	14.412	12.7637	12.5552	1.8568	12.8837%
		2do	13.8878	12.8622	14.7011	12.8471	13.4195	13.7577	12.5304	12.478	2.2231	15.1220%
		3ro	13.0881	12.6645	13.3899	12.7599	13.7734	13.074	12.7534	13.7782	1.1137	8.0831%
		4to	12.4403	13.3793	13.335	13.7089	13.0478	12.7858	13.81	12.8916	1.3697	9.9182%
		5to	12.6182	12.8401	13.3718	13.8707	12.8895	13.7466	14.1926	12.6371	1.5744	11.0931%
		6to	13.4437	13.8837	13.08	12.4987	13.9001	13.552	12.4246	13.8005	1.4755	10.6150%
		7mo	12.7391	13.3336	13.3684	13.2885	15.8313	13.1866	12.1575	14.9384	3.6738	23.2059%
		8vo	12.7616	13.5412	13.5261	12.9132	13.3815	14.1594	12.6724	12.0794	2.08	14.6899%
	Zona 3	1ro	14.2339	13.4942	13.3512	12.5653	13.4292	14.326	12.6915	12.4801	1.8459	87.1150%
		2do	13.7822	12.7629	14.597	12.7665	13.319	13.6628	12.4402	12.3841	2.2129	84.8400%
		3ro	12.9701	12.5452	13.2663	12.6432	13.6533	12.9585	12.6378	13.6625	1.1173	91.8221%
		4to	12.2986	13.2366	13.1931	13.555	12.9123	12.6511	13.6617	12.7521	1.3631	90.0225%
		5to	12.4469	12.6784	13.2169	13.4486	12.7256	13.582	14.0176	12.4831	1.5707	88.7948%
		6to	13.2323	13.7047	12.9048	12.3113	13.6979	13.3827	12.2512	13.6474	1.4535	89.3941%
		7mo	12.5368	13.139	13.1456	13.0966	15.6472	12.9973	11.9698	14.7152	3.6774	76.4980%
		8vo	13.533	13.3378	13.3061	12.6894	13.1576	13.9475	12.4681	11.8617	2.0858	85.0453%
Zona 4	1ro	10.924	10.204	10.3688	9.47843	10.2205	10.4684	9.50934	9.24169	1.68231	84.5999%	
	2do	10.1939	9.5362	10.9799	10.0036	10.0554	10.4178	9.52897	9.33889	1.64101	85.0544%	
	3ro	9.91975	9.4864	10.0086	9.65722	10.4413	9.98814	9.61203	10.4898	1.0034	90.4345%	
	4to	9.36377	10.1702	10.0945	10.216	10.0359	9.83403	10.424	9.81276	1.06023	89.8290%	
	5to	9.46003	9.76855	10.3511	10.4952	9.82062	10.5195	10.7905	9.71224	1.33047	87.6700%	
	6to	9.96487	10.7709	10.1456	9.50911	10.5101	10.6318	9.58006	11.0857	1.57659	85.7782%	
	7mo	9.8017	10.422	10.1593	10.4659	12.7403	10.3523	9.45072	11.437	3.28958	74.1797%	
	8vo	10.7382	10.7691	10.62	10.0751	10.4052	11.2662	10.0083	9.33373	1.93247	82.8472%	
Zona 5	1ro	7.77535	8.41384	7.17303	7.4366	7.23649	7.9419	7.55212	7.62159	1.24081	85.2528%	
	2do	8.44894	7.80101	8.18122	8.15164	8.02129	8.30145	7.71366	7.47163	0.97731	88.4328%	
	3ro	7.84461	7.48963	7.79607	7.66825	8.22451	8.01253	7.56	8.26067	0.77104	90.6661%	

		4to	7.37283	7.96892	7.86617	7.88088	7.98577	7.88779	8.05929	7.75561	0.68646	91.4824%
		5to	7.31554	7.61027	8.14394	8.2077	7.7014	8.17917	8.31502	7.62457	0.99948	87.9798%
		6to	7.52009	8.357	7.92858	7.36959	7.99892	8.3467	7.47444	8.86833	1.49874	83.1001%
		7mo	7.54287	8.09329	7.74536	8.21948	9.91303	8.00998	7.34446	8.55914	2.56857	74.0890%
		8vo	8.23108	8.36177	8.18901	7.8595	7.93377	8.7664	7.8219	7.17068	1.59572	81.7973%
Parámetro	Zona	Nro. Segundo Splitter	ONT 1	ONT 2	ONT 3	ONT 4	ONT 5	ONT 6	ONT 7	ONT 8	Diferencia	% Diferencia
BER	Zona 1	1ro	8.102E-35	2.6353E-37	2.0091E-36	4.462E-40	1.8717E-45	1.964E-39	2.9415E-40	1.047E-41	8.102E-35	100.0000%
		2do	4.8494E-49	2.3803E-37	2.7037E-39	1.3208E-40	1.4831E-48	1.5004E-40	6.7764E-39	1.1113E-39	2.3803E-37	100.0000%
		3ro	1.1093E-38	1.4484E-37	2.1207E-43	1.1344E-36	1.3384E-39	3.6105E-41	3.1108E-38	3.3028E-40	1.1344E-36	100.0000%
		4to	1.302E-44	1.3365E-40	6.4218E-40	1.9591E-40	1.1416E-37	5.1515E-42	2.4497E-43	9.8235E-40	1.1416E-37	100.0000%
		5to	1.6152E-38	1.119E-39	1.0418E-42	4.1419E-44	4.9782E-40	4.5876E-45	5.8423E-48	1.91E-38	1.90995E-38	100.0000%
		6to	1.0004E-43	4.5054E-46	3.1292E-41	4.8086E-38	2.0111E-46	6.0382E-44	1.7304E-37	2.7986E-45	1.73039E-37	100.0000%
		7mo	1.344E-39	6.7086E-43	1.952E-43	1.1799E-42	5.5876E-59	5.1812E-42	3.6164E-36	2.2829E-53	3.6164E-36	100.0000%
		8vo	6.4485E-46	2.757E-44	2.2464E-44	8.0283E-41	1.5625E-43	3.5119E-48	3.4153E-39	4.7546E-36	4.75462E-36	100.0000%
	Zona 2	1ro	8.5966E-47	2.7142E-42	1.9594E-41	5.6192E-37	6.8224E-42	1.8612E-47	1.1517E-37	1.5476E-36	1.54764E-36	100.0000%
		2do	3.3729E-44	3.2042E-38	2.7484E-49	3.7538E-38	1.9852E-41	1.9291E-43	2.0989E-36	4.1586E-36	4.15855E-36	100.0000%
		3ro	1.5978E-39	4.0732E-37	3.0652E-41	1.2299E-37	1.5773E-43	1.9992E-39	1.2909E-37	1.4896E-43	1.59761E-39	99.9907%
		4to	6.8672E-36	3.3561E-41	6.1483E-41	3.8583E-43	2.698E-39	8.3172E-38	9.4797E-44	2.158E-38	6.84557E-36	99.6857%
		5to	7.1715E-37	4.2078E-38	3.8189E-41	4.1419E-44	2.0106E-38	2.3187E-43	4.2978E-46	5.742E-37	1.42944E-37	19.9323%
		6to	1.5025E-41	3.4923E-44	1.8326E-39	3.159E-36	2.7862E-44	3.3775E-42	8.0247E-36	1.0882E-43	1.49166E-41	99.2758%
		7mo	1.4434E-37	6.5398E-41	3.9626E-41	1.1217E-40	8.2947E-57	4.334E-40	2.2087E-34	8.3385E-51	1.44342E-37	100.0000%
		8vo	1.7128E-43	3.6809E-42	4.6466E-42	1.5171E-38	3.2584E-41	7.0175E-46	3.5946E-37	5.5061E-34	5.5061E-34	100.0000%
	Zona 3	1ro	2.3955E-46	7.1975E-42	4.7714E-41	1.3927E-36	1.7818E-41	6.4644E-47	2.909E-37	3.993E-36	3.99303E-36	100.0000%
		2do	1.4682E-43	1.1558E-37	1.275E-48	1.0636E-37	7.6954E-41	7.1581E-43	6.5441E-36	1.3494E-35	1.34944E-35	100.0000%
		3ro	7.535E-39	1.8544E-36	1.6123E-40	5.4855E-37	8.2908E-43	9.0986E-39	5.3676E-31	7.3705E-43	7.53423E-39	99.9902%
		4to	4.028E-35	2.2745E-40	4.0987E-40	3.1918E-42	1.5891E-38	4.6842E-37	7.3879E-43	1.3101E-37	4.0149E-35	99.6748%
		5to	6.2452E-36	3.3697E-37	3.046E-40	1.3783E-41	1.6711E-37	2.2371E-42	5.1642E-45	4.0397E-36	2.20555E-36	35.3158%
		6to	2.572E-40	4.2016E-43	1.8193E-38	3.2956E-35	4.6301E-43	3.3582E-41	6.9541E-35	9.0445E-43	2.56297E-40	99.6484%

Zona 4	7mo	1.9205E-36	8.7653E-40	7.7736E-40	1.4399E-39	1.5299E-55	5.2712E-39	2.1736E-33	2.3298E-49	1.92046E-36	100.0000%
	8vo	3.9719E-42	5.7903E-41	9.082E-41	2.7269E-37	6.5053E-40	1.4099E-44	4.7964E-36	7.6428E-33	7.64276E-33	100.0000%
	1ro	4.0717E-28	8.7267E-25	1.558E-25	1.1956E-21	7.5449E-25	5.6046E-26	9.051E-22	1.095E-20	1.09504E-20	100.0000%
	2do	1.0097E-24	7.1932E-22	2.2149E-28	6.6611E-24	4.0152E-24	9.3426E-26	7.1832E-22	4.377E-21	4.37594E-21	99.9769%
	3ro	1.5294E-23	1.121E-21	6.6435E-24	2.2071E-22	7.4688E-26	8.0425E-24	3.3347E-22	4.4684E-26	1.52496E-23	99.7078%
	4to	3.6055E-21	1.2361E-24	2.6898E-24	7.5956E-25	4.7784E-24	3.6923E-23	8.9526E-26	4.6009E-23	3.5595E-21	98.7239%
	5to	1.4063E-21	7.1482E-23	1.9304E-25	4.2519E-26	3.9421E-23	3.3116E-26	1.7593E-27	1.2528E-22	1.281E-21	91.0917%
	6to	8.4326E-24	2.2105E-27	1.5921E-24	8.6944E-22	3.6457E-26	9.9364E-27	4.3726E-22	6.8375E-29	8.43252E-24	99.9992%
Zona 5	7mo	4.8403E-23	9.3717E-26	1.392E-24	5.5949E-26	1.6651E-37	1.84E-25	1.5408E-21	1.3098E-30	4.84027E-23	100.0000%
	8vo	2.9026E-27	2.1588E-27	1.0944E-26	3.0932E-24	1.0635E-25	8.9175E-30	6.4582E-24	4.4931E-21	4.49306E-21	99.9999%
	1ro	3.6178E-15	1.8348E-17	3.5597E-13	4.9142E-14	2.2023E-13	9.2756E-16	1.9995E-14	1.1779E-14	8.16114E-15	69.2861%
	2do	1.4301E-17	2.9795E-15	1.3593E-16	1.6829E-16	4.9797E-16	4.8308E-17	6.2293E-15	3.6465E-14	3.6451E-14	99.9608%
	3ro	2.0167E-15	3.3322E-14	3.1185E-15	8.6121E-15	9.4068E-17	5.4479E-16	1.9491E-14	6.9176E-17	1.94749E-15	96.5698%
	4to	8.1058E-14	7.6422E-16	1.745E-15	1.5428E-15	6.5708E-16	1.4701E-15	3.6783E-16	4.2211E-15	7.68365E-14	94.7924%
	5to	1.21E-13	1.3189E-14	1.8484E-16	1.0822E-16	6.115E-15	1.3954E-16	4.3905E-17	1.1854E-14	1.09147E-13	90.2037%
	6to	2.6623E-14	3.1093E-17	1.0589E-15	8.0631E-14	6.0739E-16	3.4023E-17	3.6432E-14	3.5921E-19	2.66222E-14	99.9987%
	7mo	7.5429E-14	2.852E-16	4.5459E-15	9.646E-17	1.7814E-23	5.3841E-16	9.8753E-14	5.5921E-18	7.54231E-14	99.9926%
	8vo	8.46E-17	2.8998E-17	1.2427E-16	1.7994E-15	1.0071E-15	8.8867E-19	7.8219E-14	3.4502E-13	3.44934E-13	99.9755%

**Fuente:** El Autor.

#### Anexo 4. Factor Q y BER en XGS-PON con 64 Usuarios.

**Tabla.** Factor Q y BER en las NAPS próximas y distantes en la red XGS-PON con 64 Usuarios.

Parámetro	Zona	Nro. Segundo Splitter	ONT 1	ONT 2	ONT 3	ONT 4	ONT 5	ONT 6	ONT 7	ONT 8	Diferencia	% Diferencia
<b>FACTOR Q</b>	Zona 1	1ro	10.5255	10.3562	10.2267	10.305	10.1164	10.561	10.7078	10.8858	0.7694	7.0679%
		2do	10.6399	11.0383	10.9996	10.8147	10.805	10.564	11.0171	10.171	0.8673	7.8572%
		3ro	10.6736	10.4954	10.7676	10.6344	11.1091	10.7054	9.89139	10.9136	1.21771	10.9614%
		4to	10.4838	10.9046	10.2451	10.7516	10.6486	11.1532	10.4548	11.0622	0.9081	8.1421%
		5to	10.5142	10.3485	10.8845	10.2716	10.3651	10.9357	10.9858	10.1848	0.801	7.2912%
		6to	10.8091	9.94259	10.6521	10.5771	10.9988	11.6518	10.8163	11.2052	1.70921	14.6691%
		7mo	10.6998	11.6367	11.0757	10.6409	11.0734	10.9068	11.0987	10.8915	0.9958	8.5574%
		8vo	9.86143	10.8258	10.9119	10.318	10.5257	11.3994	10.3601	10.3699	1.53797	13.4917%
	Zona 2	1ro	9.76686	10.2699	10.2917	10.5634	11.0684	10.4832	11.4427	10.1749	1.67584	14.6455%
		2do	10.7329	10.0728	10.8023	10.1433	10.5978	10.0894	10.8678	9.89885	0.96895	8.9158%
		3ro	11.3169	10.7235	11.2962	10.7896	10.9818	10.4787	10.4724	11.2149	0.8445	7.4623%
		4to	10.6389	10.3051	10.8532	10.6615	10.5629	11.0878	10.361	10.9769	0.7827	7.0591%
		5to	10.4105	10.2356	10.794	10.1682	10.2588	10.8447	10.8849	10.083	0.8019	7.3671%
		6to	10.6981	9.80412	10.5403	10.4663	10.8873	11.589	10.7057	11.1251	1.78488	15.4015%
		7mo	10.58	11.5338	10.9549	10.5259	10.9815	10.8053	10.9867	10.7716	1.0079	8.7387%
		8vo	10.0728	11.0363	11.1272	10.5407	10.7533	11.5733	10.5615	10.5995	1.5005	12.9652%
	Zona 3	1ro	10.4602	10.2878	10.1563	10.2272	10.0405	10.4932	10.6465	10.8215	0.781	92.7829%
		2do	10.5358	10.9376	10.9055	10.7186	10.7167	10.4723	10.9369	10.0783	0.8593	92.1436%
		3ro	10.5527	10.3647	10.645	10.4961	10.9874	10.5848	9.75455	10.797	1.23285	88.7794%
		4to	10.3369	10.7787	10.0825	10.6058	10.5099	11.0456	10.3026	10.923	0.9631	91.2807%
		5to	10.346	10.1671	10.737	10.1061	10.1947	10.7874	10.8212	10.0205	0.8007	92.6006%
		6to	10.6285	9.72397	10.4697	10.3993	10.8139	11.5454	10.6373	11.0711	1.82143	84.2238%
		7mo	10.5031	11.4606	10.8786	10.4566	10.9194	10.7412	10.9171	10.6987	1.004	91.2396%



		8vo	9.99355	10.9601	11.047	10.4581	10.67	11.512	10.4875	10.5132	1.51845	86.8099%
		1ro	8.93521	8.71041	8.55628	8.55998	8.38726	8.89341	9.15879	9.26145	0.87419	90.5610%
		2do	8.80619	9.24938	9.35032	9.11416	9.24084	8.9544	9.52997	8.55838	0.97159	89.8049%
		3ro	9.00485	8.72178	9.03811	8.85697	9.38486	9.02454	8.15246	9.28705	1.2324	86.8682%
		4to	8.88143	9.3293	8.49172	9.09561	9.03004	9.70488	8.84105	9.38296	1.21316	87.4995%
		5to	8.90684	8.69778	9.37781	8.69368	8.75265	9.37119	9.31653	8.63278	0.74503	92.0554%
		6to	9.15933	8.28275	9.04097	9.03647	9.35356	10.442	9.21692	9.81283	2.15925	79.3215%
		7mo	9.15931	10.0906	9.47507	9.17656	9.76348	9.53021	9.54312	9.33773	0.93129	90.7707%
		8vo	8.75721	9.70031	9.77019	9.16751	9.34374	10.3584	9.25651	9.16801	1.60119	84.5421%
		1ro	7.83647	7.61444	7.42923	7.44703	7.28757	7.74693	8.00973	8.1348	0.84723	89.5851%
		2do	7.53497	7.99196	8.13756	7.8666	8.11004	7.80773	8.45141	7.432	1.01941	87.9380%
		3ro	7.7382	7.46112	7.72781	7.55655	8.03978	7.75999	6.91757	8.03267	1.12221	86.0418%
		4to	7.69706	8.04574	7.23146	7.76772	7.79478	8.53351	7.59625	8.06523	1.30205	84.7419%
		5to	7.63979	7.40123	8.09711	7.43125	7.48448	8.03537	7.93369	7.4119	0.69588	91.4058%
		6to	7.71761	6.99152	7.64568	7.75788	7.89911	9.22494	7.87559	8.50417	2.23342	75.7893%
		7mo	7.72533	8.60585	8.0477	7.88231	8.44179	8.24409	8.09513	7.91661	0.88052	89.7684%
		8vo	7.43381	8.2337	8.27296	7.83985	7.91327	8.95672	7.93567	7.72662	1.52291	82.9970%
<b>Parámetro</b>	<b>Zona</b>	<b>Nro. Segundo Splitter</b>	<b>ONT 1</b>	<b>ONT 2</b>	<b>ONT 3</b>	<b>ONT 4</b>	<b>ONT 5</b>	<b>ONT 6</b>	<b>ONT 7</b>	<b>ONT 8</b>	<b>Diferencia</b>	<b>% Diferencia</b>
		1ro	2.882E-26	1.6583E-25	6.5099E-25	2.8359E-25	2.001E-24	1.9635E-26	4.0116E-27	5.7751E-28	2.00041E-24	99.9711%
		2do	8.3282E-27	1.0405E-28	1.6934E-28	1.2368E-27	1.3977E-27	1.8838E-26	1.333E-28	1.1414E-24	1.14133E-24	99.9909%
		3ro	5.8509E-27	3.8837E-26	2.0783E-27	9.002E-27	4.9778E-29	4.1052E-27	1.9941E-23	4.2903E-28	1.99411E-23	99.9998%
		4to	4.3359E-26	4.7153E-28	5.384E-25	2.5512E-27	7.606E-27	2.9869E-29	6.1509E-26	8.1307E-29	5.38367E-25	99.9945%
		5to	3.1127E-26	1.8623E-25	5.8426E-28	4.1214E-25	1.5247E-25	3.3009E-28	1.9161E-28	1.037E-24	1.03677E-24	99.9815%
		6to	1.3502E-27	1.2012E-23	7.1517E-27	1.6216E-26	1.6993E-28	9.4047E-32	1.2298E-27	1.6195E-29	1.20123E-23	100.0000%
		7mo	4.3807E-27	1.1599E-31	7.1725E-29	8.1473E-27	7.3646E-29	4.4178E-28	5.3379E-29	5.5238E-28	8.1472E-27	99.9986%
		8vo	2.6016E-23	1.1644E-27	4.3557E-28	2.5812E-25	2.893E-26	1.8711E-30	1.634E-25	1.5048E-25	2.60158E-23	100.0000%

Zona 2	1ro	6.7666E-23	4.1335E-25	3.2725E-25	1.8529E-26	7.8493E-29	4.6331E-26	1.0787E-30	1.1158E-24	6.76664E-23	100.0000%
	2do	3.1474E-27	3.1807E-24	1.5187E-27	1.5287E-24	1.3461E-26	2.6877E-24	7.3366E-28	1.8261E-23	1.82605E-23	99.9960%
	3ro	4.591E-30	3.3483E-27	5.9406E-30	1.6837E-27	2.0007E-28	4.797E-26	4.9619E-26	1.5271E-29	4.96148E-26	324889.2303%
	4to	6.5527E-27	2.9878E-25	8.3568E-28	6.787E-27	1.9125E-26	6.2439E-29	1.6544E-25	2.1071E-28	2.98714E-25	4558.6193%
	5to	9.3548E-26	6.051E-25	1.5783E-27	1.2018E-24	4.6302E-25	9.0242E-28	5.8606E-28	2.9532E-24	2.95262E-24	99.9802%
	6to	4.5332E-27	4.8125E-23	2.3769E-26	5.2874E-26	5.8527E-28	1.9745E-31	4.1132E-27	4.0071E-29	4.81248E-23	1061610.0318%
	7mo	1.5957E-26	3.8812E-31	2.765E-26	2.7954E-26	2.0575E-28	1.3513E-27	1.6721E-28	2.0607E-27	2.7954E-26	175.1790%
	8vo	3.0638E-24	1.1319E-28	3.941E-29	2.4486E-26	2.482E-27	2.4152E-31	1.9263E-26	1.3075E-26	3.06381E-24	100.0000%
Zona 3	1ro	5.7071E-26	3.3976E-25	1.3758E-24	6.3809E-25	4.3521E-24	4.0527E-26	7.7895E-27	1.1715E-27	4.35095E-24	7623.7601%
	2do	2.5464E-26	3.1971E-28	4.8124E-28	3.5364E-27	3.6674E-27	5.0036E-26	3.2621E-28	2.9596E-24	2.95926E-24	99.9892%
	3ro	2.1475E-26	1.5328E-25	7.8546E-27	3.9593E-26	1.9428E-28	1.5096E-26	7.8012E-23	1.5493E-27	7.80119E-23	363270.1699%
	4to	2.0452E-25	1.8829E-27	2.8819E-24	1.236E-26	3.3667E-26	1.0037E-28	3.05E-25	3.8325E-28	2.88183E-24	1409.0492%
	5to	1.844E-25	1.2292E-24	2.9418E-27	2.2776E-24	8.9966E-25	1.693E-27	1.1815E-27	5.5898E-24	5.58864E-24	99.9789%
	6to	9.6237E-27	1.0558E-22	5.0404E-26	1.0741E-25	1.3106E-27	3.2959E-31	8.6283E-27	7.3544E-29	1.05578E-22	1097057.8971%
	7mo	3.6329E-26	9.0982E-31	6.4373E-28	5.8372E-26	4.1013E-28	2.723E-27	4.0514E-28	4.5559E-27	5.83706E-26	160.6735%
	8vo	6.8687E-24	2.6445E-28	9.6969E-29	5.899E-26	6.1361E-27	5.0653E-31	4.2473E-26	3.2975E-26	6.86869E-24	100.0000%
Zona 4	1ro	1.895E-19	1.3904E-18	5.4833E-18	5.1709E-18	2.0919E-17	2.7704E-19	2.3844E-20	9.273E-21	2.09093E-17	11034.1204%
	2do	6.0123E-19	1.0302E-20	4.1214E-21	3.6374E-20	1.1307E-20	1.5581E-19	7.2566E-22	5.2536E-18	5.25287E-18	99.9862%
	3ro	9.9415E-20	1.2571E-18	7.2323E-20	3.8625E-19	2.9445E-21	8.3374E-20	1.6643E-16	7.3337E-21	1.66429E-16	167409.2366%
	4to	2.9954E-19	4.9438E-21	9.562E-18	4.4003E-20	7.8748E-20	1.3306E-22	4.4658E-19	2.9532E-21	9.56187E-18	3192.1410%
	5to	2.3714E-19	1.5664E-18	3.0685E-21	1.6374E-18	9.4187E-19	3.2965E-21	5.5619E-21	2.8486E-18	2.84549E-18	99.8923%
	6to	2.4413E-20	5.674E-17	6.9703E-20	7.2293E-20	3.9674E-21	7.249E-26	1.4037E-20	4.4358E-23	5.67397E-17	232416.8777%

Zona 5	7mo	2.4122E-20	2.8098E-24	1.2558E-21	1.987E-20	7.4413E-23	7.0109E-22	6.2291E-22	4.592E-21	2.41193E-20	99.9884%
	8vo	8.9948E-19	1.3997E-22	6.8117E-23	2.2568E-20	9.3437E-21	1.7806E-25	9.5593E-21	2.2557E-20	8.99478E-19	100.0000%
	1ro	2.231E-15	1.2615E-14	5.2939E-14	4.547E-14	1.5008E-13	4.5629E-15	5.4194E-16	1.9646E-16	1.4988E-13	6718.1936%
	2do	2.3508E-14	6.3144E-16	1.9602E-16	1.7331E-15	2.4369E-16	2.7571E-15	1.379E-17	5.1201E-14	5.11871E-14	99.9731%
	3ro	4.8282E-15	4.0781E-14	5.1749E-15	2.0157E-14	4.3447E-16	4.0544E-15	2.22E-12	4.5696E-16	2.21957E-12	45970.5841%
	4to	6.5711E-15	4.1169E-16	2.3251E-13	3.8724E-15	3.0896E-15	6.859E-18	1.4853E-14	3.5068E-16	2.32503E-13	3538.2682%
	5to	1.0203E-14	6.4534E-14	5.6707E-16	5.1941E-14	3.3956E-14	4.4849E-16	1.025E-15	6.1205E-14	6.40852E-14	104.7067%
	6to	8.7229E-15	1.327E-12	9.8142E-15	4.1257E-15	1.3647E-15	1.3492E-20	1.6233E-15	8.5923E-18	1.32696E-12	15212.3544%
	7mo	5.3582E-15	3.6643E-18	4.1146E-16	1.5025E-15	1.4994E-17	7.7405E-17	2.7067E-16	1.1863E-15	5.35456E-15	99.9316%
	8vo	4.9633E-14	8.7878E-17	6.1942E-17	2.1758E-15	1.2171E-15	1.6206E-19	9.9088E-16	5.3721E-15	4.96332E-14	99.9997%

Fuente: El Autor.

### Anexo 5. Pérdidas por cada zona de la red G-PON con 64 usuarios.

**Tabla.** Pérdidas por cada zona de la red G-PON con 64 usuarios.

Zona	Transmisión				Distribución					Dispersión		
	In	ODF	Feeder	% Pérdida	In	Primer Splitter	FO	Segundo Splitter	% Pérdida	In	Drop Cliente	% Pérdida
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.331	- 19.362	48%	- 19.362	- 19.512	0.77%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.331	- 19.362	48%	- 19.362	- 19.512	0.77%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.331	- 19.362	48%	- 19.362	- 19.512	0.77%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.331	- 19.362	48%	- 19.362	- 19.512	0.77%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.331	- 19.362	48%	- 19.362	- 19.512	0.77%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.331	- 19.362	48%	- 19.362	- 19.512	0.77%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.331	- 19.362	48%	- 19.362	- 19.512	0.77%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.200	- 19.231	48%	- 19.231	- 19.381	0.78%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.200	- 19.231	48%	- 19.231	- 19.381	0.78%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.200	- 19.231	48%	- 19.231	- 19.381	0.78%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.200	- 19.231	48%	- 19.231	- 19.381	0.78%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.200	- 19.231	48%	- 19.231	- 19.381	0.78%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.200	- 19.231	48%	- 19.231	- 19.381	0.78%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.200	- 19.231	48%	- 19.231	- 19.381	0.78%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.068	- 19.099	47%	- 19.099	- 19.249	0.79%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.068	- 19.099	47%	- 19.099	- 19.249	0.79%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.068	- 19.099	47%	- 19.099	- 19.249	0.79%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.068	- 19.099	47%	- 19.099	- 19.249	0.79%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.068	- 19.099	47%	- 19.099	- 19.249	0.79%
Zona1	5.000	1.710	1.649	67%	1.649	- 8.382	- 9.068	- 19.099	47%	- 19.099	- 19.249	0.79%























<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.390	- 23.421	57%	- 23.421	- 23.571	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.390	- 23.421	57%	- 23.421	- 23.571	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.326	- 23.356	57%	- 23.356	- 23.506	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.326	- 23.356	57%	- 23.356	- 23.506	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.326	- 23.356	57%	- 23.356	- 23.506	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.326	- 23.356	57%	- 23.356	- 23.506	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.326	- 23.356	57%	- 23.356	- 23.506	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.326	- 23.356	57%	- 23.356	- 23.506	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.326	- 23.356	57%	- 23.356	- 23.506	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.261	- 23.292	57%	- 23.292	- 23.442	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.261	- 23.292	57%	- 23.292	- 23.442	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.261	- 23.292	57%	- 23.292	- 23.442	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.261	- 23.292	57%	- 23.292	- 23.442	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.261	- 23.292	57%	- 23.292	- 23.442	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.261	- 23.292	57%	- 23.292	- 23.442	0.64%
<b>Zona 5</b>	5.000	1.710	- 0.760	115%	- 0.760	- 10.791	-	13.261	- 23.292	57%	- 23.292	- 23.442	0.64%

**Fuente:** El Autor.

### Anexo 6. Pérdidas por cada zona de la red XGS-PON con 64 usuarios.

**Tabla.** Pérdidas por cada zona de la red XGS-PON con 64 usuarios.

Zona	Transmisión				Distribución				Dispersión			
	In	ODF	Feeder	% Pérdida	In	Primer Splitter	FO	Segundo Splitter	% Pérdida	In	Drop Cliente	% Pérdida
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.481	- 16.512	33%	- 16.512	- 16.762	1.51%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.481	- 16.512	33%	- 16.512	- 16.762	1.51%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.481	- 16.512	33%	- 16.512	- 16.762	1.51%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.481	- 16.512	33%	- 16.512	- 16.762	1.51%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.481	- 16.512	33%	- 16.512	- 16.762	1.51%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.481	- 16.512	33%	- 16.512	- 16.762	1.51%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.481	- 16.512	33%	- 16.512	- 16.762	1.51%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.481	- 16.512	33%	- 16.512	- 16.762	1.51%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.350	- 16.381	33%	- 16.381	- 16.631	1.53%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.350	- 16.381	33%	- 16.381	- 16.631	1.53%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.350	- 16.381	33%	- 16.381	- 16.631	1.53%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.350	- 16.381	33%	- 16.381	- 16.631	1.53%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.350	- 16.381	33%	- 16.381	- 16.631	1.53%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.350	- 16.381	33%	- 16.381	- 16.631	1.53%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.350	- 16.381	33%	- 16.381	- 16.631	1.53%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.218	- 16.248	32%	- 16.248	- 16.499	1.54%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.218	- 16.248	32%	- 16.248	- 16.499	1.54%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.218	- 16.248	32%	- 16.248	- 16.499	1.54%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.218	- 16.248	32%	- 16.248	- 16.499	1.54%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.218	- 16.248	32%	- 16.248	- 16.499	1.54%
Zona1	9.000	6.560	6.499	28%	6.499	- 4.532	- 5.218	- 16.248	32%	- 16.248	- 16.499	1.54%

























<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.539	-	20.571	46%	-	20.571	-	20.821	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.539	-	20.571	46%	-	20.571	-	20.821	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.475	-	20.506	46%	-	20.506	-	20.756	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.475	-	20.506	46%	-	20.506	-	20.756	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.475	-	20.506	46%	-	20.506	-	20.756	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.475	-	20.506	46%	-	20.506	-	20.756	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.475	-	20.506	46%	-	20.506	-	20.756	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.475	-	20.506	46%	-	20.506	-	20.756	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.475	-	20.506	46%	-	20.506	-	20.756	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.411	-	20.442	46%	-	20.442	-	20.692	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.411	-	20.442	46%	-	20.442	-	20.692	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.411	-	20.442	46%	-	20.442	-	20.692	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.411	-	20.442	46%	-	20.442	-	20.692	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.411	-	20.442	46%	-	20.442	-	20.692	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.411	-	20.442	46%	-	20.442	-	20.692	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.411	-	20.442	46%	-	20.442	-	20.692	1.22%
<b>Zona 5</b>	9.000	6.560	4.090	55%	4.090	-	6.940	-	9.411	-	20.442	46%	-	20.442	-	20.692	1.22%

**Fuente:** El Autor.

## Anexo 7. Pérdidas por cada zona de la red XGS-PON con 128 usuarios.

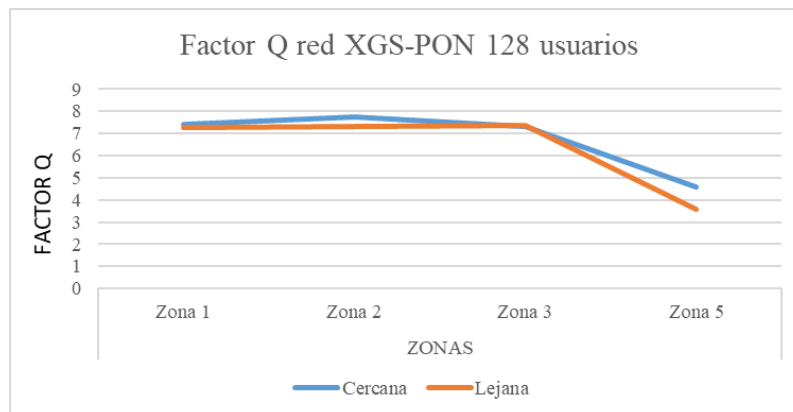
### Factor Q y BER en NAP de la red G-PON y XGS-PON con 128 usuarios

Los valores los parámetros técnicos por cada zona de cobertura para XGS-PON se presentan en las siguientes tablas y figuras. Se puede apreciar que, solo se cumple con las distancias cubiertas en la zona 3, donde el sistema consta de tres splitters: el primero con una relación de 1:2, el segundo de 1:8 y el tercero de 1:8.

**Tabla.** Factor Q y BER de NAP de la red XGS-PON con 128 usuarios.

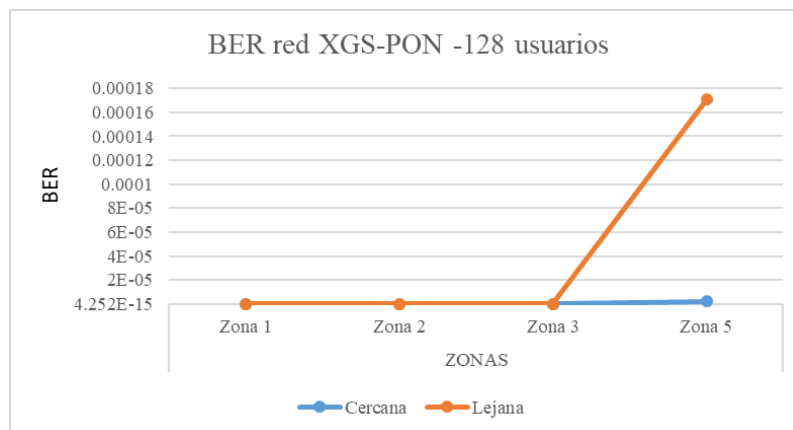
Parámetro	Zona	Cercana	Lejana	Diferencia	% Diferencia
FACTOR Q	Zona 1	7.39964	7.27938	0.12026	1.6252%
	Zona 2	7.75373	7.3237	0.43003	5.5461%
	Zona 3	7.33465	7.37094	0.03629	0.4923%
	Zona 5	4.58714	3.5799	1.00724	21.9579%
Parámetro	Zona	Cercana	Lejana	Diferencia	% Diferencia
BER	Zona 1	6.61415E-14	1.63007E-13	9.68655E-14	59.4241%
	Zona 2	4.25226E-15	1.16138E-13	1.11886E-13	96.3386%
	Zona 3	1.08164E-13	8.27159E-14	2.54481E-14	23.5273%
	Zona 5	2.24429E-06	0.000170488	0.000168244	98.6836%

Fuente: El Autor.



**Figura.** Factor Q por zonas red XGS-PON con 128 usuarios.

Fuente: El Autor.



**Figura.** BER por zonas red XGS-PON con 128 usuarios.

Fuente: El Autor.

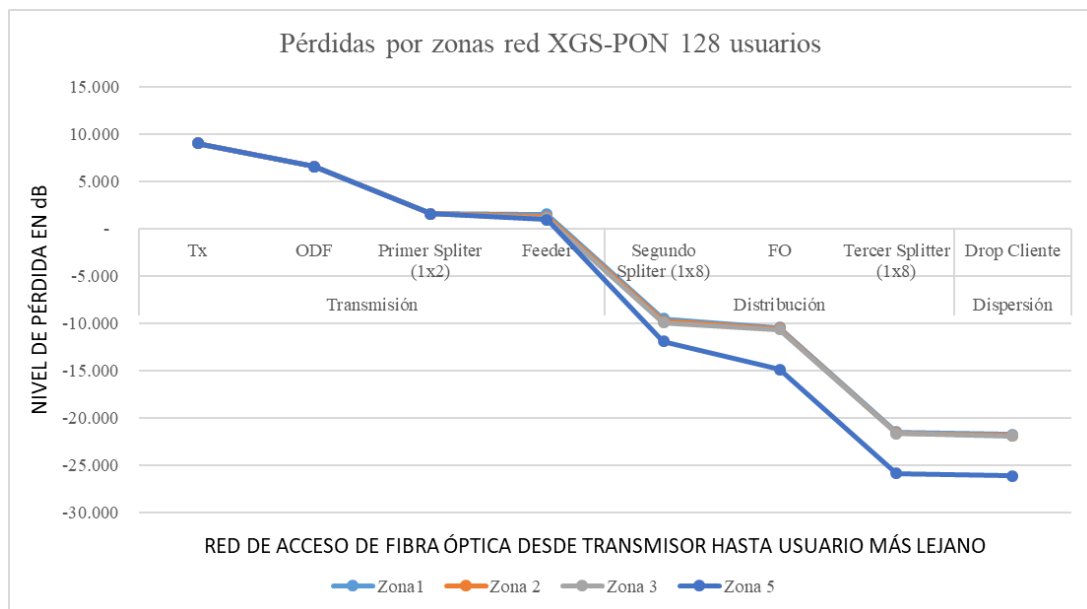
### Pérdidas enlace hasta NAP de la red G-PON y XGS-PON con 128 usuarios

Los valores de las pérdidas de la señal de la red XGS-PON se puntualizan en la siguiente figura y tabla.

**Tabla.** Pérdidas por cada zona de la red XGS-PON con 128 usuarios.

Zona	Transmisión					Distribución					Dispersión		
	In	ODF	Primer Splitter (1x2)	Feeder	% Pérdida	In	Segundo Splitter (1x8)	FO	Tercer Splitter (1x8)	% Pérdida	In	Drop Cliente	% Pérdida
Zona1	9.000	6.560	1.550	1.489	83%	1.489	-	-	-	1545%	-	-	1.16%
Zona 2	9.000	6.560	1.550	1.250	86%	1.250	-	-	-	1830%	-	-	1.16%
Zona 3	9.000	6.560	1.550	1.082	88%	1.082	-	-	-	2104%	-	-	1.15%
Zona 5	9.000	6.560	1.550	0.920	90%	0.920	-	-	-	-2915%	-	-	0.97%
							11.951	14.872	25.902		25.902	26.152	

Fuente: El Autor.



**Figura.** Pérdidas por zonas red XGS-PON con 128 usuarios.

Fuente: El Autor.

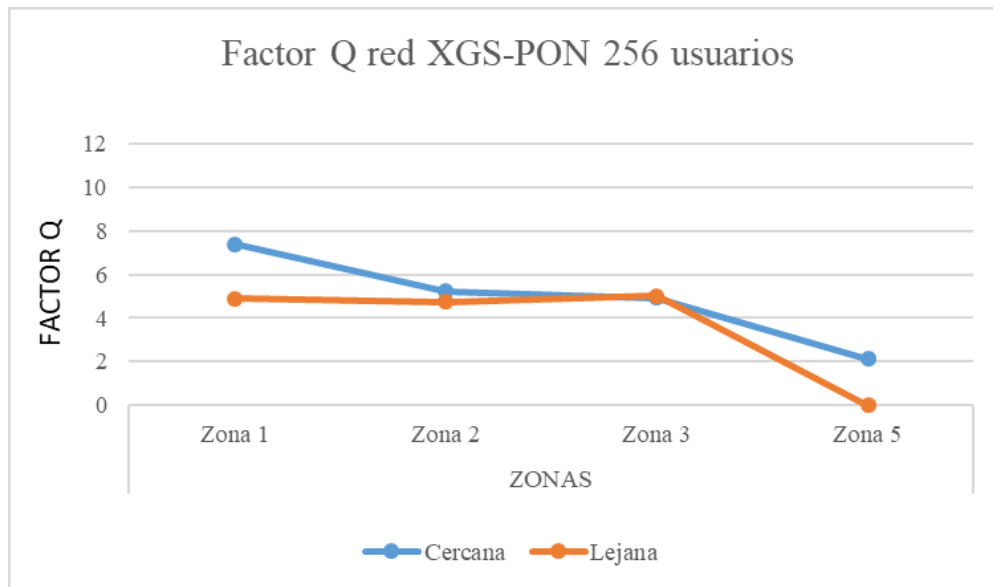
### Factor Q y BER de NAP de la red G-PON y XGS-PON con 256 usuarios

Los valores de los parámetros técnicos por cada zona de cobertura para XGS-PON, se encuentran en las siguientes tablas y figuras. Se observa que, en el mejor de los casos, solo se cumple con las distancias cercanas dentro de la zona 1. Además, el sistema consta de tres splitters: el primero con una relación de división de 1:4, el segundo de 1:8 y el tercero de 1:8.

**Tabla.** Factor Q y BER de NAP de la red XGS-PON con 256 usuarios.

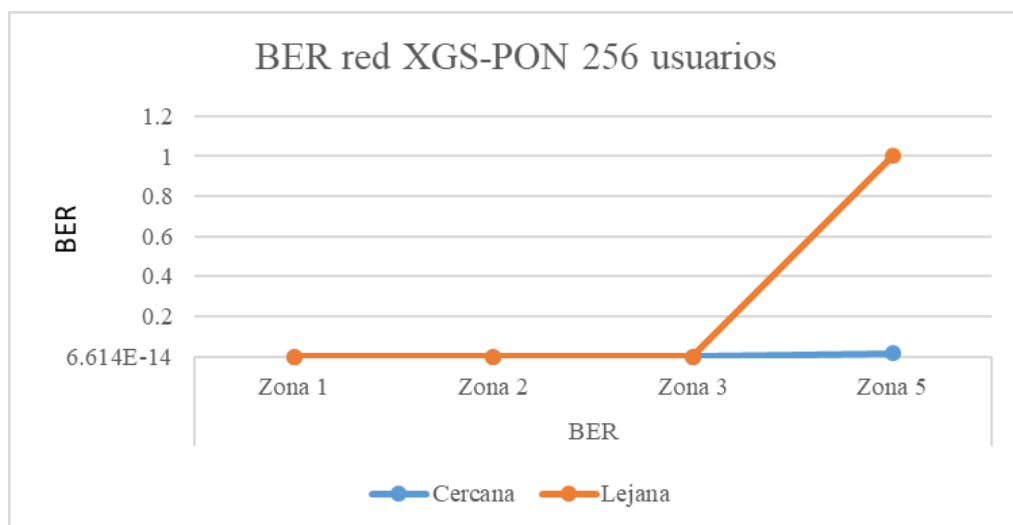
Parámetro	Zona	Cercana	Lejana	Diferencia	% Diferencia
<b>FACTOR Q</b>	Zona 1	7.39964	4.89723	2.50241	33.8180%
	Zona 2	5.22125	4.74634	0.47491	9.0957%
	Zona 3	4.92042	5.0188	0.09838	1.9602%
	Zona 5	2.12411	0	2.12411	100.0000%
Parámetro	Zona	Cercana	Lejana	Diferencia	% Diferencia
<b>BER</b>	Zona 1	6.61415E-14	4.84311E-07	4.84311E-07	100.0000%
	Zona 2	8.82628E-08	1.02946E-06	9.41197E-07	91.4263%
	Zona 3	4.31409E-07	2.59952E-07	1.71457E-07	39.7435%
	Zona 5	0.0167956	1	0.9832044	98.3204%

Fuente: El Autor.



**Figura.** Factor Q por zonas red XGS-PON con 256 usuarios.

Fuente: El Autor.



**Figura.** BER por zonas red XGS-PON con 256 usuarios.

Fuente: El Autor.

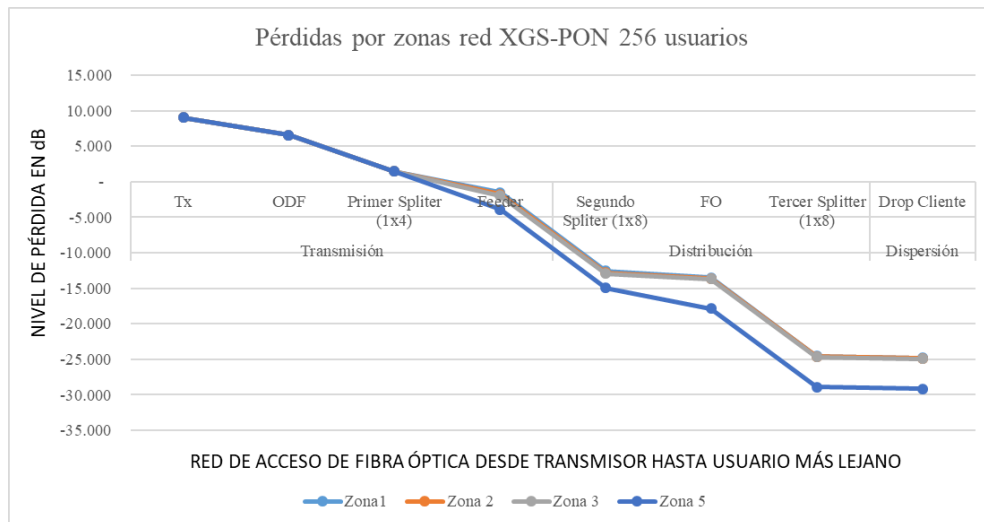
## Pérdidas enlace hasta NAPS cercanas y lejanas red G-PON y XGS-PON con 256 usuarios

Los valores relativos a las pérdidas de la señal de la red XGS-PON, se detallan en las siguientes tablas y figuras.

**Tabla.** Pérdidas por cada zona de la red XGS-PON con 256 usuarios.

Zona	Transmisión					Distribución					Dispersión		
	In	ODF	Primer Splitter (1x4)	Feeder	% Pérdida	In	Segundo Splitter (1x8)	FO	Tercer Splitter (1x8)	% Pérdida	In	Drop Cliente	% Pérdida
Zona 1	9.000	6.560	1.461	-1.522	117%	1.522	12.553	13.502	24.532	-1512%	24.532	24.782	1.02%
Zona 2	9.000	6.560	1.461	-1.760	120%	1.760	12.791	13.600	24.631	-1299%	24.631	24.881	1.01%
Zona 3	9.000	6.560	1.461	-1.928	121%	1.928	12.959	13.666	24.698	-1181%	24.698	24.948	1.01%
Zona 5	9.000	6.560	1.461	-3.931	144%	3.931	14.962	17.882	28.913	-636%	28.913	29.163	0.86%

Fuente: El Autor.



**Figura.** Pérdidas por zonas red XGS-PON con 256 usuarios.

Fuente: El Autor.

**Anexo 8. Dictamen favorable del gerente de la empresa.**



**DICTAMEN FAVORABLE DEL GERENTE DE LA EMPRESA**

Riobamba 16 de octubre del 2023

**ISP SKYLINK SYSTEM DEL CANTÓN CHAMBO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Quien suscribe, **Ing. Jorge Rodolfo Zabala Barragan**, con **C.I. 0602477572**, en calidad de Gerente General de la empresa SKYLINK SYSTEM, por medio del presente documento, certifico haber revisado el trabajo de investigación titulado: **Diseño de una red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM del cantón Chambo de la provincia de Chimborazo**, bajo la autoría de **Juan Carlos Pinduisaca Quishpe**; por lo que doy fe de que todo lo expuesto en el documento es verídico, el cual también cumple concretamente a lo solicitado por parte de la empresa y doy el aval para su publicación y registro en el repositorio de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Vive la fibra óptica  
**CONECTADOS**

Es todo cuanto informar en honor a la verdad.

**Ing. Jorge Rodolfo Zabala Barragan**

**C.I: 0602477572**

**GERENTE GENERAL SKYLINK SYSTEM**

**Sky Link Sytem**

**Ing. Jorge R. Zabala B.**